

**LEED SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMİNİN ENERJİ
PERFORMANSI İLE İLGİLİ UYGULAMA SORUNLARININ
BİR OFİS BİNASI ÜZERİNDEN SORGULANMASI**

Gülşah Servet SOLMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2013
ANKARA**

**LEED SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMİNİN ENERJİ
PERFORMANSI İLE İLGİLİ UYGULAMA SORUNLARININ
BİR OFİS BİNASI ÜZERİNDEN SORGULANMASI**

Gülşah Servet SOLMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2013
ANKARA**

GÜLŞAH SERVET SOLMAZ tarafından hazırlanan “LEED SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMİNİN ENERJİ PERFORMANSI İLE İLGİLİ UYGULAMA SORUNLARININ BİR OFİS BİNASI ÜZERİNDEN SORGULANMASI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM

Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı

.....

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Cüneyt KURTAY

.....

Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM

.....

Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN

.....

Yapı Teknolojileri Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 20/09/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Gülşah Servet SOLMAZ

**LEED SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMİNİN ENERJİ
PERFORMANSI İLE İLGİLİ UYGULAMA SORUNLARININ
BİR OFİS BİNASI ÜZERİNDEN SORGULANMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Gülşah Servet SOLMAZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2013

ÖZET

Günümüzde azalan kaynaklar ve çevresel sorunlar enerji ihtiyacını giderek arttırmakta, bu bağlamda binaların sürdürülebilirliğini belgelendiren gönüllü sertifikalandırma sistemleri gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu sistemlerden biri dünyada yaygın kullanıma sahip LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)'dir. Tez çalışmasında LEED'in öngördüğü enerji performansı ile ilgili hedeflerle uygulama sonuçlarının ne kadar örtüştüğü sorgulanmak istenmiştir. Bu amaçla; sürdürülebilirlik ölçütleri ele alınmış, LEED yapılanması anlatılarak içeriğindeki enerji performansı ile ilgili ölçütlerin analizi yapılmıştır. Alan çalışmasında LEED Platin sertifikalı mevcut bir ofis binası üzerinden; puanlamasının sürdürülebilirliğin ölçütleriyle uygunluğu sorgulanmış, uygulamada yaşanan sorunlar yerinde gözlem ve yetkililerle görüşme yöntemleriyle saptanarak karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışma sonunda; sorunların nedenleri değerlendirilerek sistemin uygulamadaki enerji performansının iyileştirilmesine yönelik yapılması gerekenler belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 802.1.100
Anahtar Kelimeler : LEED, ofis binası, enerji performansı, uygulama sorunları
Sayfa Adedi : 149
Tez Yöneticisi : Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM

**ASSESSMENT OF PRACTICE PROBLEMS IN ENERGY
PERFORMANCE OF LEED CERTIFICATION SYSTEM
THROUGH AN OFFICE BUILDING
(M.Sc. Thesis)**

Gülşah Servet SOLMAZ

**GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
September 2013**

ABSTRACT

Environmental problems and decreasing resources increase energy need of buildings gradually, hence voluntary certification systems that authenticate sustainability of buildings gain more and more importance. One of these systems is LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), which is used worldwide. In this paper, it is intended to examine how energy performance targets of LEED match up with its practice results. For this purpose, sustainability criteria are discussed, LEED's structure is explained and its energy performance criteria are analyzed. In the field study, an existing office building with LEED Platinum certificate is examined in terms of relevancy of its scoring with sustainability criteria and problems occurring in practice are stated onsite with observations and interviews with authorities. In the end of examination, reasons for problems are evaluated and necessities to improve energy performance of the practice are determined.

Science Code : 802.1.100

Key Words : LEED, office building, energy performance, practice problems

Page Number : 149

Supervisor : Lecturer Dr. İdil AYÇAM

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım, kıymetli hocam Öğr. Gör. Dr. İdil AYÇAM'a, anlayış ve yardımlarını esirgemeyip bilgi ve verilerini benimle paylaşan Sn. Semih ÖNCÜL'e (Eser Holding), değerli bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Birol Kılış'a ve son olarak manevi destekleri ile her zaman yanımda olan babam Sahir SOLMAZ'a, annem Nurten SOLMAZ'a, canım kardeşlerime ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xix
RESİMLERİN LİSTESİ	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxi
1. GİRİŞ	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI	12
2.1. Sürdürülebilir Bina Tasarımı	13
2.2. Ofis Binalarının Sürdürülebilir Tasarım Ölçütleri Kapsamında Değerlendirilmesi	15
3. SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNA SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMLERİ	22
3.1. Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemlerine Genel Bakış	22
3.2. Dünyada Kullanılan Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemleri	24
3.3. Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemlerinin Türkiye’deki Durumu	26
4. LEED	29
4.1. LEED Yapısı ve Hedefleri	30
4.2. LEED Sertifikalandırma Süreci ve Sertifika Dereceleri	31
4.3. LEED Değerlendirme Tipleri ve Performans Kategorileri	35

Sayfa

4.4. LEED 2012 (v4draft) Sürümüne Getirilen Yenilikler.....	58
4.5. LEED Sertifikalandırma Sisteminin Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin Enerji Performansı Açısından Ele Alınması.....	62
5. ALAN ÇALIŞMASI.....	67
5.1. Çalışmada Amaç, Kapsam ve Sınırlamalar.....	67
5.2. Yöntem.....	69
5.3. Verilerin Toplanması.....	70
5.3.1. Eser Yeşil Binası'nın tanıtılması.....	70
5.3.2. LEED kapsamında değerlendirilmesi ve enerji performansı ile ilgili hedeflenenlerin analizi.....	77
5.3.3. Yıllık enerji tüketiminin simülasyon ve fatura sonuçları.....	95
5.4. Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin Enerji Performansı Açısından Ele Alınması....	98
5.5. Enerji Performansı ile İlgili Uygulama Sonuçları ve Karşılaşılan Sorunların Analizi.....	102
5.5.1. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler.....	103
5.5.2. HVAC sistemleri.....	106
5.5.3. Aydınlatma sistemleri.....	109
5.5.4. Su geri kazanım sistemleri.....	111
5.5.5. Yapı kabuğu-mekan organizasyonu.....	112
5.6. Enerji Performansı ile İlgili Hedefleriyle Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	116
5.7. Değerlendirme.....	121
5.7.1. Enerji performansı ile ilgili uygulamalarına yönelik öneri amaçlı değerlendirmeler.....	121
5.7.2. LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarının nedenlerine yönelik değerlendirmeler.....	125

Sayfa

6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	128
KAYNAKLAR	134
EKLER	139
EK-1. LEED sistemi puanlama tabloları.....	140
EK-2. Eser Yeşil Binası mimari uygulama çizimleri.....	142
EK-3. Eser Yeşil Binası'nın fotoğrafları.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	149

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Binaların çevresel etkileri.....	14
Çizelge 2.2. ‘Kaynakların Korunumu’ ilkesindeki stratejiler ve tasarım ölçütleri.....	18
Çizelge 3.1. Ülkelerine göre dünyada kullanılan sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri.....	25
Çizelge 4.1. LEED v2009- ‘Yeni Binalar ve Büyük Onarımlar’ başlığındaki performans kategorilerinden kazanabilecek puanlar.....	37
Çizelge 4.2. LEED sisteminde ‘Sürdürülebilir Arazi’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	39
Çizelge 4.3. LEED sisteminde ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	43
Çizelge 4.4. Su kullanımının düşüş yüzdesine göre puan analizi.....	44
Çizelge 4.5. LEED sisteminde ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	46
Çizelge 4.6. ASHRAE 90.1.2007 standardına uygun referans bina üzerinde yapılan iyileştirmeler oranına göre kazanabilecek puan analizi.....	48
Çizelge 4.7. Yenilenebilir enerji oranına göre kazanabilecek puan analizi.....	49
Çizelge 4.8. LEED sisteminde ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	52
Çizelge 4.9. LEED sisteminde ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	54
Çizelge 4.10. LEED sisteminde ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	57
Çizelge 4.11. LEED sisteminde ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar.....	58
Çizelge 4.12. LEED 2012 sürümünde ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin puanlama tablosu.....	61

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.13. ‘Sürdürülebilir Bina’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi.....	63
Çizelge 4.14. ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi	63
Çizelge 4.15. ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi	64
Çizelge 4.16. ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi	64
Çizelge 4.17. ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinde enerji ölçütlerinin analizi	65
Çizelge 4.18. ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi	65
Çizelge 4.19. ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi	65
Çizelge 4.20. Performans kategorilerindeki enerji performans ölçütlerinin analiz puanı yüzdeleri.....	66
Çizelge 5.1. Eser Yeşil Binası proje künyesi.....	71
Çizelge 5.2. ‘Sürdürülebilir Arazi’ performans kategorisinden kazanılan puanlar.....	79
Çizelge 5.3. ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinden kazanılan puanlar.....	80
Çizelge 5.4. ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinden kazanılan puanlar.....	84
Çizelge 5.5. ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinden kazanılan puanlar.....	85
Çizelge 5.6. ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinden kazanılan puanlar.....	86
Çizelge 5.7. ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinden kazanılan puanlar.....	86
Çizelge 5.8. ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinden kazanılan puanlar	87

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.9. Tüm performans kategorilerinden toplam kazanılan puan.....	87
Çizelge 5.10. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde hedefler.....	88
Çizelge 5.11. HVAC sistemlerinde hedefler.....	90
Çizelge 5.12. Aydınlatma sistemlerinde hedefler.....	92
Çizelge 5.13. Su geri kazanım sistemlerinde hedefler.....	93
Çizelge 5.14. Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde hedefler.....	94
Çizelge 5.15. Binada kullanılan sistemlerin simülasyonda hesaplanan yıllık enerji tüketimi analizi.....	95
Çizelge 5.16. Binanın simülasyon sonuçlarına göre hesaplanan aylık enerji tüketimi maliyet analizi.....	96
Çizelge 5.17. Eser Yeşil Binası'nın 2012 yılı elektrik enerjisi tüketim ve maliyet analizi.....	97
Çizelge 5.18. Eser Yeşil Binası'nın 2012 yılı doğalgaz enerjisi tüketim ve maliyet analizi.....	97
Çizelge 5.19. Eser Yeşil Binası'nın 2012 yılı su tüketim ve maliyet analizi.....	97
Çizelge 5.20. Eser Yeşil Binası'nın LEED 'Enerji ve Atmosfer' performans kategorisinin ilgili değerlendirme ölçütlerinden kazandığı puanlar....	98
Çizelge 5.21. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı analizi (Enerji Korunumu stratejisi).....	99
Çizelge 5.22. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ve LEED ölçütleri puan analizinin karşılaştırması.....	100
Çizelge 5.23. Eser Yeşil Binası'nın LEED 'Suyun Verimli Kullanımı' performans kategorisinden kazandığı puanlar.....	100
Çizelge 5.24. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı analizi (Su Korunumu stratejisi).....	101
Çizelge 5.25. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ve LEED ölçütleri puan analizinin karşılaştırması.....	101
Çizelge 5.26. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde uygulama sorunları...	103

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.27. HVAC sistemlerinde uygulama sorunları.....	106
Çizelge 5.28. Aydınlatma sistemlerinde uygulama sorunları.....	109
Çizelge 5.29. Su geri kazanım sistemlerinde uygulama sorunları.....	111
Çizelge 5.30. Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde uygulama sorunları.....	112
Çizelge 5.31. Binanın enerji performansı ile ilgili sistemlerinin hedefleriyle uygulama sorunlarının karşılaştırılma tablosu.....	116
Çizelge 5.32. Eser Yeşil Binası'nın simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketim ve maliyet değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması.....	119
Çizelge 5.33. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerine öneriler.....	122
Çizelge 5.34. HVAC ve aydınlatma sistemlerine öneriler.....	123
Çizelge 5.35. Su geri kazanım ve yapı kabuğu- mekan organizasyonu sistemlerine öneriler.....	124

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dünyada üretilen enerjinin farklı sektörlere göre tüketimi.....	13
Şekil 2.2. Binanın ömrü boyunca enerji tüketimi grafiği.....	14
Şekil 2.3. Sürdürülebilir binaların tasarruf potansiyeli.....	15
Şekil 2.4. Binalarda sürdürülebilir tasarım ilkeleri.....	17
Şekil 3.1. Başlıca kullanılan sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin dünya üzerindeki dağılımı.....	25
Şekil 3.2. Türkiye’de toplam BREEAM’e başvuran ve bunlardan sertifika alan binaların gösterim grafiği.....	27
Şekil 3.3. Türkiye’de toplam LEED’e başvuran ve bunlardan sertifika alan binaların gösterim grafiği.....	27
Şekil 3.4. Türkiye’de LEED sertifikasına sahip binaların derecelendirme yüzdeleri.....	28
Şekil 4.1. Dünyada toplam LEED’ e başvuran ve bunlardan sertifika alan binaların gösterim grafiği.....	29
Şekil 4.2. LEED sertifika derecelerinin puan gösterimi ve amblemleri.....	34
Şekil 4.3. LEED v2009- ‘Yeni Binalar ve Büyük Onarımlar’ başlığındaki performans kategorileri ve puan dağılım oranları.....	36
Şekil 4.4. LEED sisteminde ‘Sürdürülebilir Arazi’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	39
Şekil 4.5. LEED sisteminde ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	42
Şekil 4.6. LEED sisteminde ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	45
Şekil 4.7. LEED sisteminde ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	52
Şekil 4.8. LEED sisteminde ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	53

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. LEED sisteminde ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	57
Şekil 4.10. LEED sisteminde ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinin puan dağılım oranı.....	58
Şekil 4.11. LEED sistemindeki enerji performans ölçütlerinin puan dağılım oranı.....	66
Şekil 5.1. Tez alan çalışmasında izlenecek yöntem şeması.....	69
Şekil 5.2. Ankara iklim grafiği.....	72
Şekil 5.3. Eser Yeşil Binası alan zonlaması (1. kat planı).....	73
Şekil 5.4. Eser Yeşil Binası alan zonlaması (2. kat planı).....	74
Şekil 5.5. Bina çatısına yerleştirilen aktif enerji sistemleri.....	75
Şekil 5.6. Eser Yeşil Binası batı (ön) cephesi.....	76
Şekil 5.7. Eser Yeşil Binası güney (sağ yan) cephesi.....	76
Şekil 5.8. Bina enerji modellemesinden perspektif görüşler.....	81
Şekil 5.9. Tasarlanan binanın referans alınan binaya göre enerji tüketimi karşılaştırma tablosu.....	82
Şekil 5.10. Tasarlanan binanın referans alınan binaya göre enerji tüketimi karşılaştırma grafiği.....	82
Şekil 5.11. Tasarlanan binanın referans bina üzerinden yapılan maliyet iyileştirme oranı hesaplaması.....	83
Şekil 5.12. Ankara’da saatlik ölçülen güneş ışıının aylık dağılım grafiği.....	88
Şekil 5.13. Binada kullanılan rüzgar türbini ve fotovoltaik panellerden elde saatlik edilen enerji grafiği.....	88
Şekil 5.14. Ankara’da saatlik ölçülen rüzgar hızının aylık dağılım grafiği.....	89
Şekil 5.15. Bina yaz- kış enerji tüketim grafiği.....	91
Şekil 5.16. Bina yaz- kış enerji işletim şeması.....	91

Şekil	Sayfa
Şekil 5.17. Ankara’da sıcaklığın aylık dağılım grafiği.....	91
Şekil 5.18. Bina su sistem şeması.....	93
Şekil 5.19. Binanın simülasyon sonuçlarına göre hesaplanan elektrik ve doğalgazın aylık enerji tüketimi maliyet grafiği.....	96
Şekil 5.20. Binada uygulanan kış bahçesi ve limonluğun gösterimi.....	114
Şekil 5.21. Binanın 1. ve 2. kat planındaki toplantı odası mahallerinin gösterimi.....	114
Şekil 5.22. Mevcut binanın yönlenişi.....	115
Şekil 5.23. Binada yenilenebilir enerjilerin etkin kullanım alanları.....	115

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Eser Yeşil Binası yakın çevre uydu görüntüsü.....	71
Resim 5.2. Eser Yeşil Binası perspektiften bir görünüşü.....	72
Resim 5.3. Binada uygulanan yenilenebilir enerji sistemleri.....	75
Resim 5.4. Bina çatısında kullanılan fotovoltaik paneller.....	88
Resim 5.5. Bina teshin merkezi.....	90
Resim 5.6. Kojenerasyon ünitesi.....	90
Resim 5.7. Toprak kaynaklı ısı pompaları.....	90
Resim 5.8. Işık tüplerinin çatıdan ve iç mekandan görünüşü.....	92
Resim 5.9. Binada uygulanan fotovoltaik paneller.....	103
Resim 5.10. Bina çatısında uygulanan güneş toplayıcıları.....	104
Resim 5.11. Binada uygulanan rüzgar türbini.....	105
Resim 5.12. Mekanik ekipmanlar.....	106
Resim 5.13. İklimlendirme sistemi ekipmanları.....	107
Resim 5.14. Binada kat holünde uygulanan ışık tüpleri.....	109
Resim 5.15. Yapay aydınlatma açık ve kapalıyken ışık tüpleri.....	109
Resim 5.16. Batı cephesinden güneş kırıcılarının görünüşü.....	110
Resim 5.17. Doğu cephesine bakan bir iç mekandan güneş kırıcılarının görünüşü.....	110
Resim 5.18. Güney cephesine bakan bir iç mekandan güneş kırıcılarının görünüşü.....	110
Resim 5.19. Wc mahalinden bir görüntü.....	111
Resim 5.20. Gri su geri kazanımlı su sistemi ekipmanları.....	111

Resim	Sayfa
Resim 5.21. İç bahçe ve bina kış bahçesi.....	113
Resim 5.22. Toplantı odası.....	113
Resim 5.23. Binanın kapalı otoparkındaki yapay aydınlatma ekipmanları.....	123

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
C°	Santigrat
CO₂	Karbondioksit
cm	Santimetre
m	Metre
mm	Milimetre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
m³/hr	Metreküp/saat
km	Kilometre
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt- saat
lt	Litre
lux	Işık Ölçü Birimi
U	Isı Geçirgenlik Değeri
W/m²K	Isı Geçirgenlik Katsayısı

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (Amerika Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Standardı)
BRE	British Building Research Establishment (İngiliz Bina Araştırma Enstitüsü)

Kısaltmalar**Açıklama****BREEAM**British Building Research Establishment
Environmental Method (İngiliz Bina
Araştırma Enstitüsü Çevresel Yöntemi)**CHP**Combined Heat and Power
(Birleşik Isı-Güç)**ÇEDBİK**

Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği

FSCForest Stewardship Council
(Orman Yönetim Konseyi)**GBCI**Green Building Council Institute
(Yeşil Bina Konseyi)**GSHP**Ground Source Heat Pump System
(Toprak Kaynaklı Isı Pompa Sistemi)**HVAC**Heating Ventilating and Air Conditioning
(Havalandırma-Isıtma-Soğutma)**IPMVP**International Performance Measurement
and Verification Protocol
(Uluslararası Performans Ölçümü ve
Çeşitlilik Protokolü)**LEED**Leadership in Energy and Environmental
Design**NBI**New Buildings Institute
(Yeni Binalar Enstitüsü)**PVT**Photovoltaic Thermal Hybrid Solar Collector
(Solar Hibrit Fotovoltaik Termal Sistem)**SGF**Solar Gain Factor
(Güneş Kazanım Faktörü)**SRI**Solar Reflectance Index
(Güneş Işığı Yansıtma Katsayısı)**TES**Thermal Energy Storage
(Termal Isı Depolama)

Kısaltmalar**Açıklama****USGBC**United States Green Building Council
(Amerikan Yeşil Bina Konseyi)**VOC**Volatile Organic Compound
(Uçucu Organik Bileşen Değeri)**VRV**Variable Refrigerant Volume
(Değişken Soğutkan Hacimli)

1. GİRİŞ

Yüzyıllar boyunca insan nüfusunun artışı, sanayi devriminden sonra artan hızlı kentleşme ve yapılaşma, tüketim sorunları ve teknolojinin gelişmesi gibi etkenler; enerji tüketimini, çevre kirliliğini ve sera gazı salımını arttırmıştır. Fakat buna zıt olarak yenilenemeyen enerji kaynakları hızla tüketilmiştir ve 1970’lerde yaşanan enerji krizinin ardından toplumu çevre bilincine karşı duyarlı hale getirmek için çalışmalar başlamıştır.

Günümüzde inşaat sektörü binaların enerji tüketimi ve çevreye verdiği zararlarıyla %50’ye yakın bir paya sahiptir, bu nedenle sürdürülebilir çevrede binalarda enerji verimliliğini ve çevresel faktörleri göz önünde bulunduran çalışmalar artmış ve bu konuda çalışan gönüllü sivil toplum örgütleri oluşmuştur. Bu örgütlerin kendi ülkelerindeki standartları esas alarak kurguladıkları sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri, binaların çevresel etkilerini değerlendirip ne kadar yeşil olduklarını belgelendirmektedirler.

Dünya üzerinde en çok kullanılan sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinden biri olan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Amerika’da ortaya çıkmıştır. Bu sistem, kolay kullanılabilir ara yüze sahip olması ve birçok ülkede sürdürülebilir alanda yeterli gelişimin sağlanamamasından dolayı zamanla uluslararası bir boyut kazanarak diğer ülkelerde de kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye’de de özellikle ofis yapılarında sıklıkla uygulanan bu sistemin enerji değerlendirme performansının ayrıntılı olarak incelenmesi ve eksikliklerine yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Tezin omurgasını; sürdürülebilirliğin ölçütleriyle LEED’in uygunluğunu ve sistemin öngördüğü enerji performansı ile ilgili hedeflerle uygulama sonuçlarının ne kadar örtüştüğünü sorgulamak oluşturur. Tez boyunca çalışmanın amacına uygun doğru kavramlar ele alınarak ayrıntılı olarak incelenmiş, mevcut bir ofis binası üzerinden gerekli analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, uygulama

sorunlarının nedenleri değerlendirilerek LEED sisteminin enerji performansının iyileştirilmesine yönelik yapılması gerekenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çerçevede tezin gelişimi şu şekilde olmuştur:

Tezin birinci bölümü olan giriş bölümünde; tezin içeriği bölüm bölüm tanıtılmış, ardından alan taramasına yer verilmiştir. Literatürde tezin konusuna yakın daha önce yazılmış yüksek lisans ve doktora tezleri, veri tabanlarından yerli ve yabancı bülten ve makaleler, dergi ve internet yazıları detaylı olarak incelenmiştir ve konuya en yakın olanların içeriği bu bölümde özet halinde verilmiştir. Daha sonra alan taramasında tespit edilen sorunlar, tezin diğer çalışmalara göre benzerlikleri, farklılıkları, hedefleri ve literatüre koyacağı yenilik ve katkı tartışılmıştır. Alt bölümlerde ise; tezin ana hatları belirlenerek bir çerçeve oluşturulmaya çalışılmıştır; tezin hedefleri, probleme bakış açısı, çözüme dair öneriler ve stratejiler açıklanmıştır.

Tezin ikinci bölümünde; sürdürülebilirlik kavramı ve ortaya çıkışı kısaca anlatılmış, daha sonra sürdürülebilirliğin bina tasarımına yansması genel olarak irdelenmiş, sürdürülebilir mimarinin zorunluluğu ve gerekleri açıklanmıştır. Sonraki alt bölümde tezin alan çalışmasında doğru parametrelere yönelmek adına, ofis binaları sürdürülebilir tasarım ölçütleri kapsamında değerlendirilmiştir.

Üçüncü bölümde; sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin yapılarına, uygulamalarına ve amaçlarına genel bir çerçevede bakıldıktan sonra dünyada kullanılan sertifikalandırma sistemlerine değinilmiş, daha sonra sistemlerin Türkiye'deki durumundan kısaca bahsedilerek tezde anlatılan LEED sistemine giriş yapılmıştır.

Dördüncü bölümde; LEED sürdürülebilir bina sertifikalandırma sisteminin yapılanması, hedefleri, sertifika dereceleri ve süreci irdelendikten sonra, tüm performans kategorilerinin puanlaması ve içeriği anlatılmış, enerji performansı ile ilgili değerlendirme ölçütlerinin içeriği ise detaylı olarak incelenmiştir. Daha sonraki alt başlıkta LEED 2012 sürümüne getirilen yeniliklere değinilmiş ve son olarak

sistemdeki sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı açısından analizi yapılmıştır.

Beşinci bölümde; LEED'in enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarını mevcut bir bina üzerinden ele almak adına; bu sisteminin getirileriyle tasarlanmış Ankara'da bulunan (halen ülkemizde LEED sisteminden alınan en yüksek puana sahip) Eser Yeşil Binası seçilmiştir ve tez çalışmasına uygun tüm verileri toplanmaya çalışılmıştır. Binanın LEED sistemi kapsamında değerlendirilmesi yapılmış, enerji performansı ile ilgili hedefleri, simülasyon ve yıllık enerji tüketimi fatura verileri analizleri yapılmıştır. Daha sonra binanın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı analizi yapılarak, elde edilen puanlamayla LEED sisteminden kazandığı ilgili puanları karşılaştırılmıştır. Sonraki alt bölümde, yerinde gözlem ve yetkililerle görüşme yöntemleriyle binanın enerji performansı ile ilgili uygulama sonuçları ve sorunları saptanmaya çalışılmıştır. Daha sonra hedefler-sonuçlar, simülasyon-fatura verileri karşılaştırmaları yapılarak sonuçlar irdelenmeye çalışılmıştır. Son olarak binada enerji performansı ile ilgili uygulanmış sistemlere yönelik öneri amaçlı değerlendirmeler yapılmış ve uygulama sorunlarının nedenleri analiz edilmeye çalışılmıştır.

Altıncı bölüm olan sonuç bölümünde; tez boyunca yapılan çalışmaların sonuçlarına yer verilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre LEED sisteminin enerji performansı ile ilgili yaşanan uygulama sorunlarının nedenleri değerlendirilerek, sistemin uygulamadaki enerji performansının iyileştirilmesine yönelik yapılması gerekenler belirlenmeye çalışılmıştır.

Alan taraması

1990'lı yılların başından itibaren Amerika ve İngiltere başta olmak üzere sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri gelişmiş ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır. Dünyada çevre bilincinin artması ve teknolojinin gelişmesiyle araştırmalar ve gelişmeler sürdürülebilirliğin her alanında olduğu gibi yapı piyasasında da ivme kazanmıştır. Akademik literatürde de bu sistemleri tanıtan,

karşılaştıran, puanlandırma sistemlerini inceleyen, bu sertifikalara sahip uygulanmış örneklerde neler yapıldığını anlatan birçok çalışma mevcuttur.

Bu bölümde daha önce LEED sertifikalandırma sistemiyle ilgili yapılmış, tez konusuna yakın çalışmalar incelenmektedir. Bölüm sonunda alan çalışmasında tespit edilen sorunlar sıralanmış, tezin diğer çalışmalara göre benzerlikleri, farklılıkları ve hedefleri açısından getirdiği yenilikler tartışılmış ve akademik literatüre olan katkısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2009 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde *Elif Çelik* tarafından “*Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi*” adlı yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Tezde dünyada yeşil bina tasarımı incelenerek, Türkiye’de yeşil bina, enerji verimliliği ve sertifikalandırma sistemleri ile ilgili çalışmaların genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Tezin amacı, Türkiye’de uygulanacak bir yeşil bina değerlendirme sisteminin Türkiye’deki bölgesel, ekonomik ve sektörel koşullara adapte edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktır. Sonuçta da bu amaca yönelik Türkiye’deki yeşil bina sektörünü geliştirmek için öneriler ve değerlendirmeler yapılmıştır [1].

2009 yılında *John H. Scofield* ‘in, “*Do LEED-certified buildings save energy? Not really...*” adlı makalesi *Energy and Buildings* adlı uluslararası bir dergide yayınlanmıştır. Farklı teknik çalışmalarla LEED sertifikalı ofis binalarının sertifikalandırılmayanlara göre daha az enerji harcadığı ancak büyük binalarda bu durumun sağlanamadığı, özellikle enerji kaynaklarının kullanımında LEED ofis binalarının pek bir farkı olmadığı, istatistiksel olarak eşdeğer olduğu gözlemlenmiştir. LEED merkezli olmayan bazı binaların uygulama sonrası işletim uygulamalarının enerji tüketiminde daha etkili olduğu belirtilmiştir [2].

2009 yılında *Yapı Dergisi’nin Yapıda Ekoloji* ekinde *Ayşin Sev* ve *Nilay Canbay* tarafından “*Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri*” adlı makale yayınlanmıştır. Çalışmada dünya genelinde uygulanan sertifika sistemlerinin yapıları anlatılmıştır, ayrıca bu sistemlerin ulusal ve bölgesel

koşullara göre hazırlanmış olması bakımından diğer ülkelerde doğrudan uygulanmasının bazı güçlükleri de beraberinde getirdiği, uygulamaya yönelik sorunların olduğu vurgulanmıştır [3].

2010 yılında İzmir Ekonomi Üniversitesi'nde *Keremcan Kırılmaz* tarafından “*LEED Bina Değerlendirme Sistemini Diğer Sistemlerle Karşılaştırmalı Analiz Etmek: Örnek Alan Çalışması Olarak California Academy Of Sciences*” adlı yüksek lisans tez çalışması yayınlanmıştır. Tezde LEED'in diğer bina sertifikalandırma sistemlerine kıyasla avantajları, alan çalışması olarak seçilen California Academy Of Sciences binası üzerinden ortaya konmuştur [4].

2010 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde *Sinem Öztürk* tarafından “*Bina Performans Analizi Programları ile Enerji Etkin Binalarda Tasarım Süreci –Bir Örnek İncelemesi*” adlı yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Tezde sertifikalandırma sistemlerinin enerji etkin bina tasarımında önemi vurgulanmış, daha sonra simülasyon destekli bina performans analizi programları incelenmiş, bu programların tasarımcıları sistematik yaklaşıma yönlendiren özelliklerine değinilmiştir. Çalışmanın sonunda Bahriye Üçok Anaokulu'nun yıkılıp, yerine inşa edilmesi planlanan enerji etkin anaokulu tasarımının hedefleri, uygulanması gereken stratejileri ve ilk çalışmaları ele alınmıştır. Ekte kullanıcı görüşlerinin ve taleplerinin sorgulandığı anket çalışmalarına yer verilmiştir [5].

2011 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde *İrem Saka* tarafından “*Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul'da Bir Ofis Binasının LEED Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi*” adlı tez çalışması yayınlanmıştır. Tezde günümüze kadar gelen ofis yaklaşımı incelendikten sonra LEED sistemi ve sertifikalandırma sürecinde dikkat edilmesi gereken ana başlıklar detaylı olarak ele alınmıştır. LEED kapsamında değerlendirilmek üzere alan çalışması olarak ‘İstanbul Teknik Üniversitesi ARI Teknokent Kuluçka Merkezi Ofis Binası’ seçilmiştir. Bu yapının LEED Yeni Bina ve Büyük Onarımlar değerlendirme ölçütleri doğrultusunda analizi yapılmış, enerji simülasyonu hazırlanmış ve binanın LEED'in sertifikalandırma sisteminde daha fazla kredi kazanması için önerilerde

bulunulmuştur. Tezde uygulama projesi çizilmiş haliyle projenin kazanacağı kredilerin yanında, yapılan öneriler doğrultusunda projede yapılacak revizelerin uygulanması halinde kazanılabilecek olası krediler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonucunda 24 kesin kredi, 44 olası kredi ile 68 kredi üzerinden LEED Altın Sertifika almaya uygun görüleceği hesaplanmıştır [6].

2011 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde *Semra Akça* tarafından “*LEED Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma*” adlı yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Tezde LEED ölçütlerinin belirlenen kategoriler dışında farklı düzeylerde; kavramsal yapısı, kaynak kullanımı, tasarımın farklı ölçeklerinde değerlendirmeleri yapılmış ve tablolar hazırlanmıştır. Araştırma kapsamında LEED sertifikası almış birkaç yapı örneği incelenmiş ve sonuçta yapılan bir anket değerlendirilmesine yer verilmiştir. Ankette uzmanlara kentsel ölçek, mimari tasarım ölçeği ve uygulama ölçeğindeki LEED ölçütlerinin önemine yüzde vermeleri istenmiş ve yüzdeler LEED'in içeriğiyle karşılaştırılmıştır. Genelde sonuç yüzdeleri birbirine yakın çıkmıştır. En çarpıcı sonuçlar ise; uzmanların sürdürülebilir gelişmelerin denetimine %37 pay biçmelerine rağmen, LEED'de bu oranın %11 çıkması ve kaynak kullanımında pasif sistemlerin uzmanların görüşünde %25 önem payına sahipken, bu oran LEED'in yapısında sadece %10 olmasıdır [7].

2012 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde *Begüm Görgün* tarafından “*Enerji Verimli Yeşil Bina Sertifikasyonunda Yol Haritasının Belirlenmesi İçin LEED ve BREEAM Örneklerinin İncelenmesi*” adlı yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Tezde Türkiye'deki enerji verimliliğin iyileştirilebilmesi için sertifikalandırma sistemlerinin yapısı, ülkemizdeki uygunluğu değerlendirilmiş; bu değerlendirmelerden yola çıkarak, ülkemizdeki geçerli kanun ve yönetmeliklerin bulunduğu mevzuatlarda yapılması gerekenler açıklanmıştır [8].

2012 yılında Gazi Üniversitesi'nde *Baharak Fareghi Babilolyaei* tarafından “*Yeşil Okul Tasarım Kriterleri Uluslararası LEED Değerlendirme Sertifikası ve*

Uygulamas” adlı yüksek lisans tez çalışması yayınlanmıştır. Tezde LEED tanıtılmış, okullar için sertifika sistemleri ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra Türkiye’de bir örnek okul ele alınarak LEED sertifikalandırma sisteminin kontrol listesine göre değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuç kısmında okulların LEED değerlendirme sistemine göre günümüzdeki durumu ve iyileştirme çabalarından bahsedilmiştir [9].

2012 yılında Dokuz Eylül Teknik Üniversitesi’nde *Hande Odaman Kaya* tarafından “*Ölçütlere Dayalı Değerlendirme ve Sertifika Metotlarından LEED ve BREEAM’in Türkiye Uygulamalarına Yönelik İrdeleme ve Öneriler*” adlı yüksek lisans tez çalışması yayınlanmıştır. Tezin amacı; sürdürülebilir sertifikalandırma sistemlerine Türkiye’deki birkaç uygulama örnekleri üzerinden, özellikle performans ölçütlerine yönelik hangi uygulamaların yapıldığı saptamalarında bulunarak, ülkemiz için geliştirilebilecek öneriler sunmak olmuştur. Bu çalışmada ele alınan örneklerden yola çıkarak; sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin ilkeleri doğrultusunda belirlenen değerlendirme ölçütlerinin her örnekte karşılanamadığı ancak yine de sertifika alabildiği görülmüş, aynı zamanda bu sistemlerin çoğunlukla büyük firmaların sürdürülebilir yapı iddialarını belgeleyen reklam araçları olarak kullanılmasına dikkat çekilmiştir [10].

2012 yılında Gazi Üniversitesi’nde *Seda Yavaşbatmaz* tarafından “*Yüksek Yapıların Sürdürülebilir Tasarım Ölçütleri Kapsamında Değerlendirilmesi*” adlı yüksek lisans tez çalışması yayınlanmıştır. Tezde farklı şekillerde sınıflandırılan sürdürülebilirlik ölçütleri ile LEED değerlendirme ölçütleri dikkate alınarak sınıflandırılan sürdürülebilir tasarım ölçütlerinin dünyada LEED sertifikasına sahip 13 yüksek yapı üzerinde uygulamaları incelenmiştir. Daha sonra incelenen bu yapıların sürdürülebilir tasarım açısından etkinliğini belirlemek üzere bir değerlendirme yöntemi önerilmiş ve ekolojik, ekonomik ve sosyal-kültürel sürdürülebilir tasarım ölçütlerinin uygulanma başarısı değerlendirilmiştir [11].

2012 yılında *David M. Nyikos, Alfred E. Thal*’in “*To LEED or Not to LEED: Analysis of Cost Premiums Associated With Sustainable Facility Design*” adlı

makalesi *Engineering Management Journal* adlı dergide yayınlanmıştır. Çalışmada LEED sertifikasına sahip olmak için birtakım krediler alınmasına rağmen, uygulanan ölçütlerin binayı gerçek anlamda sürdürülebilir olma garantisi vermediğinin üzerinde durulmuştur. Gerçek bir enerji etkin bina isteniyorsa, LEED sertifikasının gereklerinin yanında tasarım stratejileri olarak da bunu sağlamak gerektiği, sadece sertifika almaya yönelik çalışmaların enerji yatırım döngüsünü maksimize edemeyebileceğine değinilmiştir. Makalede 160 tane farklı derecelerden LEED sertifikasına sahip bina incelenmiş; bunlardan 12'sinin enerji tasarrufunda kredi alamamış olmasına rağmen 2'sinin gümüş derecesinde sertifikaya, 36'sının ise su tasarrufundan kredi alamamasına rağmen, 4'ünün altın, 14'ünün gümüş derecesinde sertifikalara layık görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır [12].

Alan taramasının değerlendirilmesi:

Yapılan literatür taramasının sonucunda, çevresel performans analizi yaparak binaların sertifika derecelendirmesini yapan sistemlerle ilgili son yıllarda birçok çalışma yapılmasına (özellikle sistemin anlatımı, binaların sistem üzerinden değerlendirilmesi ve Türkiye'deki uygulanma zorluğuna yönelik), değerli bilgiler edinilmiş olmasına ve sistemin enerji performansını sorgulayıcı bir farkındalığın (özellikle ülkemizde uygulanma zorluğunun eleştirildiği) oluştuğunun gözlenmesine rağmen; sistemin enerji performansı ile ilgili uygulamada yaşanan sorunları sorgulayan çalışmaların özellikle ülkemiz literatüründe yok denecek kadar az olduğu ve bu konuda eksikliklerin, çözümlenmemiş sorunların olduğu görülmüştür. Tespit edilen sorunların en önemlileri şunlardır:

- Dünyada kabul görmüş ve birçok ülkede uygulanan LEED sertifikalandırma sisteminin puanlama sistemi, enerji performansı yüksek binalar oluşturmak için yeterli midir?
- LEED sisteminin sürdürülebilirliğin enerji performansı ölçütleriyle tutarlılığı ne ölçüdedir?

- LEED'in öngördüğü enerji performansı ile ilgili hedefleriyle uygulama sonuçları ne kadar örtüşmektedir?
- LEED sistemindeki değerlendirme ölçütlerine göre tasarlanmış yüksek puanlı bir binanın işletim sürecinde enerji performansı ile ilgili uygulama sorunları yaşanabilir mi?
- LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarının çözülmesine ve sistemin uygulamadaki enerji performansının iyileştirilmesine yönelik öneriler getirilebilir mi?

Yukarıda sıralanan sorulara cevap aramak adına; tezde gerekli araştırmalar ve analizler yapılmış, LEED sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunları Ankara'da uygulanmış bir ofis binası üzerinden ele alınmıştır.

Çalışmanın literatüre katkısı:

Tezde yapılan araştırmalar, çalışmalar ve yorumlamalarla literatüre farklı bir katkı sağlanmak istenmiştir. Alan taramasında LEED sisteminin enerji performansının değerlendirilmesine yönelik literatürde farkındalık olduğu görülmüştür; ancak tezin diğer çalışmalardan farklılığı, sistemin enerji performansı ile ilgili uygulamada yaşanan sorunların ve nedenlerin sorgulanarak önerilerin getirilmesi olmuştur.

Tezin ana hatlarının belirlenmesi

Bu alt bölümde tezin ana hatları bilimsel bir yöntemle irdelenmiştir. Tezde ele alınan problemler tanımlanmış, tezin amacı ve hedefleri belirlenmiş ve son olarak tezin kapsam ve sınırlamaları dahilinde sorunun çözümleri için geliştirilen stratejiler aktarılmaya çalışılmıştır.

Problemin tanımlanması:

Tezin konusu oluşturulurken ana yaklaşım; dünyada uygulanan gönüllü sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin kağıt üzerinde vaat edilen hedeflerine gerçekte hizmet edip etmediği düşüncesi olmuştur.

Tez çalışması için neden LEED sertifikalandırma sistemi seçildi?

Tezde sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinden LEED'in seçilme sebebi, sistemin dünyada ve Türkiye'de en yaygın kullanılan iki sistemden biri olması ve ülkemizde özellikle ofis binaları sertifikalandırılırken bu sistemin tercih edilmesidir.

Tez çalışması için neden bir ofis binası seçildi?

- Ofis binalarında diğer binalara oranla; kullanıcı sayısı fazla, gün içerisinde enerjiye olan ihtiyaç (aydınlatma, soğutma, ısıtma, havalandırma), dolayısıyla tüketilen enerji miktarı ve atık oluşumu çok fazladır. Kullanılan ekipmanların yanında elektrik ve mekanik yükler birleştiğinde bina büyüklüğü ve kullanıcı yüküyle doğru orantılı olarak artan önemli bir enerji ihtiyacı doğmaktadır. Aynı zamanda kullanıcıların iş verimini düşürmemek adına çalışma ortamlarında kullanıcı iç konforunu sağlamak çok önemlidir. Bu nedenlerden dolayı; ofis yapılarını sürdürülebilirlik ölçütleri çerçevesinde değerlendirmek ve enerji performanslarını arttırmaya yönelik çalışmalar yapmak önemlidir.

- Türkiye'de LEED sertifikasına başvurmuş ve farklı sertifika derecelerine sahip birçok bina bulunurken Platin derecesine (en yüksek derece) sahip üç bina vardır. Bunlardan ilk sertifika alan ve hala da en yüksek puana sahip olan Ankara'da bulunan Eser Yeşil Binası'dır. Bu ofis binasının seçilme nedeni, böyle bir sertifika sisteminin verebileceği en yüksek derecelendirmede bile öngörülen enerji performansının uygulamada sorunlar yaşanarak gerçekte gerçekleştiremeyeceğinin kanıtlanmak istenmesi adına Türkiye'de uygulanmış bir örnek teşkil etmesidir.

LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansına yönelik iyileştirme önerileri getirildi mi?

LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarının çözümlenmesine ve sistemin enerji performansının iyileştirilmesine yönelik öneriler tezin sonuç bölümünde sıralanmıştır.

Hedefler:

Tezin amacı mevcut bir ofis binası üzerinden, sürdürülebilirliğin ölçütleriyle LEED'in uygunluğunu ve sistemin öngördüğü enerji performansı ile ilgili hedeflerle uygulama sonuçlarının ne kadar örtüştüğünü sorgulayarak iyileştirilmelere yönelik öneriler sunmaktır.

Tez çalışması boyunca yapılan analizler sonucunda ulaşılmak istenen; LEED'in enerji performansını ele alarak uygulama sorunlarının ortaya çıkarılması, çözümlenebilmesi, öneriler sunulması ve literatüre bu yönde katkı sağlayarak tezin gelecekte yapılabilecek çalışmalar için yol gösterici nitelikte olmasıdır.

Kapsam ve sınırlamalar:

Çalışmalar sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinden yalnızca LEED'in ölçütleri üzerinden yapılmıştır; diğer sertifikalandırma sistemleri tezin konusu dışındadır, araştırma sonuçları yalnızca LEED için değerlendirilmelidir. Sistemin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunları tezin alan çalışmasında sadece bir bina üzerinden saptanarak ele alınmaya çalışılmıştır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Tezin bu bölümünde sürdürülebilirlik kavramı ve ortaya çıkışı kısaca anlatılmış, daha sonra sürdürülebilirliğin bina tasarımına yansımaları genel olarak irdelenmiş ve son olarak ofis binaları sürdürülebilir tasarım ölçütleri kapsamında değerlendirilmiştir.

Sürdürülebilirlik Kavramı:

Mevcut geleneksel enerji kaynaklarının (kömür, doğalgaz, petrol) azalması insanoğlunu yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının kullanımına yönlendirmiş ve *sürdürülebilirlik* kavramı ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik kelime anlamı olarak; belirli bir amaç veya hedefin, belirli bir denge içerisinde bugünden gelecek kuşaklara aktarılmasıdır. Sürdürülebilirliğin amacı var olan kaynakların gelecek nesillere yetecek biçimde kullanımını sağlamak ve ekosistemin sürekliliği sağlarken canlılar için daha iyi yaşam koşulları oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda sürdürülebilirlikte, üç ana bileşenle (ekonomi, toplum ve çevre) çevrenin bozulma sürecini yavaşlatmak için gerekli önlemler belirlenmektedir [13, 14].

Sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkışı:

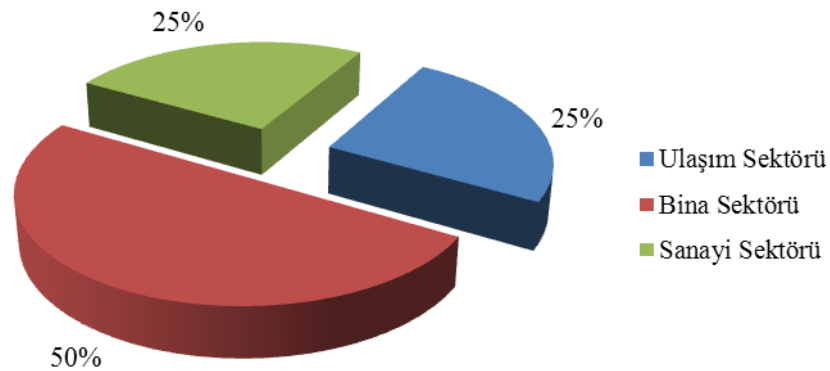
Enerji yaşamın kaynağıdır, insanoğlu varoluşundan beri yaşamsal konfor ihtiyacını karşılamak adına enerjiden yararlanmıştır. Günümüzde dünyadaki enerji tüketim ihtiyacının %90'ı fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanmaktadır [15]. Sürekli gelişen dünyada 19. yüzyılda yaşanan sanayi devrimi sonucunda nüfusun artışı, kentleşme, sanayileşme, tüketim sorunları, teknolojinin gelişmesi ile enerji tüketimi ve sera gazı salımı artmıştır; fakat buna zıt olarak var olan yenilenemeyen enerji kaynakları hızla tüketilmiştir ve nihayetinde 1970'lerde enerji krizi patlak vermiştir. Bu değişim ve beraberinde getirdiği farkındalık, insanoğlunun çevreye karşı duyarlı bir yaklaşım içinde olmasını zorunlu hale getirmiştir; bu konuda çeşitli etkinlik ve yapılanmalarla birlikte toplumda ve devletlerde iklim değişikliğiyle mücadele için *sürdürülebilir*

kalkınma başlamıştır. Gelişim sürekli olarak devam etmiş ve nihayetinde *sürdürülebilirlik kavramı* birçok gelişmiş ülkenin fiziksel çevre denetimi kapsamındaki devlet politikalarında yerini almıştır [13]. Enerji fiyatlarındaki sürekli artış, küresel ısınma tehdidi, iklim değişiklikleri yaşanması ve fosil kaynaklı yakıtların tükeniyor oluşu ülkeleri her alanda olduğu gibi mimarlık alanında da yeni enerji teknolojileri geliştirmeye yöneltmiştir [16].

2.1. Sürdürülebilir Bina Tasarımı

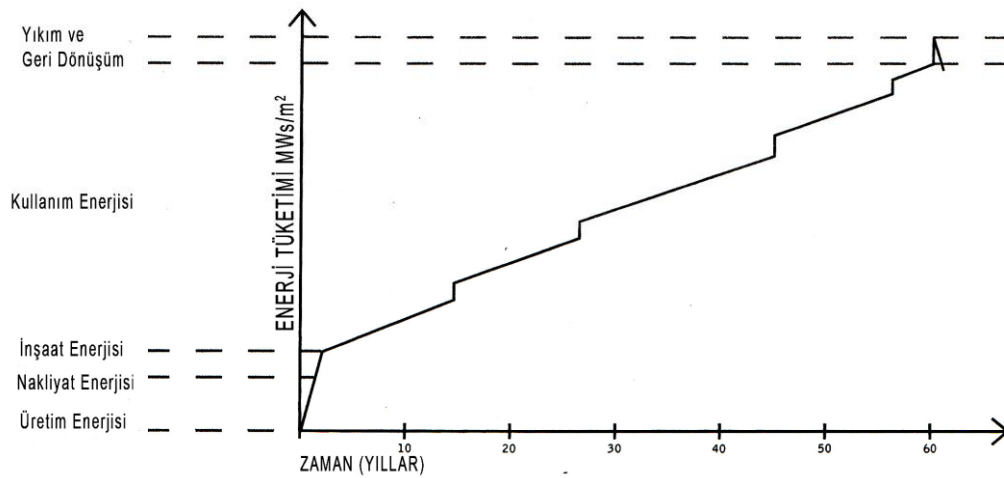
Bina tasarımında ve kullanımında enerji verimliliği enerji krizinden beri dünyada öncü bir yaklaşım akımı haline gelmiştir. Dünyada yaşanan iklimsel değişimlerin ve enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi, bununla birlikte gelen enerji maliyetlerindeki sürekli artış kendi enerjisini kendisi üreten enerji etkin, sürdürülebilir bir mimarlık anlayışını zorunlu hale getirmiştir.

Sürdürülebilir mimarlık; varlığının her döneminde gelecek nesilleri göz ardı etmeden içinde bulunduğu koşullarda yenilenebilir enerji (doğada kendiliğinden var olup, kendi kendini sürekli yineleyen, tükenmeyen enerji) kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin bir şekilde kullanan, kullanıcıların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür [17].



Şekil 2.1. Dünyada üretilen enerjinin farklı sektörlere göre tüketimi [13]

Binalar hem uygulama hem de ömür boyu işletim dönemlerindeki kullanıcıların havalandırma, ısıtma-soğutma, aydınlatma gereksinimlerinden dolayı oldukça yoğun enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar (Şekil 2.2). Binaların enerji tüketimlerine bakarsak, dünyada tüketilen enerjinin %35-40'ını (bazı kaynaklarda %50'sine yakını) (Şekil 2.1), kullanılan hammaddelerin %30-40'ını, kullanılan suyun %15-20'sini tükettikleri görülür. İnşaat faaliyetleri esnasında yıllık 3 milyar ton hammadde kullanılmaktadır. Binalar olumsuz çevresel etkilerde de önemli bir paya sahiptir (Çizelge 2.1); sera gazı salımının %35-40'ının, katı atık üretiminin yüzde 30-35'inin ve su atıklarının yaklaşık %20'sinin kaynağıdır [18]. Ayrıca ağaç kaynaklarının %25'i, malzeme kaynaklarının %30'u binaların yapımı sırasında tüketilmektedir [19]. Böyle büyük yüzdelere sahipken, gelecekte de yaşanabilir bir dünya bırakmak adına binalarda enerji verimliliğini sağlamak önemli ve zorunludur.

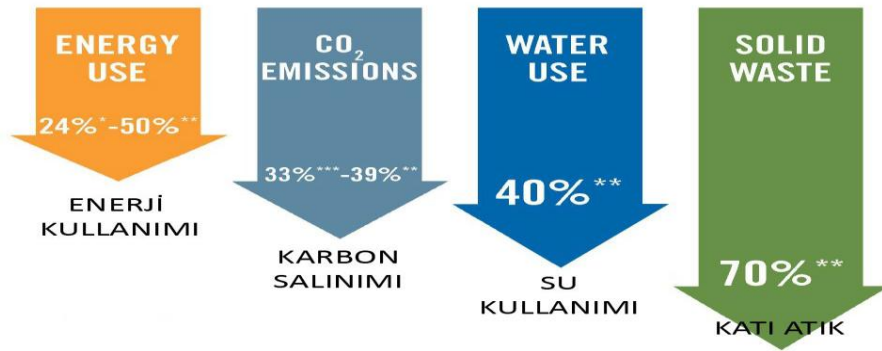


Şekil 2.2. Binanın ömrü boyunca enerji tüketimi grafiği [20]

Çizelge 2.1. Binaların çevresel etkileri [19]

Görünüm	Tüketimler	Çevresel Etkiler	Çevresel Etkiler
Konumlandırma Tasarım İnşaat Operasyon Bakım-onarım Renovasyon Yapım-söküm	Enerji Su Malzeme Yeraltı kaynakları	Atıklar Hava kirliliği Su kirliliği Kapalı alan kirliliği Isı adası etkisi Yağmur suyu akışı Gürültü	İnsan sağlığına verdiği zararlar Doğanın bozulması Tükenmiş enerji kaynakları

Uygun enerji etkin ölçütler uygulandığında, binanın ömrü boyunca enerji tüketiminde %50'e varan azalma olabilmektedir (Şekil 2.3). ABD'de (Amerika Birleşik Devletleri) güneş enerjisinden yararlanarak tasarlanmış bir binada alışlagelmiş binalara oranla %5-10'luk ek ilk yatırım ile işletmede yaklaşık %50 tasarruf sağlanmıştır. Gelişmiş bazı ülkelerde bu oran çok daha fazla olabilmektedir. Son 10 yılda Hollanda, Almanya, Kanada, Avustralya, Singapur gibi ülkelerde enerji tüketiminde % 90'a varan tasarruf sağlayan binalar yapılmıştır [21].



Şekil 2.3. Sürdürülebilir binaların tasarruf potansiyeli [22]

2.2. Ofis Binalarının Sürdürülebilir Tasarım Ölçütleri Kapsamında Değerlendirilmesi

Ofis binası tanımı:

Ofis; insanların tek olarak ya da bir arada çalıştığı oda ya da daha büyük mekansal alanlara ve buna uygun bina tipine verilen bir isimdir. Bu kavram 19. yüzyılda toplumun teknolojik anlamda gelişmesiyle ve çalışma işlevi için farklı mekanlara ihtiyaç duyulmasıyla ortaya çıkmıştır [6]. 'Ofis' isminin kökü Latince'de 'opus' sözcüğünden gelmiştir ve yapıt, iş anlamına gelmektedir [23].

Ofisler genel anlam olarak bakıldığında; birçok yazı, belge, görsel malzeme, çizim gibi bilgiye dayalı veri işlerinin yanında, yönetim faaliyetlerinin de yapıldığı çalışma yerleridir. Ofis yapıları ise ofis mahallerinin yanında bunların gereksinimlerini karşılayacak hizmet birimlerini de barındıran yapılar olarak tanımlanabilir [6].

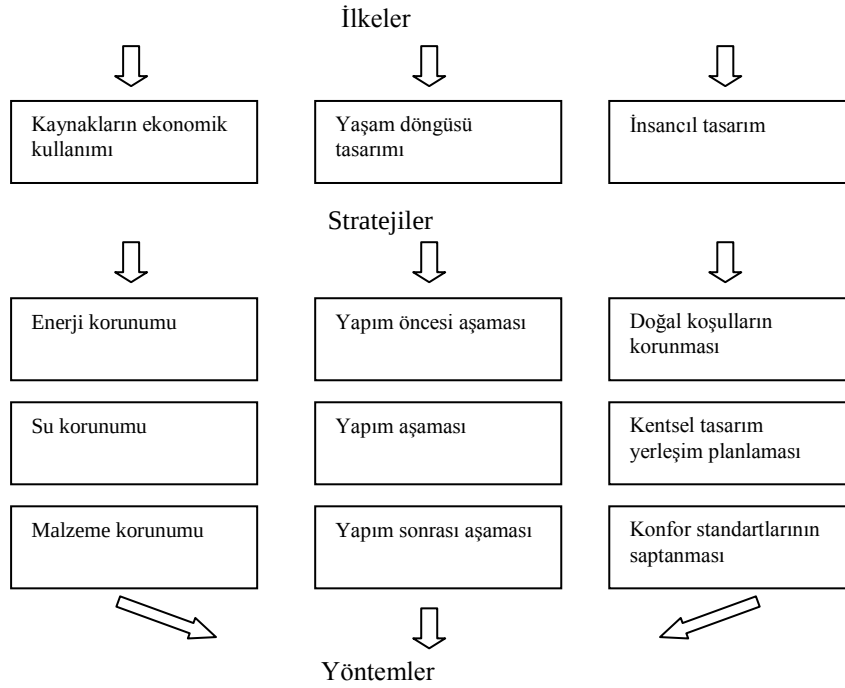
Sürdürülebilir ofis binası tanımı ve önemi:

Sürdürülebilir mimarlık ilkelerini benimsemiş, konumlandırıldığı arazinin koşullarına uygun, uygulanması ve kullanım ömrü boyunca doğal kaynakların tüketimine duyarlı olan, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, çevre kirliliği yaratmayan, kullanıcılarının konforlarını üst düzeyde tutmayı hedefleyen, yıkımdan sonra bile diğer yapılar için kaynak oluşturan çevre dostu ofis binaları sürdürülebilir olarak tanımlanmaktadır [6].

Ofis binalarında diğer binalara oranla kullanıcı sayısı fazla ve çalışma işlevi nedeniyle insan faaliyeti yoğunudur, dolayısıyla gün içerisinde enerjiye olan ihtiyacı (aydınlatma, soğutma, ısıtma, havalandırma), tüketilen enerji miktarı ve atık oluşumu çok fazladır. Kullanılan ekipmanların yanında elektrik ve mekanik yükler birleştiğinde, bina büyüklüğü ve kullanıcı yüküyle doğru orantılı olarak artan önemli bir enerji ihtiyacı doğmaktadır. Standart bir ofis binasında elektrik enerjisinin %25'i aydınlatma, %55'i iklimlendirme, %20'si ise diğer amaçlar (ekipmanlar, asansör vb.) için kullanılmaktadır [24]. Aynı zamanda kullanıcıların iş verimini düşürmemek adına çalışma ortamlarında kullanıcı iç konforunu sağlamak çok önemlidir. Bu nedenlerden dolayı; ofis yapılarının sürdürülebilir mimarlık kavramı çerçevesinde değerlendirmek ve gelişimini desteklemek adına çalışmalar yapmak önemlidir.

Ofis binalarında kullanılan sürdürülebilir tasarım ölçütleri:

Binalarda sürdürülebilirlik üç ana ilkenin oluşturulmasıyla sağlanabilmektedir. Kaynakların korunması ilkesi azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüşümü (reduce, reuse, recycle), yaşam döngüsü ilkesi (ekonomik) yapının var olma sürecini ve çevreye olan etkilerini, insancıl tasarım ilkesi (sosyal- kültürel) ise insanlar ve doğal çevre arasındaki ilişkileri sorgulayan stratejileri kapsamaktadır [25]. Sürdürülebilir ofis binaları tasarlarken doğru enerji etkin tasarım ölçütlerine yönelmek için Şekil 2.4'de görülen sürdürülebilirlik kavramının üç ana ilkesinden 'Kaynakların Ekonomik Kullanımı' (Kaynakların Korunumu) ilkesinin incelenmesi önemlidir.



Şekil 2.4. Binalarda sürdürülebilir tasarım ilkeleri [25]

‘Kaynakların Korunumu’ ilkesi üç farklı strateji içermektedir:

- Enerji korunumu
- Su korunumu
- Malzeme korunumu

Bu stratejilerin gereklerini yerine getirebilmek için farklı tasarım ölçütlerini içinde barındıran yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemleri listelemek adına; 26 no’lu kaynaktaki tablo çalışması farklı tez ve makale kaynaklar (27, 28, 29 no’lu) incelenerek geliştirilmiş ve aşağıdaki çizelge hazırlanmıştır.

Çizelge 2.2. ‘Kaynakların Korunumu’ ilkesindeki stratejiler ve tasarım ölçütleri
[26-29]

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK İLKELERİ –KAYNAKLARIN KORUNUMU İLKESİ		
Stratejiler	Yöntemler	Tasarım Ölçütleri
ENERJİ KORUNUMU	Fiziksel Çevre Verilerinin Dikkate Alınması	Yapının doğru yönlendirilmesi
		Yerleşim için uygun alanın seçilmesi
		Yapının diğer yapılara mesafesi ve konumlandırılması
		Bioklimatik yapı kabuğu tasarımı
	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı	Aktif güneş sistemlerinden yararlanma
		Pasif güneş sistemlerinden yararlanma
		Aktif rüzgar sistemlerinden yararlanma
		Pasif rüzgar sistemlerinden yararlanma
		Aydınlatmada günışığından yararlanılması
		Toprak altı enerjisinin kullanımı
	Enerji Etkin Yapı Formu Tasarımı	Tasarımda basit geometrik şekillerin kullanılması
		Yapı iç hacminin fiziksel özelliklerinin optimizasyonu
		Yapıların doğu-batı doğrultusunda uzamasını sağlanması
		Güney cepheyi genişleterek güneş kazancının artırılması
		Mekan organizasyonunun pasif öğeler dikkate alınarak düzenlenmesi
		Bina bölgelendirmesinde tampon alan oluşturulması
	Enerji Etkin Yapı Kabuğu Seçimi	Yapı kabuğu yüzeyinin azaltılması
		Isıl kayıpların yapı kabuğunun fiziksel özellikleriyle önlenmesi
		Yalıtım malzemelerinin doğru seçilmesi
		Yapı kabuğunun ısı performansının malzemelerin termofiziksel özellikleriyle artırılması
		Güneş kontrol sistemlerinin tasarlanması
		Yüzeylerdeki saydamlık oranının ısı kayıpları önleyecek şekilde optimizasyonu
		Yapı kabuğunun esnek ve değişen koşullara uyum sağlayabilmesi
	Enerji Etkin Cam Seçimi	Yüksek performanslı doğrama ve cam kullanımı
	Enerji Etkin Peyzaj Tasarımı	Bitkilerden ısıtma ve soğutma amacıyla yararlanılması
		Yeşil çatı uygulamasının yapılması
	Enerji Etkin Ekipman Seçimi	Enerji verimli ısıtma, soğutma , havalandırma ve aydınlatma ekipmanları kullanımı
		Binanın ısı performansını yükleneyecek değil destekleyecek HVAC sistemlerin uygulanması
		İç mekanların gereksinimine göre HVAC sistemlerinin devreye girmesi
		Ekipmanların işletiminin denetlenmesi, ölçüm ve bakımlarının yapılması

Çizelge 2.2. (Devam) ‘Kaynakların Korunumu’ ilkesindeki stratejiler ve tasarım ölçütleri [26-29]

SU KORUNUMU	Su Tüketiminin Azaltılması	Suyu verimli kullanan, az bakım gerektiren çevre düzenlemesi yapılması
		Kuraklığa dayanıklı ve çok su istemeyen bitki kullanımı
		Suyu verimli kullanan tesisat kullanımı
		Su kullanımını azaltan tuvalet, duş başlığı, musluk vb. kullanımı
	Su Seviyelerinin Korunumu	Suyun tekrar yer altı suyuna karışmasına izin verilmesi
	Suyun Yeniden Kullanımı	Yağmur suyunun toplanarak yeniden kullanılması
		Atık suların arıtılarak yeniden kullanılması
MALZEME KORUNUMU	Malzeme Korunumu Sağlayan Yapı Tasarımı	Tasarımda yapı kabuğu yüzeyinin azaltılması
		Tasarımda basit geometrik şekillerin kullanımı
		Mimari tasarımda esnek plan şemalarının kullanılması
		İç mekanları verimli kullanabilen tasarımlar yapılması
		Mevcut yapı ve altyapıların yenilenerek yeniden kullanımı
	Uygun Malzeme Seçimi	Dayanıklı, az bakım onarım gerektiren yapı malzemesi ve bileşenlerinin kullanımı
		İyileştirilmiş veya geri dönüştürülmüş yapı malzemesi ve bileşenlerinin kullanımı
		Yenilenebilir kaynaklardan üretilen yapı malzemesi ve bileşenlerinin kullanımı
		Yapı malzemelerinin ambalajlarında geri dönüşümlü malzeme kullanımı
		Yerel ve bölgesel malzeme kullanımı

Çizelge 2.2’de listelenen tasarım ölçütleri incelendikten sonra; enerji performansını arttırmaya yönelik, sürdürülebilir ofis binalarının tasarımında dikkat edilmesi gereken ana hususlar şöyle özetlenebilir [27-29]:

- Arsanın sürdürülebilirliğini sağlamak ve yer seçimini en iyi şekilde yapmak önemlidir. Binayı arsada konumlandırırken günışığının ve mikroklimanın yararlarından optimum şekilde yararlanacak şekilde bina yönlendirilmelidir.

- İklim verileri göz önüne alınmalı, doğal girdiler ve pasif denetim olanakları iyi değerlendirilmelidir.
- Pasif güneş sistemleriyle güneşten ısı kazanımı ve bina içinde doğal aydınlatma sağlanırken, pasif rüzgar sistemleriyle doğal havalandırma ve serinletme yapılmalıdır.
- İklimsel veriler ışığında geliştirilen bioklimatik kabuk tasarımıyla, enerji kayıpları azaltılmalı ve verim artışı sağlanmalıdır.
- Ofis binalarında içsel ısı kazançlarının fazla olması yaz aylarında soğutma yükünün artmasına neden olmaktadır. Soğutma yükünün azaltılması için; güneşten fazla ısı kazanımını önlemeye yönelik güneş kontrol elemanları oluşturulmalı, şeffaf ve opak bileşenlerin termofiziksel özellikleri dikkate alınmalı, pasif rüzgar sistemlerinden yararlanılmalı, kabuktaki açıklıkların boyutları, yerleri ve kabuğun dolu-boş oranları iyi analiz edilip tasarlanmalıdır.
- Bina tasarımlarında yenilenebilir enerji kaynakları mümkün olduğunca kullanılarak geleneksel kaynakların tüketimi en aza indirilmelidir.
- Binada kullanılacak sistemlerle ısı kayıplar önlenmeli, bina kabuğunda enerji korunumu optimizasyonu sağlanmalıdır. Bu amaçla mimari elemanların yanı sıra, malzeme ve yalıtım seçimlerinin iyi yapılması ve binadaki kontrolsüz hava sızıntılarının önlenmesi gerekmektedir.
- Binada mekanları sınırlayan elemanlar (döşeme-duvar-tavan) iklimsel ve görsel performansı arttırmaya yönelik diğer sistemlerle entegre biçimde tasarlanmalıdır.
- Bina maksimum doğal kaynaklardan yararlanacak şekilde tasarlanırken, geleneksel enerji tüketen aktif sistemlerden sadece destek amaçlı yararlanılmalı ve diğer sistemlerle entegrasyonu sağlanmalıdır.
- Binanın atık denetimi yapılmalı; tükenen enerjinin atılmadan mümkün olduğu kadar kullanılabilmesi sağlanmalı, atığın çevreye zararı minimize edilmeli ve bu amaçla uygun teknolojiler seçilmelidir.
- Otomasyon sistemleriyle binada uygulanan sistemlerin işletimi denetlenmeli, bakımları yapılmalıdır.

- Mekanların kütle ve kat organizasyonundaki yerlerine pasif tasarım ölçütleri doğrultusunda karar verilmeli ve zonlamaları dikkate alınarak tampon alanlar oluşturulmalıdır.
- Kullanıcıların konfor düzeyini en üst seviyede tutmak önemlidir. Bunun önemli faktörlerinden biri iç hava kalitesini yükseltmektir, mekana doğal havalandırma verilmelidir.

Sürdürülebilir bir ofis binası bahsedilen ilkelere göre inşa edildiğinde çevreye yararları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [27, 30]:

- Enerji tüketimi azalır.
- Ekosistemler korunur.
- İç mekan kalitesi artar.
- Kullanıcı konforu yükselir.
- Verimlilikte artış olur.
- İşletim masraflarını büyük ölçüde azalır.
- Kısıtlı kaynaklar korunarak kaynakların sürdürülebilirliği sağlanır.
- Sera etkisi yaratan gazların salımları azalır.

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNA SERTİFİKALANDIRMA SİSTEMLERİ

Tezin bu bölümünde sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin yapılarına, uygulamalarına ve amaçlarına genel bir çerçevede bakıldıktan sonra dünyada kullanılan sertifikalandırma sistemlerine değinilmiş, daha sonra sistemlerin Türkiye’deki durumundan kısaca bahsedilerek tezde anlatılan LEED sistemine giriş yapılmıştır.

3.1. Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemlerine Genel Bakış

Sürdürülebilirlik kavramını geliştirmek ve toplumu bilinçlendirmek adına günümüze kadar birçok etkinlik ve organizasyon düzenlenmiştir. Ancak devlet bütçelerinin yetersiz oluşu, devletlerin sürdürülebilirlik konusuna gerekli önemi vermemesi ve çevreye olan sorumluluklarını yerine getirememesinden dolayı gelişmiş bazı ülkelerde sürdürülebilir anlayışı güçlendirmek adına sivil toplum örgütleri kurulmuştur [6]. Dünya enerji tüketiminin yarısına yakın paya sahip binalarda; mevcut sistemi iyileştirmek, yeni yapılan binalarda da enerji verimliliğini sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak binaların karbon salımlarını azaltıp, çevreye olumsuz etkilerini önlemek adına sivil toplum örgütleri kendi bünyelerinde verdikleri yeşil ya da diğer bir deyişle *sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerini* oluşturmuşlardır.

Hedefleri;

Yapıların çevresel etkilerini, enerji verimliliğini, çevreye karşı duyarlılıklarını ölçmek ve değerlendirmek ve bunları somut olarak ortaya çıkarıp derecelendirmek; kısaca yeşil binayı kavram olmaktan çıkartıp elle tutulur bir gerçeklik kazandırmak.

Bölümleri [8];

- Ana yapı, uygun biçimde bir araya getirilmiş çevresel performans ölçütleri,
- Skor verme, yerine getirilen ölçütlere göre puan veya kredi verilmesi,

- Sonuç, toplanan puanlar veya krediler sonucunda binanın toplam performans seviyesinin belirlenerek sertifikalandırılması.

İşlevleri [7, 8, 31]:

- Sürdürülebilir binalar için çevresel ölçümler sunmak ve yöntemler geliştirmek,
- Çevresel amaçlı devlet politikalarını ve yasaları desteklemeyi amaçlamak,
- Yapılı çevrede çevresel yönetimi iyileştirmek,
- Çevresel sorunlarda kullanıcı bilincini artırmak,
- Sürdürülebilir bina kavramının tanınması ve yaygınlaşmasını sağlamak,
- Yapı piyasasını sürdürülebilir yapılar için harekete geçirmek, rekabet ortamı yaratmak,
- Proje tasarım ekiplerinin çevresel yaklaşımlarına yardımcı bilgilerle yön göstermek.

İşleyişi:

Bir binanın çevresel performansı değerlendirilirken, onun sürdürülebilir bina olmasını sağlayan görünen ve görünmeyen ölçütlere bakılır. Bina üzerinde net bir biçimde algılanabilen görünür sürdürülebilir ölçütlerin yanında, kaynakların verimli kullanımı, binanın kullanıcılar ve çevre üzerindeki etkileri gibi görünür olmayan, ölçme sistemine göre belirlenebilen ölçütler de mevcuttur [32].

Bina üzerinde her yönüyle kapsamlı bir değerlendirme yapıldıktan sonra, binanın ne kadar sürdürülebilir olduğu derecelendirilerek belgelenir. Bütün binalarda aynı yöntemle aynı değerlendirme sistemi uygulandığı için, sistem kendi içinde tutarlıdır ve binalar arasında karşılaştırma yapmaya olanak sağlar [33].

Sistemlerde incelenip puan verilen konuların çoğunluğu zaten standart, yönetmelik, kanun gibi farklı yasal dokümanlar tarafından ele alınmış konulardır. Sürdürülebilir

bina sertifikalandırma sistemleri değerlendirmelerini bu dokümanlarda belirtilen yöntemleri kullanarak yapmaktadır. Sistem böylece dokümanlara referans vererek kendi güvenilirliğini garanti altına almıştır [33].

İçeriği:

Sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinde ele alınan ölçütler genel olarak; binanın bulunduğu arazinin seçimi, araziye yerleşimi, yapımından itibaren fiziksel ve sosyal çevresiyle olan ilişkisi, ömrü boyunca sebep olduğu sera gazı salımları, su tüketimi, kullanıcının ısı, görsel, akustik vb. ihtiyaçlarını sağlayabilmesi, işletim ve bakım-onarım koşulları, binada kullanılan malzemeler, binaya ulaşım gibi çeşitli konuları içermektedir [33].

3.2. Dünyada Kullanılan Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemleri

İngiltere’de 1926 yılında devlet tarafından, konutlarda enerji verimliliğini arttırmak amaçlı kurulan, kısa adı BRE olan İngiliz Bina Araştırma Enstitüsü (British Building Research Establishment), 1990 yılında çalışmalarını geliştirerek sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin ilki olan *BREEAM*’i (British Building Research Establishment Environmental Method) oluşturmuştur. İngiltere’nin bu çıkışına karşılık; 1993 yılında Amerika’da binalarda sürdürülebilirliğin artırılmasına yönelik çalışmalar yapan, kısa adı USGBC olan, Amerikan Yeşil Bina Konseyi (United States Green Building Council) kurulmuştur. Bu kuruluş kendi sertifika sistemini oluşturmak adına birçok araştırma yapmış ve 1998 yılında *LEED* sertifikalandırma sistemini oluşturmuştur [6].

Ülkeler dünyadaki farklı konumlarından dolayı; binaların sürdürülebilirliğini sağlamak adına kendi sertifikalandırma sistemlerini oluştururken, ülkesindeki yerel standartları, iklim verilerini, sosyal koşulları, kendi piyasa durumlarını ve ihtiyaçlarını düşünmek zorundadırlar [33]. Şekil 3.1’de görüleceği üzere bu durum dünyada çok sayıda yerel değerlendirme sisteminin oluşmasını sağlamıştır.



Şekil 3.1. Başlıca kullanılan sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemlerinin dünya üzerindeki dağılımı [22]

BREEAM ve LEED sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri dışında başlıcaları; Kanada kökenli kar amacı gütmeyen uluslararası bir organizasyon olan IISBE tarafından 1996 yılında geliştirilmiş olan SBTOOL, 1996 yılında Hong Kong'ta oluşturulan HK-BEAM, Avustralya Yeşil Bina Konseyi tarafından 2003 yılında geliştirilmiş olan GREENSTAR, Japon Sürdürülebilir Bina Konsorsiyumu tarafından 2004 yılında geliştirilmiş olan CASBEE olan, dünyada birçok sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemi (Çizelge 3.1) bulunmaktadır [3, 33].

Çizelge 3.1. Ülkelerine göre dünyada kullanılan sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri [33]

Ülke	Kullanılan değerlendirme sistemleri
Almanya	DGNB, CEPHEUS
Amerika Birleşik Devletleri	LEED, Living Building Challenge, Green Globes Build it Green, NAHB NGBS, IGCC
Avustralya	Nabers, Green Star
Birleşik Arap Emirlikleri	Estidama
Birleşik Krallık	BREEAM
Brezilya	AQUA, LEED Brasil
Çin Halk Cumhuriyeti	GBAS
Filipinler	BERDE

Çizelge 3.1. (Devam) Ülkelerine göre dünyada kullanılan sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri [33]

Fransa	HQE
Güney Afrika	Green Star SA
Hindistan	GRIHA
Hollanda	BREEAM Netherlands
Hong Kong	HKBEAM
İspanya	VERDE
İsviçre	Minergie
İtalya	Protocollo Itaca
Japonya	CASBEE
Kanada	LEED Canada, Green Globes
Malezya	GBI Malaysia
Meksika	LEED Mexico
Pakistan	IAPGSA (Pakistan Green Sustainable Architecture)
Portekiz	Lider A
Singapur	Green Mark
Yeni Zelanda	Green Star NZ

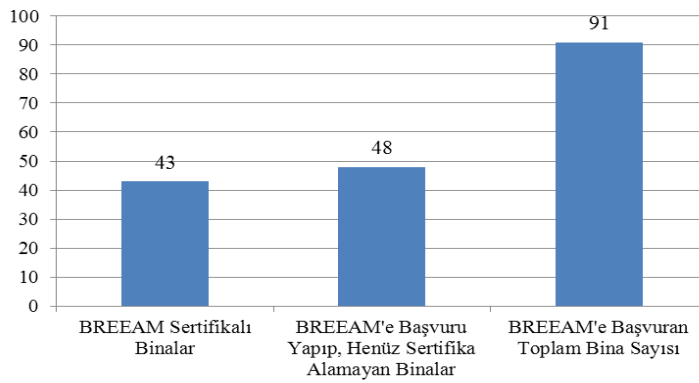
Bu sistemlerin ilkleri olan İngiltere kökenli BREEAM ile Amerika kökenli LEED sertifikalandırma sistemleri uluslararası arenada her zaman öne çıkmışlardır ve günümüzde kendine ait sistemi henüz geliştirememiş ülkelerde de kullanılmaktadırlar.

Sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri ilk olarak sadece prestijli ve büyük ölçekli projelerde uygulanmışken, günümüzde ise birçok ülkede devlet politikaları ile teşvik edilmiş ve bu sertifikaları almak bazı durumlarda zorunluluk haline getirilmiştir. Örneğin Kaliforniya eyalet yasaları tüm kamu binalarının ve okulların yeşil olmasının yanında minimum LEED sertifikası standartlarını sağlamasını zorunlu kılmıştır [34].

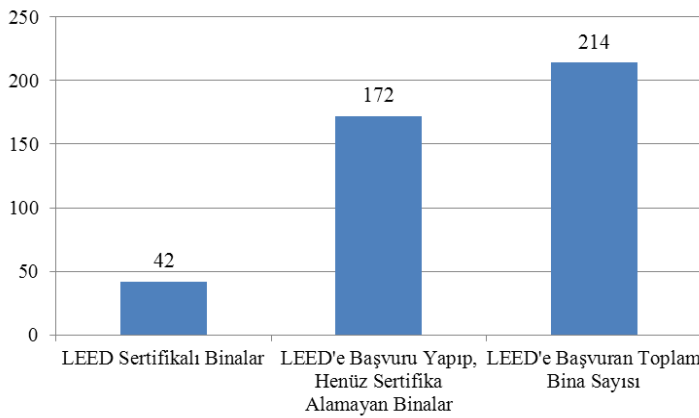
3.3. Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemlerinin Türkiye’deki Durumu

Türkiye’de son zamanlarda kendi gönüllü sertifikalandırma sistemimizi oluşturmak için olumlu yapılanmalar başlamıştır; ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği) yeni konut projelerinde uygulanmak üzere Türkiye koşullarına uygun ‘Yeşil Konut

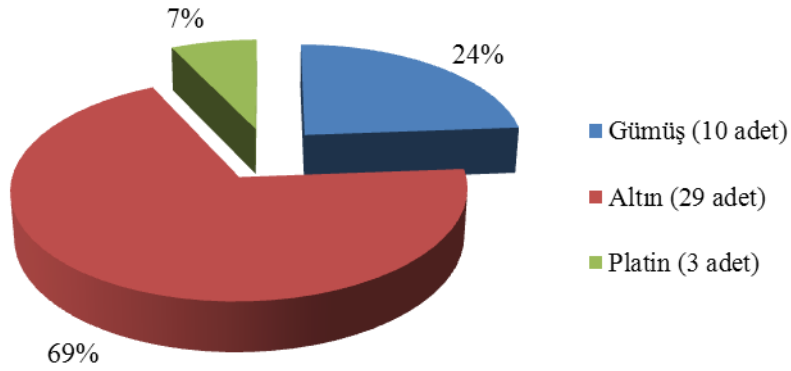
Sertifika Sistemi'ni oluşturmuştur ve geliştirmeye devam etmektedir [35]. Ancak şuan Türkiye'de ağırlıklı olarak, uluslararası arenada öne çıkan BREEAM ve LEED sertifikalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlere Türkiye'deki başvuru sayıları incelendiğinde; sertifikalandırılan binaların sayısının eşite yakın olmasına rağmen LEED'e başvuran bina sayısının [36], BREEAM'e oranla [37] iki kattan fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.2, Şekil 3.3). USGBC verilerine göre, LEED sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemine ülkemizden toplam 214 adet başvuru yapılmıştır (Ekim 2013 verisi). Bunlardan sadece 42 tanesi sertifikalandırılmıştır (Şekil 3.3). 42 adet sertifikalandırılmış binanın; 10'u Gümüş, 29'u Altın, 3'ü Platin derecesinde sertifikalandırılmıştır (Şekil 3.4) [36].



Şekil 3.2. Türkiye'de toplam BREEAM'e başvuran ve bunlardan sertifika alan binaların gösterim grafiği



Şekil 3.3. Türkiye'de toplam LEED'e başvuran ve bunlardan sertifika alan binaların gösterim grafiği



Şekil 3.4. Türkiye’de LEED sertifikasına sahip binaların derecelendirme yüzdeleri

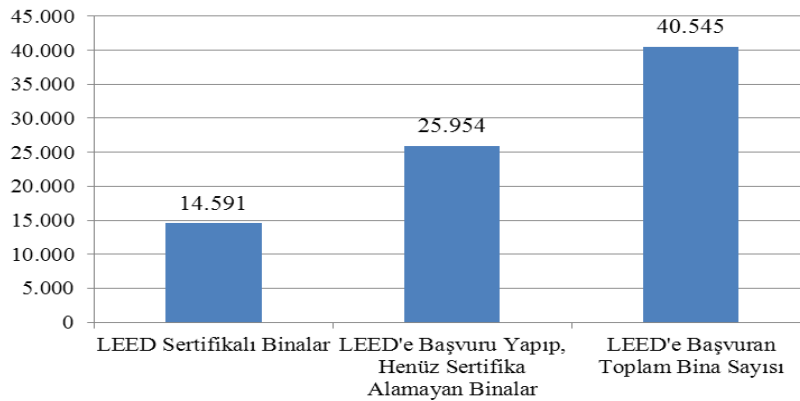
80 ve üstü puanlamaya verilen Platin sertifikasına sahip üç bina; Şubat 2010 tarihinde sertifikalandırılmış alan çalışmasında ele alınan Eser Holding Yönetim Binası (92 puan), Ağustos 2011 tarihinde sertifikalandırılmış Gebze’de yer alan Basf Construction Kimya Laboratuvarı (83 puan) ve Eylül 2013’de sertifikalandırılmış İstanbul’da yer alan Erke Green Academy Binası’dır (82 puan) [36].

4. LEED

Tezin bu bölümünde; LEED sürdürülebilir bina sertifikalandırma sisteminin yapılanması, hedefleri, sertifika dereceleri ve süreci irdelendikten sonra, tüm performans kategorilerinin puanlaması ve içeriği anlatılmış, enerji performansı ile ilgili değerlendirme ölçütlerinin içeriği ise detaylı olarak incelenmiştir. Daha sonraki alt başlıkta LEED 2012 sürümüne getirilen yeniliklere değinilmiş ve son olarak sistemdeki sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı açısından analizi yapılmıştır.

1993 yılında Amerika'da binalarda sürdürülebilirliğin artırılmasına, enerji korunumuna yönelik çalışmalar yapan, kısa adı USGBC olan, Amerikan Yeşil Bina Konseyi (United States Green Building Council) kurulmuş ve 1998 yılında LEED sertifika sistemini oluşturmuştur [6].

Sistemin amacı; binaların belirlediği standartlara çıkmalarını sağlamak, bunu başaranları ise derecelendirerek ödüllendirmektir. Kısaca, belli ölçütlere puanlar veren sürdürülebilir bina değerlendirme sistemidir. Esas itibarıyla ise bir proje yönetimi yaklaşımıdır. Projeler kendi arasında kıyaslanabilir. Şuana kadar (Mayıs 2013 verisi) USGBC'nin verilerine göre dünya çapında başvuran toplam 40.545 binadan 14.591 tanesine çeşitli derecelerden sertifika verilmiştir (Şekil 4.1) [36].



Şekil 4.1. Dünyada toplam LEED'e başvuran ve bunlardan sertifika alan binaların gösterim grafiği [36]

Sertifika sistemi sürekli kendini geliştirmekte ve uygun gördüğünde sistemin farklı sürümlerini oluşturmaktadır. Sürümlerde bazı ölçütlerde değişiklik yapmakta ya da yenisi eklenmekte, gereksinimleri güçlendirilmektedir. Şu ana kadar uluslararası alanda uygulanabilen toplam 8 tane sürüm (v1.0 pilot, v2.0, v2.1, v2.2, v2007, v2008, v2009, v4draft) çıkarılmıştır. Son sürümü olan ‘v4draft’ sürümü 2012 yılında bazı yeniliklerle kullanıma sunulmuştur, fakat halen gelişimi devam etmektedir, bu sürümden değerlendirilmiş ve sertifika almış bir bina henüz bulunmamaktadır [36].

LEED, ABD’de kullanılan iki ana çevresel değerlendirme yöntemi olan ‘Eko Etiketleme’ ve ‘Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi’ yöntemleri üzerinden yürütülmektedir. Sistem kendi ülkesi ABD’de kabul görüp yaygınlaşmıştır ve resmi geçerliliği olan tek yöntemdir [10].

4.1. LEED Yapısı ve Hedefleri

LEED Sürdürülebilir Bina Sertifikalandırma Sistemi, sürdürülebilir binalar ve çevreleri için uygulama, bakım-onarım, yenileme değerlendirmelerinin rehber görevini üstlenmiştir. LEED uygulanması ve denetlenmesi gereken birtakım belli standartlar tanımlar ve bu standartları bina tasarımıyla bütünleştirerek gerçekleştirmeyi temel alır.

Sunduğu çerçevelerin kapsamında konut, ticari ve kurumsal olarak farklı bina tiplerinde yapıları sürdürülebilir kavramı altında değerlendirirken sistemin ana hedefleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Yapıların ömrü boyunca oluşturdukları çevresel etkilere dikkat çekmek
- Yapıların çevreye ve canlı sağlığına zarar veren etkilerini en aza indirmek
- Yeşil binaların algılanmasında farkındalık yaratmak
- Binanın işletim masraflarını azaltarak, bina sahiplerine ekonomik kazanç sağlamak
- Doğal kaynakların kullanımını arttırmak
- Fosil bazlı enerji tüketimini azaltmak

- Kullanıcı konforunu yükseltmek
- Sistemin uluslararası uyarlamaları için yeşil bina konsey kurumlarını desteklemek
- Sistem yapılanmasını gün geçtikçe geliştirmek, başvuru ve sistem bünyesine katılımları arttırmak
- Yenileyici stratejileri desteklemek
- LEED ürünleri için yenilikçi teknik destek servisleri geliştirmek
- Yeşil binaların çevresel, ekonomik, insan sağlığı ve sosyal alanlardaki faydalarını derecelendirip sertifikalandırmak
- Yeşil bina tasarımını yapan mühendis ve mimarlara yol gösterici olmak
- Sürdürülebilir kavramını destekleyen başarılı ürünler ortaya çıkarmak
- Gayrimenkul sektörü tarafından yaygın bir şekilde kabul görüp teşvik etmek

4.2. LEED Sertifikalandırma Süreci ve Sertifika Dereceleri

LEED sertifikasına bina tasarım veya inşaat sürecinin herhangi bir aşamasında başvurulabilir. Ancak erken başvurmak önem taşır; çünkü yüksek performanslı enerji etkin bir bina için ölçütlerin proje bütününe sonradan entegre edilmesindense, tasarım aşamasında dahil edilerek her ölçütün bütüncül yaklaşım içinde olarak uygulanması gerekmektedir. Böylece yüksek puanlar alınması da kolaylaşır.

LEED sertifikasına başvurmadan önce; LEED sertifikalandırma süreci derecelendirme ölçütlerinin belirlendiği ve mal sahibi, işveren, müteahhit ve işletme personelinin yanında tasarımdan sorumlu tüm disiplinlerden (mimar, mühendis, peyzaj mimarı, yeşil bina uzmanı) oluşan grupların katılımı ile gerçekleşen bir çalışma toplantısı (LEED Eco-Charette Workshop) gerçekleştirilerek, ön bir çalışma yapılır [6]. Bu çalışmada tüm disiplinlere ilgili bilgiler verilir ve binanın öncelikle LEED önkoşullarını sağlayıp sağlayamadığının, sağlıyorsa kaç puan ve sertifika seviyesinin ne olacağının, en önemlisi bu sertifika seviyesinin yatırımcının hedefi doğrultusunda olup olmadığının ortaya çıkarılması gerekmektedir. Ve işverenin talebi doğrultusunda, projenin GBCI olarak adlandırılan Yeşil Bina Sertifika

Enstitüsü (Green Building Council Institute)'ne internet üzerinden online olarak kaydettirilmesi ile LEED süreci başlatılmış olur.

USGBC internet sayfasından bulunabilen kaynaklar ve kılavuzlar tüm kuralları içermektedir. Tasarım ve yapım olmak üzere iki aşamada bütün dokümanlar internet üzerinden online olarak USGBC'e teslim edilir. USGBC'nin talep ettiği dokümanların toplanıp ön değerlendirme için gönderilmesiyle birlikte bu belgeler kurumda incelenmektedir. Ön değerlendirme sonucunda USGBC bazı başlıklar ile ilgili olarak proje ekibinden ek bilgi isteyebilir, bu durumda proje ekibinin bu dokümanları 15 gün içerisinde kuruma iletmesi gerekmektedir. Bu çalışmaların da yapılarak USGBC'ye gönderilmesi ile birlikte, LEED'in belirlemiş olduğu kategorilerin altındaki alt başlıklar kapsamında önkoşullar ve değerlendirme ölçütleri yerine getirildiği kadar proje sertifika kapsamında puan kazanır [6]. Dokümanların tamamlanmasının ardından onaylanma süreci 6 ay sürebilir, bu sürede düzeltmeler yapılabilir, gelen yorumlar ise ayrıntılı ve tekniktir [38].

USGBC kurumu binaların tasarım veya inşaat süreçlerinde çeşitli başlıklardaki ölçütleri kontrol ederek, her bir kontrolün sonuçlarını puanlama sistemi ile değerlendirmekte ve sonuçta değerlendirilen binanın referans binaya göre karşılaştırmasını yaparak sertifika seviyesini belirlemektedir [39].

LEED sisteminde, binanın ASHRAE 90.1 standardına göre daha iyi performans sergilemesi gerekir: Standardın öngördüğü minimum değer baraj kabul edilir, LEED'e başvurabilmek için bu barajın geçilmesi gerekir. Projeye minimum değere göre ne kadar daha iyi performans gösterdiklerine göre puan verilmektedir [40]. LEED'in v3 sürümünde referans bir binaya göre %10'luk bir enerji iyileştirmesi ön koşul kabul edilmekte, ancak binalar %12'e ulaştıktan sonra puan almaya hak kazanmaktadırlar [39].

LEED sertifikalandırma sisteminde bir LEED uzmanı ile çalışma zorunluluğu yoktur, ancak çalışılırsa ekstra bir puan kazanılabilir. Yeşil bina uzmanları tasarımın farklı aşamalarında tasarıma kendi katkılarını koymaktadırlar: Tasarım

ekibinden gelen kaynakları uzmanlığı çerçevesinde düzenleyip, LEED ölçütlerine göre ‘Check-list’i doldurup, başvuru dokümanlarını toplarlar. Sertifika sürecini mimar ve mühendislerle koordineli olarak çalışıp yürütmekten sorumludurlar.

LEED sertifikalandırma sürecinde uzmanların (mimar ve mühendisler) dikkat etmesi gereken noktalar aşağıda sıralanmaktadır [41]:

- Binayı minimum enerji tüketecek şekilde ve uygun yönlerde yerleştirmek,
- Bina cephelerinin enerji tüketimini optimize etmek (ısıtma ve soğutma yüklerini minimize etmek),
- Sistemlerin iç mekân kalitesini ve kullanıcı konforunu etkilememesini sağlamak,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarını maksimum şekilde projeye dahil etmek,
- Sıcak su için güneş toplayıcılarının, elektrik enerjisi için fotovoltaiik (güneş pili) panellerinin kullanılmasını sağlamak,
- HVAC sistemlerinin kullanıcılar tarafından kontrol edilebilir olmasını sağlamak,
- Bina kütleğinde pasif veya mekanik yöntemlerle ısı depolanması sağlamak (Böylece HVAC sistemlerinin kapasiteleri küçülür, ilk yatırım ve işletme maliyetleri azalır),
- Bina kabuğundan kaynaklanan ısı kayıp ve kazançlarının minimize edilmesini sağlamak,
- Dış iklimsel koşulların verilerini optimum şekilde değerlendirmek (dış ortam sıcaklığı, nem oranı, hava kalitesi, potansiyel kirlenici kaynaklar, güneş alma imkanları, rüzgar durumu, toprak, temiz su bulunabilirliği),
- Kullanıcıların doğal havalandırma olanaklarından yararlanmasını sağlamak, verimli havalandırma stratejilerini uygulamak,
- Atık ısı destekli absorpsiyonlu sistemlerle daha az elektrik tüketen soğutma sistemleri kullanılmasını sağlamak,
- Isı geri kazanım sistemlerini projeye dahil etmek,
- Yapay aydınlatma yerine mümkün olduğu kadar doğal aydınlatma ve dış gölgeliklerden yararlanmak,

- Su tüketimini azaltacak önlemleri almak (verimli cihaz kullanımı, sensörlü armatürler, yağmur suyundan yararlanma, gri suların arıtılarak tekrar kullanımı, soğutma kulesi, klima santralleri ve fan coil cihazlarındaki yoğuşma ile ortaya çıkan suların tekrar kullanılması vb.),
- Sistemlerin işletme ve bakımlarının kolaylığını düşünmek,
- HVAC sistemlerinin ömür boyu maliyet analizini hesaplayıp optimize etmek,
- Tasarım sürecinin ömür boyu maliyet analizine uygun şekilde olmasını sağlamak,
- Projenin başından itibaren koordinatörlüğü sağlayarak, gerekli programları uygulamak,
- Bina hizmete açıldıktan sonra özellikle ilk beş yıl içinde kullanıcı memnuniyeti ve enerji tüketim analizlerini yaparak projeye uygunluğunu denetlemek.

Proje ekibinin çalışmaları doğrultusunda LEED'in öngördüğü ana ve alt başlıklar (kategoriler ve değerlendirme ölçütleri) üzerinden proje kazandığı kredi sayısına göre [36];

- 40-49 kredi arasında Sertifikalı (Certified),
- 50-59 kredi arasında Gümüş (Silver),
- 60-79 kredi arasında Altın (Gold),
- 80 kredi ve üzerinde Platin (Platinum)

olmak üzere 4 sertifika derecesinden birini alarak değerlendirilmiş olur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. LEED sertifika derecelerinin puan gösterimi ve amblemleri [36]

4.3. LEED Değerlendirme Tipleri ve Performans Kategorileri

İlk olarak Yeni Yapılar için geliştirilen LEED sistemi daha sonra farklı yapı türlerine farklı cevap verecek şekilde geliştirilmiştir [3]. Bugün LEED sistemi altında her biri farklı olarak tasarlanan 21 farklı ana başlık altında değerlendirme tipi (Rating System) mevcuttur. Bu başlıklar şunlardır (Mayıs 2013 verisi) [36]:

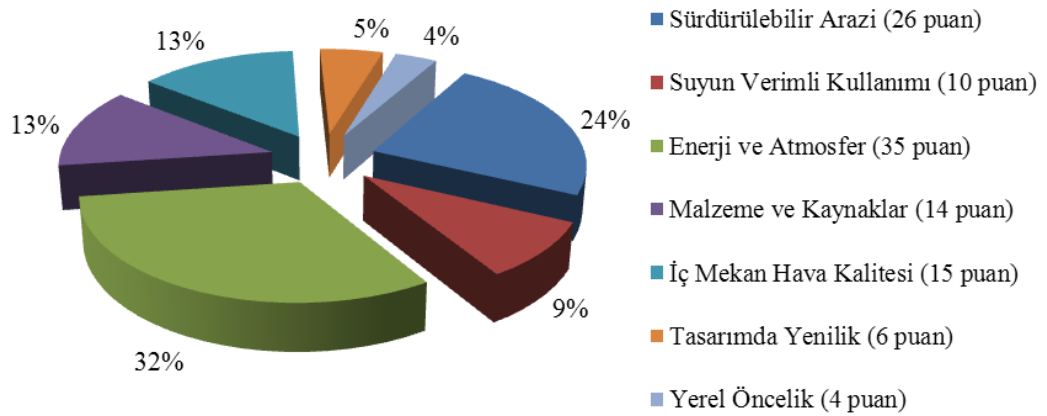
- Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar (New Construction & Major Renovations)
- Mevcut Binalar; Bakım ve Onarım (Existing Buildings)
- Ticari İç Mekanlar (Commercial Interiors)
- Çekirdek ve Kabuk (Core & Shell)
- Konutlar (Homes)
- Orta katlı Binalar (Mid- rise)
- Okullar-Yeni Yapılar (Schools- New Construction)
- Okullar-Mevcut Binalar (Schools- Existing Buildings)
- Perakende-Yeni Yapılar (Retail- New Construction)
- Perakende-Mevcut Binalar (Retail- Existing Buildings)
- Perakende-Ticari İç Mekanlar (Retail- Commercial Interiors)
- Sağlık Yapıları (Healthcare)
- Misafirhaneler-Yeni Yapılar (Hospitality- New Construction)
- Misafirhaneler-Mevcut Binalar (Hospitality- Existing Buildings)
- Misafirhaneler-Ticari İç Mekanlar (Hospitality- Commercial Interiors)
- Veri Merkezleri-Yeni Yapılar (Data centers- New Construction)
- Veri Merkezleri-Mevcut Binalar (Data centers- Existing Buildings)
- Depo ve Dağıtım Merkezleri-Yeni Yapılar (Warehouse and Distribution Centers- New Construction)
- Depo ve Dağıtım Merkezleri-Mevcut Binalar (Warehouse and Distribution Centers- Existing Buildings)
- Plan Düzeyinde Mahalle Geliştirme Projeleri (Neighborhood Development Plan)
- Mahalle Geliştirme Projeleri (Neighborhood Development)

Yukarıda belirtilen 21 farklı ana başlık altındaki değerlendirme tipinde yapılar, aşağıda sıralanan 7 performans kategorisi başlığı altında değerlendirilmektedir (Şekil 4.3) [36]:

- Sürdürülebilir Arazi (Sustainable Sites)
- Suyun Verimli Kullanımı (Water Efficiency)
- Enerji ve Atmosfer (Energy & Atmosphere)
- Malzeme ve Kaynaklar (Material & Resources)
- İç Mekan Hava Kalitesi (Indoor Environmental Quality)
- Tasarımda Yenilik (Innovation)
- Yerel Öncelik (Regional Priority)

Her yapı tipi için kategorilerin değerlendirme ölçütlerinin puan oranları farklılaşmaktadır. Yani her ölçüt yapının kendi tipinin özelliklerine bağlı olarak değerlendirilmektedir.

LEED sertifikalandırma sisteminin toplamda 100 baz puanı vardır, bu puana ek olarak ‘Tasarımda Yenilik’ ve ‘Yerel Öncelik’ ölçütleri toplamda 10 (6+4) bonus puan sağlamaktadır. Böylece toplamda kazanabilecek puan sayısı maksimum 110’dur (Çizelge 4.1) [36].



Şekil 4.3. LEED v2009- ‘Yeni Binalar ve Büyük Onarımlar’ başlığındaki performans kategorileri ve puan dağılım oranları

Çizelge 4.1. LEED v2009- ‘Yeni Binalar ve Büyük Onarımlar’ başlığındaki performans kategorilerinden kazanabilecek puanlar

Kategori Adı	Kazanabilecek Puan
Sürdürülebilir Arazi	26
Suyun Verimli Kullanımı	10
Enerji ve Atmosfer	35
Malzeme ve Kaynaklar	14
İç Mekan Hava Kalitesi	15
Tasarımda Yenilik	6
Yerel Öncelik	4
Toplam Kazanabilecek Puan	110

Tez kapsamında Nisan 2009’da yürürlüğe girmiş LEED’in v2009 sürümü bünyesindeki 21 farklı değerlendirme tipi içerisinde, (Tezin alan çalışmasındaki binanın sertifika özellikleriyle aynı olan) ‘Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar (*New Construction & Major Renovations*)’ başlığı altındaki performans kategorileri ve enerji performansı ile ilgili değerlendirme ölçütleri (‘Enerji ve Atmosfer’, ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorilerindeki tüm ölçütler ve diğer performans kategorileri için tezin 4.5. no’lu alt bölümünde belirlenen enerji performansı içerikli ölçütler) detaylı olarak incelenmiştir.

‘Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar’ ana başlığı; inşaatı yeni yapılacak olan binalar veya strüktürel ve tesisat olarak büyük onarımdan geçecek mevcut binaların yenileme projeleri için uygun sertifika değerlendirme tipidir.

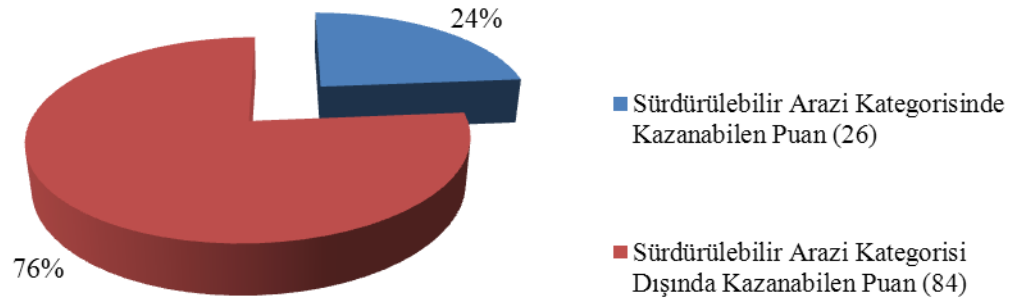
LEED’de sertifika seviyesinden bağımsız olarak, her proje için aynı olan, proje uygun olarak yapılması zorunlu, yapının değerlendirmeye alınması için mutlaka yerine getirilmesi gereken önkoşullar bulunmaktadır. Eğer her sertifika kategorisinin başındaki önkoşullardan bir tanesi bile yerine getirilmezse o kategori için diğer ölçütler sağlanmış olsa bile puan verilmemektedir. Bu nedenle sertifika sürecinde

öncelikle ilk bakılması gereken ölçütler önkoşullardır. Performans kategorilerine göre önkoşullar şunlardır [42]:

- Sürdürülebilir Arazi;
SSp1- İnşaat Sürecinde Oluşan Kirliliğin Önlenmesi
- Suyun Verimli Kullanımı;
WEp1- Su Kullanımının Azaltılması
- Enerji ve Atmosfer;
EAp1-Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması
EAp2- Enerji Performansının Optimize Edilmesi
EAp3- Temel Soğutma Yönetimi
- Malzeme ve Kaynaklar;
MRp1- Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Toplanması ve Depolanması
- İç Mekan Hava Kalitesi;
EQp1- İç Ortam Hava Kalitesi Performansının Optimize Edilmesi
EQp2- Duman Kontrolü

‘Sürdürülebilir Arazi’ Performans Kategorisi

Çizelge 4.2’de ifade edildiği gibi ‘Sürdürülebilir Arazi’ ana başlığı altında başvuran binalar, on dört değerlendirme ölçütünden maksimum 26 puan kazanabilmektedir (Şekil 4.4) [36]. Ancak bina bu performans kategorisi altında puan kazanabilmek için öncelikle ‘İnşaat Sürecinde Oluşan Kirliliğin Önlenmesi’ önkoşulunu yerine getirmesi gerekmektedir. Amaç, binanın ekosistem ve su kaynakları üzerinde yarattığı olumsuz çevresel etkileri minimuma düşürmektir [42]. Yapı arazisinin seçimi, bu arazide yapılan çevre düzenlemelerinin yakın bölgesiyle olan uyumu ve arazinin inşaat sürecindeki yönetimi değerlendirmede önem verilen hususlardır.



Şekil 4.4. LEED sisteminde ‘Sürdürülebilir Arazi’ performans kategorisinin puan dağılım oranı

Çizelge 4.2. LEED sisteminde ‘Sürdürülebilir Arazi’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘Sürdürülebilir Arazi’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
SSp1	İnşaat Sürecinde Oluşan Kirliliğin Önlenmesi	Önkoşul
SSc1	Arazi Seçimi	1
SSc2	Gelişme Yoğunluğu ve Toplum Bağlantısı	5
SSc3	Terkedilmiş Endüstriyel Alanların Yeniden Kullanılması	1
SSc4.1	Alternatif Ulaşım; Toplu Taşıma	6
SSc4.2	Alternatif Ulaşım; Bisiklet Park Alanları ve Soyunma Odaları	1
SSc4.3	Alternatif Ulaşım; Düşük Emisyonlu ve Yakıt Tasarruflu Araçlar	3
SSc4.4	Alternatif Ulaşım; Park Kapasitesi	2
SSc5.1	Arazi Gelişimi; Doğal Yaşamın Korunması ve Geliştirilmesi	1
SSc5.2	Arazi Gelişimi; Açık Alanların Arttırılması	1
SSc6.1	Yağmur Suyu; Miktar Kontrolü	1
SSc6.2	Yağmur Suyu; Kalite Kontrolü	1
SSc7.1	Çatısı Olmayan Yerlerde Isı Adası Etkisi	1
SSc7.2	Çatısı Olan Yerlerde Isı Adası Etkisi	1
SSc8	Işık Kirliliğinin Azaltılması	1
Toplam Kazanabilecek Puan		26

SSc1: Arazi Seçimi (1 puan)

‘Arazi Seçimi’ değerlendirme ölçütünde amaç; binanın konumundan kaynaklanan çevresel etkileri azaltmak ve binaya uygun olmayan yerleşim yerlerinin gelişimini engellemektir. Binanın konumlandırılacağı arazi seçilirken ekolojik önemi olan; yeşil alan, nehir, tarım arazisi, göl havzaları ve doğal yaşam koruma sahaları gibi arazilerin proje alanı olarak seçilmemesi gerekmektedir [42].

SSc5.1: Arazi Gelişimi; Doğal Yaşamın Korunması ve Geliştirilmesi (1 puan)

Amaç; yapısal gelişime oranla daha çok açık alan sağlayarak biyolojik çeşitliliği korumaktır. Bu amaçla mevcut doğal alanların korunması, zarar görmüş alanların iyileştirilmesi, mevcut ekosistemlere minimum zarar verecek şekilde arazinin konumlandırılması, arazinin minimum %50’sinin yeşil alan olarak tasarlanması, bir master plan oluşturulması ve yeşil alanlarda sulamaya ve kimyasal desteklere az ihtiyacı olan bitkilerin kullanılması gerekmektedir [42].

SSc5.2: Arazi Gelişimi; Açık Alanların Arttırılması (1 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde hedeflenen; yapısal gelişime oranla daha çok açık alan sağlayarak biyolojik çeşitliliği korumaktır. Bu ölçütten puan kazanmak için, sunulan üç seçenekten birinin yerine getirilmiş olması gerekmektedir. Bunlar [6, 42];

- Proje sınırları içerisindeki açık alanın, imarda zorunlu koşulduğu değerden %25 fazla olarak yeşillendirilmesi,
- İmarda açık alanın zorunlu koşulmadığı durumlarda, binanın kapladığı alana eşit olacak şekilde arazinin yanındaki açık alanın yeşillendirilmesi,
- İmara uyulması gereken ancak açık alanın zorunlu olmadığı durumlarda, proje arazi alanının %20’sine eşdeğer olacak açık alanın yeşillendirilmesidir.

SSc6.1: Yağmur Suyu; Miktar Kontrolü (1 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde amaç; suyun karışım yoluyla kirlenmesini engellemek, arazide filtrasyonu arttırmak, yağmur suyu akışıyla meydana gelen akıntı kirliliğini ve bulaşıcı atıkları önlemektir. Bu ölçüt kapsamında; yağmur suyu yönetim planının oluşturulması, depolanan suyun arazi sulamasında ve tuvaletlerde kullanılması, su geçirimli kaldırımların yapılması ve geçirimsiz yüzeyleri azaltmak için yeşil çatıların projeye dahil edilmesi gerekmektedir [42].

SSc6.2: Yağmur Suyu; Kalite Kontrolü (1 puan)

Amaç; yağmur suyu yönetimini sağlamak ve yağmur suyundan doğan taşkınları önleyerek doğal suyun kirlenmesinin önüne geçmektir. Yağmur sularının kalite kontrolü ölçütü dahilinde suyun maksimum oranda topraktan drenajını sağlamak adına, su geçirimsiz yüzeylerin minimuma indirilmesi hedeflenmektedir [42].

SSc7.1: Çatısı Olmayan Yerlerde Isı Adası Etkisi (1 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde hedeflenen; çatısı olmayan yerlerdeki ısı adalarının mikroklimaya ve canlı yaşamına olan olumsuz etkilerini minimuma indirmeye çalışmaktır. Bu ölçütten puan kazanabilmek adına sistem yapılması gereken iki farklı seçenek sunmuştur [6, 42]:

- Yeşil örtü, güneş panelleri ile kaplı strüktürler veya SRI (güneş ışığı yansıtma katsayısı) değeri minimum 29 olan malzemelerle sert zemin üzerinde gölgelik alanlar yaratmak
- Otopark alanının minimum %50'sinin yer altında yapmak, bu parklara gölgelik alanlar yaratmak veya üzerini kaplamak için kullanılması düşünülen malzemelerin SRI değerinin minimum 29 olarak tercih etmek; yenilenemeyen kaynak kullanımını azaltmak adına bu çatıların güneş panelleri ile kaplamak veya yeşil çatı yapmak

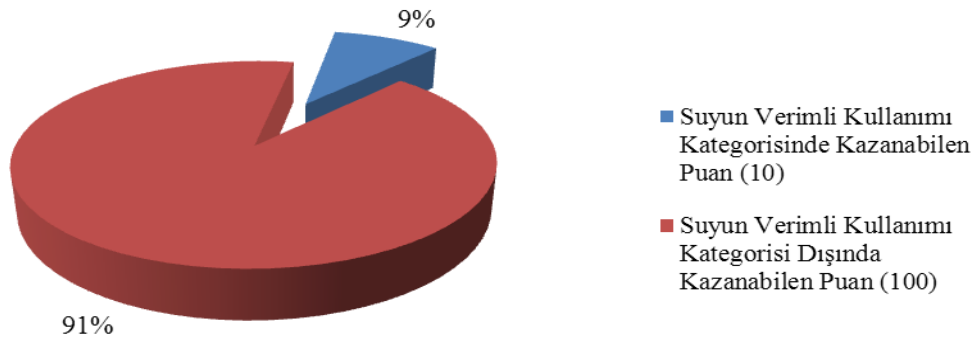
SSc7.2: Çatısı Olan Yerlerde Isı Adası Etkisi (1 puan)

Amaç; çatısı olan yerlerdeki ısı adalarının mikroklimaya ve canlı yaşamına olan olumsuz etkilerini minimuma indirmeye çalışmaktır. Bu ölçütten puan kazanabilmek adına sistem yapılması gereken üç farklı seçenek sunmuştur [6, 42]:

- Bina çatı alanının %50'sini kaplayan yeşil bir çatıyı projeye dahil etmek
- Bina çatısında kullanılacak olan kaplama malzemesi alanının minimum %75'inin sistemce belirlenen formüller dahilinde yapmak
- Beyaz alan oranı yüksek olan yeşil çatıları, belli formüller doğrultusundaki değerleri sağlayacak şekilde yapmak

'Suyun Verimli Kullanımı' Performans Kategorisi

Çizelge 4.3'de ifade edildiği gibi 'Suyun Verimli Kullanımı' ana başlığı altında başvuran binalar, üç değerlendirme ölçütünden maksimum 10 puan kazanabilmektedir (Şekil 4.5) [36]. Ancak bina bu performans kategorisi altında puan kazanabilmek için öncelikle 'Su Kullanımının Azaltılması' önkoşulunu yerine getirmesi gerekmektedir. Amaç, suyu verimli kullanarak, binanın su kaynakları kullanımını minimuma düşürmektir [42]. Bina içinde su tasarruflu ekipmanların kullanılması, içme suyunun sulama ve tuvaletlerde kullanılması, atık suların arıtılarak yeniden kullanılması, peyzajın su kullanımına duyarlı yapılması değerlendirmede önem verilen hususlardır.



Şekil 4.5. LEED sisteminde 'Suyun Verimli Kullanımı' performans kategorisinin puan dağılım oranı

Çizelge 4.3. LEED sisteminde ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘Suyun Verimli Kullanımı’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
WEp1	Su Kullanımının Azaltılması	Önkoşul
WEc1	Su Verimli Peyzaj	2-4
WEc2	Gelişmiş Atık Su Teknolojileri	2
WEc3	Su Kullanımının Azaltılması	2-4
Toplam Kazanabilecek Puan		10

WEp1: Su Kullanımının Azaltılması (Önkoşul)

Bu ölçüt, ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisi için tek önkoşuldur, bu önkoşul yerine getirilmezse diğer ölçütlerden puan kazanılamamaktadır. Amaç; yerel su kaynakları ve atık su sistemlerinin yükünü azaltmak için suyun verimliliğini arttırmaktır. Bu ölçüt kapsamında, referans bina için hesaplanmış su kullanım oranının %20’si kadar daha az su kullanımı için stratejiler geliştirmek gerekmektedir [42].

Su kullanımı hesabı yapılırken; klozetler, pisuarlar, lavabo muslukları, duşlar, mutfak muslukları gibi donanımlardan akan su dikkate alınmaktadır. Ancak ticari amaçlı olarak kullanılan buharlı yemek pişiricisi, bulaşık makinesi, buz makinesi ve çamaşır makinelerinin neden olduğu su tüketimi hesaplama dışında tutulmaktadır [42].

WEc1: Su Verimli Peyzaj (2-4 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde hedeflenen; içilebilir yer altı ve yüzey sularının peyzaj sulamasında kullanılmasını azaltmak, mümkünse önlemektir. Su kullanım miktarındaki düşüşe göre proje 2-4 arası puan kazanılmaktadır. Bu ölçütten puan kazanabilmek için sistem yapılması gereken iki farklı seçenek sunmuştur [6, 42]:

- Sulama için kullanılan suyu %50 oranında azaltmak gerekmektedir. Bitki tipi yoğunluğu, depolanmış yağmur suyunun kullanımı, sulama verimliliği,

arıtılmış yağmur suyunun kullanımı gibi faktörler düşünülerek su verimliliği sağlanmalıdır. Bu seçenek gerçekleştirilirse iki puan kazanılmaktadır.

- Bu seçenekten dört puan kazanmak için iki farklı yol sunulur. Birincisi, ilk seçeneğin gereklilikleri yerine getirilmeli ve de sulama için depolanmış yağmur suyu, geri dönüştürülmüş atık su, geri dönüştürülmüş gri su kullanılmalı, şebeke suyu hiç kullanılmamalıdır. İkincisi ise bunlara gerek duymadan, projede sürekli sulama ihtiyacı duymayan peyzaj tasarlanmalıdır.

WEc2: Gelişmiş Atık Su Teknolojileri (2 puan)

Amaç; atık su üretimini azaltmak ve arıtarak yeniden kullanılmasını sağlamaktır. Bu ölçütten puan kazanabilmek için sistem yapılması gereken iki farklı seçenek sunmuştur [42]:

- Su verimli klozet ve pisuarlar sayesinde binada tüketilen içme suyunun %50 oranında azaltmak
- Atık suyun %50'sini arıtarak iyileştirmek ve yeniden kullanılmasını sağlamak

WEc3: Su Kullanımının Azaltılması (2-4 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde amaç; yerel kaynaklardan elde edilen su miktarını ve atık sistemleri üzerindeki yükü azaltmak dolayısıyla su verimliliğini maksimize etmektir. Su kullanım miktarındaki düşüşe göre proje 2-4 arası puan kazanılmaktadır (Çizelge 4.4) [42].

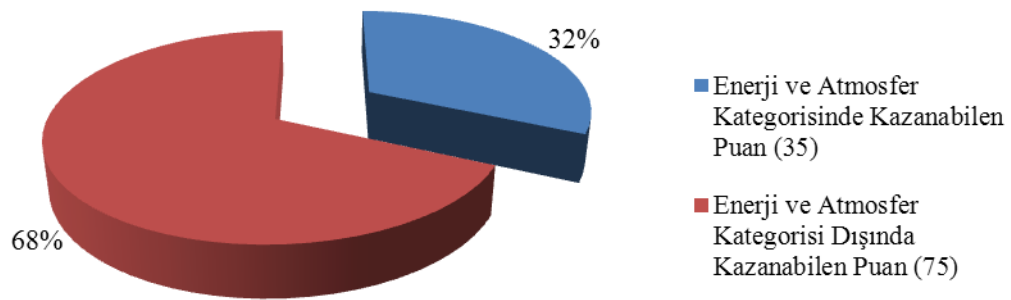
Çizelge 4.4. Su kullanımının düşüş yüzdesine göre puan analizi [6]

Düşüş Yüzdesi	Kazanabilecek Puan
%30	2
%35	3
%40	4

‘Enerji ve Atmosfer’ Performans Kategorisi

Çizelge 4.5’de ifade edildiği gibi ‘Enerji ve Atmosfer’ ana başlığı altında başvuran binalar, altı değerlendirme ölçütünden maksimum 35 puan kazanabilmektedir (Şekil 4.6) [36]. Ancak bina bu performans kategorisi altında puan kazanabilmek için öncelikle ‘Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması’, ‘Enerji Performansının Optimize Edilmesi’ ve ‘Temel Soğutucu Yönetimi’ önkoşullarını yerine getirmesi gerekmektedir. Amaç, enerji tüketimini minimuma indirerek, enerji performansını maksimuma çıkarmaktır [42]. Binanın hem inşaat hem de işletme sürecinde enerji giderlerinin düşürülmesi ve yenilebilir enerji kaynaklarından faydalanarak fosil bazlı enerji tüketimini azaltmak değerlendirmede önem verilen hususlardır.

LEED puanlamasında ‘Enerji ve Atmosfer’ kategorisi en büyük yüzdeye sahiptir. Binaların enerji performansını etkileyen parametreler (ısıtma-soğutma, havalandırma, aydınlatma) , iklim, ışık vb. çevresel parametreler, mimari tasarımla belirlenen pasif sistem parametreleri, kullanıcılara bağlı parametreler ve pasif sistemin enerji ihtiyacını karşılamak üzere tasarlanmış mekanik ve elektrik sistemleridir [39].



Şekil 4.6. LEED sisteminde ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin puan dağılım oranı

Çizelge 4.5. LEED sisteminde ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘Enerji ve Atmosfer’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
EAp1	Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması	Önkoşul
EAp2	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul
EAp3	Temel Soğutma Yönetimi	Önkoşul
EAc1	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	1-19
EAc2	Sahada Yenilenebilir Enerji	1-7
EAc3	Gelişmiş Heyet	2
EAc4	Gelişmiş Soğutma Yönetimi	2
EAc5	Ölçüm ve Sağlama	3
EAc6	Yeşil Güç	2
Toplam Kazanabilecek Puan		35

EAp1: Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması (Önkoşul)

Bu ölçüt, ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisi için önkoşullardan biridir, bu önkoşul yerine getirilmezse diğer ölçütlerden puan kazanılamamaktadır. Amaç; projenin enerji sistemleri içerdiğini, bunların analiz edildiğini, projenin gerekliliklerine göre uyarlanmış olduğunu tasarım ve yapım dokümanları ile doğrulamaktır. Bu ölçüt kapsamında sertifikalandırma sürecine başından itibaren dahil olacak bina enerji sistemi heyeti oluşturularak; düşük enerji kullanımı, düşük işletme giderleri, sistem performanslarının güçlendirilmesi, kullanıcı konforunun sağlanması ile ilgili düzenli dokümantasyonları hazırlanması hedeflenmektedir [42].

EAp2: Enerji Performansının Optimize Edilmesi (Önkoşul)

Bu ölçüt de, ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisi için önkoşullardan biridir, bu önkoşul yerine getirilmezse diğer ölçütlerden puan kazanılamamaktadır. Amaç; binaların aşırı enerji kullanımından doğan çevresel ve ekonomik etkileri azaltmak, enerji etkinliği seviyesini en üst düzeye çıkarmak böylece minimum enerjiyle maksimum verim elde etmektir [42].

LEED sistemi bu ölçüt kapsamında, binanın enerji performans hesaplamasını üç farklı yöntem sunarak talep etmektedir. Simülasyon enerji performansında; ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) 90.1-2007 standardında istenen değerden yeni binalarda %10, mevcut binalarda %5 daha yüksek oranda sonuçların elde edilmesi gerekmektedir [6, 42].

EAp3: Temel Soğutma Yönetimi (Önkoşul)

Bu ölçüt, ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisi için istenen son önkoşuldur, bu önkoşul yerine getirilmezse diğer ölçütlerden puan kazanılamamaktadır. Amaç; stratosferik ozon delinmesi azaltmak üzerine kuruludur. Bu önkoşul kapsamında; CFC (kloroflorokarbon) esaslı bina ısıtma, havalandırma, iklimlendirme ve soğutma sistemlerinin kullanımı sıfıra indirilmeli, eğer binada mevcut HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) ekipmanı kullanılıyorsa CFC kullanımını aşamalı olarak düşürmek için çalışmalar yapılmalıdır [42].

EAc1: Enerji Performansının Optimize Edilmesi (1-19 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde de hedeflenen ikinci önkoşulda olduğu gibi; binaların aşırı enerji kullanımından doğan çevresel ve ekonomik etkileri azaltmak, enerji etkinliği seviyesini en üst düzeye çıkarmak böylece minimum enerjiyle maksimum verim elde etmektir [42].

Binaların enerji tüketimi incelenirken; bina içinde kullanılan tüm ekipmanlar (bilgisayarlar, elektrikli aletler), yüksek voltajlı aydınlatmalar hariç tüm aydınlatmalar, asansörler ve yürüyen merdivenlerin enerji tüketimine bakılmaktadır [6].

LEED sistemi bu ölçüt kapsamında, binanın enerji performans hesaplamasının yapılarak puan kazanabilmesi adına üç farklı yöntem sunmuştur [6]:

- Enerji simülasyonunu hazırlamak (1-19 puan)

- ASHRAE Gelişmiş Enerji Tasarım Rehberi'ndeki tüm ölçütleri yerine getirmek (1 puan)
- NBI (New Buildings Institute) Gelişmiş Binalar Çekirdek Performans Rehberi'ndeki tüm ölçütleri yerine getirmek (1-3 puan)

İlk seçenekte hazırlanan enerji simülasyonu; ASHRAE 90.1.2007 standardında belirtilen referans bina (tüm enerji ihtiyacını fosil kaynaklı yakıtlarla karşılayan) performans değerleriyle binanın yıllık enerji performans değerleri karşılaştırılmakta, elde edilen maliyet iyileştirme oranına göre de bu ölçütten 1-19 arası puan kazanılmaktadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. ASHRAE 90.1.2007 standardına uygun referans bina üzerinde yapılan iyileştirmeler oranına göre kazanabilecek puan analizi [42]

Yeni Binalarda Elde Edilen İyileştirme Oranı	Yenilenen Mevcut Binalarda Elde Edilen İyileştirme Oranı	Kazanabilecek Puan
%12	%8	1
%14	%10	2
%16	%12	3
%18	%14	4
%20	%16	5
%22	%18	6
%24	%20	7
%26	%22	8
%28	%24	9
%30	%26	10
%32	%28	11
%34	%30	12
%36	%32	13
%38	%34	14
%40	%36	15
%42	%38	16
%44	%40	17
%46	%42	18
%48	%44	19

EAc2: Sahada Yenilenebilir Enerji (1-7 puan)

Amaç; fosil enerji tüketiminin yol açtığı çevresel ve ekonomik etkileri azaltmak, sahada yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanılmasını arttırmak ve teşvik etmektir [42]. Bu ölçütten kazanabilecek puan sayısı, bina yıllık enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji üretim yüzdesine göre değişmektedir (Çizelge 4.7) [6].

Çizelge 4.7. Yenilenebilir enerji oranına göre kazanabilecek puan analizi [42]

Yenilenebilir Enerji Oranı	Kazanabilecek Puan
%1	1
%3	2
%5	3
%7	4
%9	5
%11	6
%13	7

EAc3: Gelişmiş Heyet (2 puan)

Amaç; bina tasarım sürecinin erken safhalarında heyet sürecini başlatarak, yapılandırma süreci faaliyetlerini ve enerji performans çeşitliliklerini tamamlamak ve varsa ilgili ek faaliyetleri uygulamaktır [42]. Bu ölçütten puan kazanabilmek adına, tasarım ve inşaat şirketlerinden bağımsız çalışan bir devreye alma otoritesi kurulmalıdır. Bu kontrol heyetinin şunları yapması gerekmektedir [6]:

- Devreye alma sürecindeki tüm aktiviteleri gözden geçirerek kontrol etmek
- Süreç boyunca özellikle tavsiyeleri içeren raporları mal sahibine iletmek
- Binanın tasarım ve proje gereklilikleri ile ilgili inşaat sürecinin ortasından itibaren gerekli kontrolleri yaparak, sistemlerin uygulanabilirliği mimar ve mühendislerin bilgisi dahilinde gözden geçirmek ve sonuçları mal sahibi ile paylaşmak

- Bina işletim dönemindeki personelin ve bina kullanıcılarının sistemler ile ilgili bilgilendirilmelerini sağlamak
- Bina inşaat süreci tamamlandıktan sonraki 10 aylık süreçte bakım- onarım işletmelerini gözden geçirerek, varsa problemler ile ilgili çözüm planları oluşturmak

EAc4: Gelişmiş Soğutma Yönetimi (2 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde hedeflenen; ozon tabakasının incelmelerini azaltmak adına iklim değişikliklerine neden olabilecek etkenleri minimize ederek Montreal Protokolü ile uyum sürecini kısaltmaktır [42]. Bu ölçütten puan kazanmak için sunulan şu iki seçenekten birinin yerine getirilmiş olması gerekmektedir [6]:

- Soğutucu kullanılmamalıdır.
- İklim değişikliklerine neden olan bileşenlerin zararlı salımlarını önleyen veya minimize eden HVAC ekipmanları kullanılmalıdır.

EAc5: Ölçüm ve Sağlama (3 puan)

Amaç; binanın enerji tüketim hesaplarını yapan sürekli çalışan bir sistem kurarak, enerji tüketimi ile ilgili gerekli sorumluluğun her daim sağlanmasıdır [42]. Bu ölçütten puan kazanmak için sunulan iki seçenekten birinin yerine getirilmiş olması gerekmektedir. Bunlar [6];

- IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) protokolünde belirtilen ‘Derecelendirilmiş Simülasyon’ ile uyumlu ölçüm ve sağlama planını oluşturmak
- IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) protokolünde belirtilen ‘Enerji Korunumu Hesap İzolasyonu’ ile uyumlu ölçüm ve sağlama planını oluşturmak

LEED sistemi oluşturulan ölçüm ve sağlama planlarıyla binanın mevcut enerji performansı ile öngörülen performansları karşılaştırılmasını ve bu durumun iyi analiz edilmesini, ileride yaşanılacak arıza ve eksikliklerde uyarıcı kontrol sistemlerinin oluşturulmasını istemektedir.

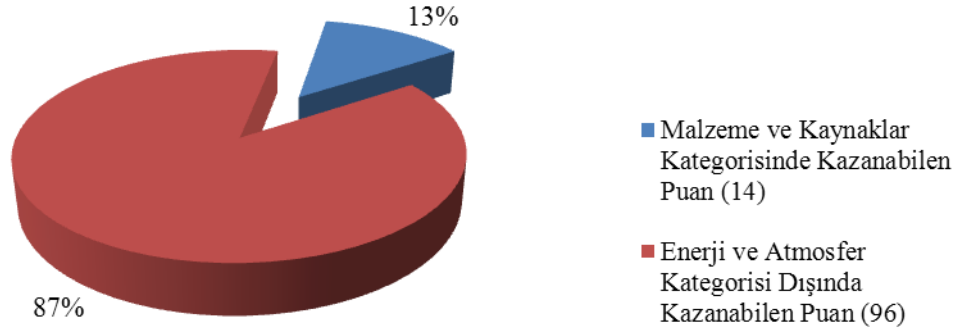
EAc6: Yeşil Güç (2 puan)

Bu değerlendirme ölçütünde hedeflenen; sıfır kirlilik esasına dayalı yenilenebilir enerji teknolojilerinin ve mevcut şebeke kaynaklarının kullanımını teşvik etmektir [42].

Bu ölçütten puan kazanabilmek için, binanın elektrik enerjisinin en az %35'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması gerekmektedir. LEED sistemi bunu sağlayacak bir firma ile iki senelik yenilenebilir enerji sözleşmesi imzalanmasını da istemektedir [6].

'Malzeme ve Kaynaklar' Performans Kategorisi

Çizelge 4.8'de ifade edildiği gibi 'Malzeme ve Kaynaklar' ana başlığı altında başvuran binalar, sekiz değerlendirme ölçütünden maksimum 14 puan kazanabilmektedir (Şekil 4.7) [36]. Ancak bina bu performans kategorisi altında puan kazanabilmek için öncelikle 'Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Toplanması ve Depolanması' önkoşulunu yerine getirmesi gerekmektedir. Amaç, sürdürülebilir malzeme kullanımını ve atıkların geri dönüşümünü destekleyerek, binaların atık üretimini ve kaynak tüketimini minimize etmektir [42]. Binada kullanılan yapı malzemelerinin ve kaynakların yapı tasarım ve işletim döneminde kontrolünü ve geri dönüştürülebilirliğini sağlamak değerlendirmede önem verilen hususlardır.



Şekil 4.7. LEED sisteminde ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinin puan dağılım oranı

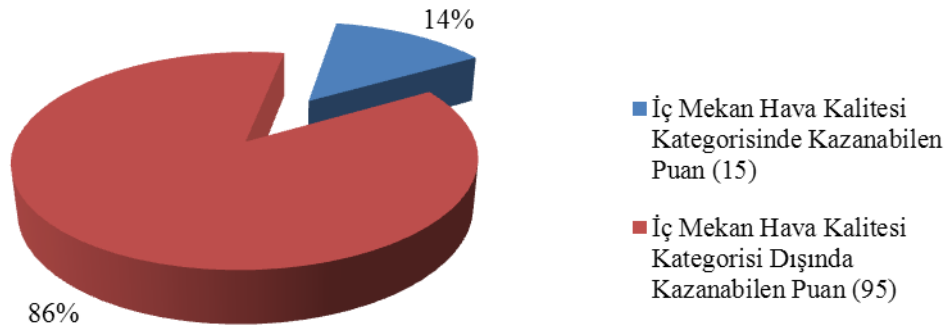
Çizelge 4.8. LEED sisteminde ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘Malzeme ve Kaynaklar’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
MRp1	Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Toplanması ve Depolanması	Önkoşul
MRC1.1	Duvar, Çatı, Zemin Malzemelerinin Yeniden Kullanılması	1-3
MRC1.2	Bina Malzemelerinin Yeniden Kullanımı; İç Mekanda Strüktürel Olmayan Malzemeler	1
MRC2	İnşaat Atık Yönetimi	1-2
MRC3	Malzemelerin Yeniden Kullanımı	1-2
MRC4	Geri Dönüştürülebilir İçerikli Malzeme	1-2
MRC5	Yerel Malzeme	1-2
MRC6	Hızlı Geri Dönüştürülebilir Malzemeler	1
MRC7	Sertifikalı Ahşap Kullanımı	1
Toplam Kazanabilecek Puan		14

‘İç Mekan Hava Kalitesi’ Performans Kategorisi

Çizelge 4.9’da ifade edildiği gibi ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ ana başlığı altında başvuran binalar, on beş değerlendirme ölçütünden maksimum 15 puan kazanabilmektedir (Şekil 4.8) [36]. Ancak bina bu performans kategorisi altında puan kazanabilmek için öncelikle ‘İç Ortam Hava Kalitesi Performansının Optimize Edilmesi’ ve ‘Duman Kontrolü’ önkoşullarını yerine getirmesi gerekmektedir. Amaç, kullanıcı konforunu maksimuma ulaştırıp sağlıklı mekanlar oluşturmak adına, iç ortamdaki hava kalitesini arttırmaktır [42]. İç mekanların doğal aydınlatmadan ve manzaradan maksimum yararlanması, hava kalitesinin yüksek olması, akustiğin rahatsız derecede olmaması değerlendirilmede önem verilen hususlardır.

Amerikan Çevre Koruma Dairesi yaptığı çalışmalarda, çalışan insanların zamanlarının %90’ını kapalı mekanlarda geçirdiği sonucuna ulaşmıştır [10]. Bina iç hava kalitesi sağlanırsa, kullanıcılarda sağlıksız koşullar sonucu ortaya çıkan; hasta bina sendromu, alerji, stres ve uzun süre çalışamama gibi sorunlar büyük ölçüde giderilmiş olur.



Şekil 4.8. LEED sisteminde ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinin puan dağılım oranı

Çizelge 4.9. LEED sisteminde ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘İç Mekan Hava Kalitesi’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
EQp1	İç Ortam Hava Kalitesi Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul
EQp2	Duman Kontrolü	Önkoşul
EQc1	Dış Ortam Hava Dağılımının İzlenmesi	1
EQc2	Yüksek Düzeyde Havalandırma	1
EQc3.1	İnşaat Sürecinde İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı	1
EQc3.2	Yerleşim Öncesi İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı	1
EQc4.1	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Yapıştırıcı ve Dolgu Malzemeleri	1
EQc4.2	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Boya ve Kaplamalar	1
EQc4.3	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Zemin Kaplamaları	1
EQc4.4	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Kompozit Ahşap ve Lifli Ürünler	1
EQc5	İç Ortam Kimyasal ve Kirleticilerin Kontrolü	1
EQc6.1	Sistemlerin Kontrolü; Aydınlatma	1
EQc6.2	Sistemlerin Kontrolü; Termal Konfor	1
EQc7.1	Termal Konfor Tasarımı	1
EQc7.2	Termal Konfor Kontrolü	1
EQc8.1	Gün Işığı	1
EQc8.2	Manzara	1
Toplam Kazanabilecek Puan		15

EQp1: İç Ortam Hava Kalitesi Performansının Optimize Edilmesi (Önkoşul)

Bu ölçüt, ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisi için önkoşullarından biridir, bu önkoşul yerine getirilmezse diğer ölçütlerden puan kazanılamamaktadır. Amaç; iç ortam hava kalitesinin optimizasyonu sağlayarak, bina kullanıcılarına maksimum düzeyde konfor koşulları sunmaktır. LEED sistemi bu ölçütü havalandırma şekline göre farklı ele almıştır. Eğer bina mekanik ve doğal olarak havalandırılıyorsa iç hava kalitesinin ASHRAE 62.1-2007 standardının 4,5,6 ve 7. ; eğer bina sadece doğal olarak havalandırılıyorsa ASHRAE 62.1-2007 standardının 5.1 bölümünde belirtilen gerekliliklerini yerine getirmesi gerekmektedir [42].

EQc1: Dış Ortam Hava Dağılımının İzlenmesi (1 puan)

Bu ölçüt kapsamında hedeflenen; kullanıcı konforunu maksimum düzeyde sağlamak amacıyla havalandırma kapasitesini arttırmak, hava dağılımını izleyen ve ölçen cihazları yerleştirmektir. Eğer bina mekanik olarak havalandırılıyorsa, havalandırma ihtiyacının fazla olduğu alanlara CO² sensörleri yerleştirilmeli ve bu değerler izlenip bina otomasyon sistemine aktarılarak ihtiyaç halinde mekanik sistemden taze hava akışı sağlanmalıdır. Binada doğal havalandırma yapılıyorsa da CO² sensörleri yerleştirilmelidir [42].

EQc2: Yüksek Düzeyde Havalandırma (1 puan)

Amaç; iç ortam hava kalitesini kullanıcı konforu ve verimliliğini maksimum düzeye çıkarmak için arttırmaktır. LEED sistemi bu ölçütü havalandırma şekline göre farklı ele almıştır. ASHRAE 62.1-2007 standardı esas alınarak belirlenen alt değerlere göre havalandırma verimliliğinin yeterli olup olmadığı hesaplanmaktadır. Doğal havalandırmada bu değer minimum sağlanması yetiyorken, mekanik yolla havalandırma yapıldığında minimum %30 daha iyi havalandırma performansı beklenmektedir [6, 42].

EQc6.1: Sistemlerin Kontrolü; Aydınlatma (1 puan)

Amaç; binada çok sayıda kullanıcı tarafından kullanılan mahallerde (derslikler ve konferans salonları vb.) konfor ve üretkenliği arttırmaya yönelik yüksek seviyeli bir aydınlatma sistemi kontrolü sağlamaktır. Bu ölçüt kapsamında; kullanıcıların %90'ının kendisinin kontrol edilebileceği aydınlatma sistemleri önerilmektedir [42].

EQc6.2: Sistemlerin Kontrolü; Termal Konfor (1 puan)

Bu ölçütte hedeflenen; binada çok sayıda kullanıcı tarafından kullanılan mahallerde (derslikler ve konferans salonları vb.) konfor ve üretkenliği arttırmaya yönelik yüksek seviyeli bir termal konfor sistemi kontrolü sağlamaktır. Ölçüt kapsamında;

kullanıcıların en az yarısının iç ortamdaki sıcaklık, hava dolaşımı, nem oranı, taze hava miktarı gibi koşulları kendisinin kontrol edilebileceği sistemler önerilmektedir [42].

EQc7.1: Termal Konfor Tasarımı (1 puan)

Amaç; bina kullanıcılarının konforunu sağlayan ve verimliliğini arttıran bir termal çevre tasarlamaktır. Bu ölçüt kapsamında belli standartlar ışığında; ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin tasarlanması ve konfor koşullarının sağlanması gerekmektedir [42].

EQc7.2: Termal Konfor Kontrolü (1 puan)

Amaç; bina kullanıcılarının kullanabileceği, konfordan emin olmak ve müdahale edebilmek amacıyla ulaşabileceği, görüntülü bir termal konfor kontrol sistemi oluşturmaktır. LEED sistemi 6-18 aylık bir süre içerisinde kullanıcıların %20'sinin konfor memnuniyetsizliği olması durumunda, bu durumu düzeltme amaçlı yeni bir plan talep etmektedir [42].

EQc8.1: Gün Işığı (1 puan)

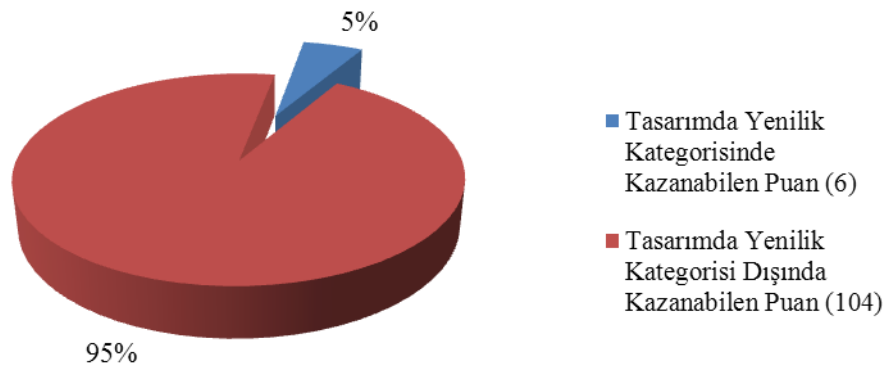
Bu ölçütte hedeflenen; bina kullanıcılarına iç ve dış mekanlar arasındaki gün ışığı bağlantısını mümkün olduğunca kesmeden sağlamaktır. Puan kazanmak için, sistem tarafından sunulan dört seçenektan biri yerine getirilmelidir [6, 42]:

- Projenin aydınlatma simülasyonunu hazırlayarak, mahallerde 21 Eylül günü saat 09:00 ve 15:00'da minimum 25 maksimum 5381 lux (Işık ölçü birimi) gün ışığı aydınlık seviyesine ulaşmak
- Binada tam zamanlı olarak kullanılan mahallerin %75'inde, çatı penceresi gibi alternatifli durumlarda sistemde belirtilen değerleri sağlamak
- Yapılan ölçümlerle uygun mahallerde minimum 269 lux aydınlatma seviyesine ulaşmak

- Yukarıda üç seçenekten birini sağlayarak, minimum gün ışığı aydınlık seviyesine ulaşmak

‘Tasarımda Yenilik’ Performans Kategorisi

Çizelge 4.10’da ifade edildiği gibi ‘Tasarımda Yenilik’ ana başlığı altında başvuran binalar, iki değerlendirme ölçütünden maksimum 6 bonus puan kazanabilmektedir (Şekil 4.9) [36]. Amaç, yenilikçi teknolojilerin ve stratejilerin desteklenmesi ve bu ölçütlerin sağlanarak yapının tasarım ve uygulamalarının LEED sistemi ile daha bütüncül bir yaklaşım içinde olmasıdır [42].



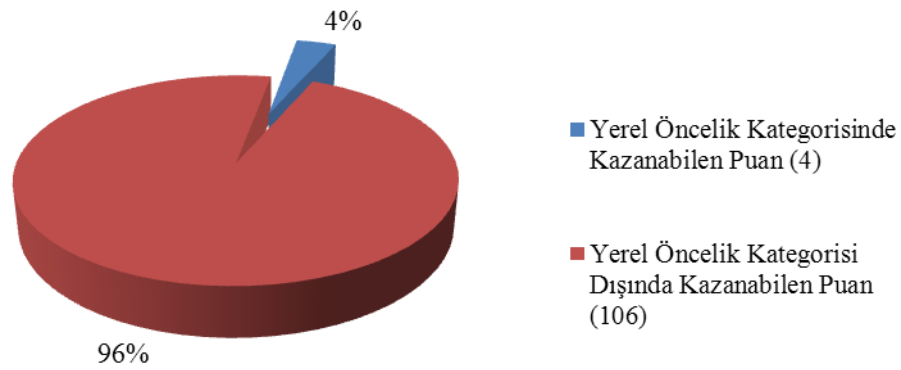
Şekil 4.9. LEED sisteminde ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinin puan dağılım oranı

Çizelge 4.10. LEED sisteminde ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘Tasarımda Yenilik’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
IDc1	Tasarımda Yenilik	1-5
IDc2	LEED Akredite Uzmanı	1
Toplam Kazanabilecek Puan		6

‘Yerel Öncelik’ Performans Kategorisi

Çizelge 4.11’de ifade edildiği gibi ‘Yerel Öncelik’ ana başlığı altında başvuran binalar, bir değerlendirme ölçütünden maksimum 1-4 arası bonus puan kazanabilmektedir (Şekil 4.10) [36]. Amaç, LEED sisteminin uluslararası uygulamalarındaki binaların, uygulandığı coğrafyaya özel yerel malzemelerin kullanılmasını sağlamaktır [42].



Şekil 4.10. LEED sisteminde ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinin puan dağılım oranı

Çizelge 4.11. LEED sisteminde ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar

Ölçüt No	‘Yerel Öncelik’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
RPc1	Yerel Öncelik	1-4
Toplam Kazanabilecek Puan		4

4.4. LEED 2012 (v4draft) Sürümüne Getirilen Yenilikler

USGBC kuruluşu yerellik ölçütlerindeki eksiklikler ve gelen eleştiriler üzerine, LEED’in son sürümü olan LEED 2012 diğer adıyla ‘v4draft’ sürümü 2012 yılında bazı yeniliklerle kullanıma sunulmuştur.

LEED 2009 (v2009)'dan farklı olarak LEED 2012 (v4draft)'e getirilen yenilikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir [43] :

- 2012 yılında çıkarılan sistemin son sürümünde sürdürülebilir binaların çevreyle olan ilişkilerine daha fazla önem verilmiştir: Binaları çevrelerinden bağımsız olarak değerlendirmek yerine, bulunduğu çevreyle olan ilişkisiyle ilgili yeni ölçütler eklenmiştir. Bazı bölgesel önceliklere ağırlık verenlere ödül puanlar eklenmiş, böylece sistem bölgesel koşullara (iklim, bitki örtüsü, topografya) adaptasyonda eskisine oranla daha etkili olmuştur.
- Binanın işletim sürecinde enerji ve su verimlilik performanslarını sürekli olarak aktaracak geri bildirim sisteminin kurulması, ayrıca bunu takım olarak yürütecek, bina enerji ve çevre performansı konusunda izleme ve önlemlerden sorumlu denetçilerin olması istenmektedir.
- Güneş ışığı kullanımı sadece kullanıcı konforu açısından ele alınmayıp, enerji verimliliği açısından da değerlendirilmesi istenmiştir.
- Binalar isterse kendi arazileri dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisini kullanıp, sertifika puanlamasında kabul ettirebilmektedirler.
- ‘Malzeme ve Kaynaklar’ kategorisinde malzemelerin yaşamsal döngü analizleri daha çok ele alınmıştır.
- ‘Suyun Verimli Kullanılması’ kategorisinde; tuvalet ve mutfaklarda kullanılan armatürlere ek olarak su tüketen konutta ve ticari mekanlarda kullanılan cihazların su tüketimlerinin belli bir seviye altında olması şartı getirilmiştir.
- Tasarım kategorisinde hastane binalarının saydam cephe tasarımları için yeni ölçütler oluşturulmuştur.
- Kullanıcı konforunu arttırmak adına, akustik tasarım tüm bina değerlendirme tiplerinde uygulanacak yeni bir ölçüt olarak eklenmiştir.
- LEED’de ayrıca şöyle bir olasılık da mevcut kılınmıştır; yapılacak projenin kendi ülkesindeki ulusal standartlar, atıfta bulunulan Amerikan standartlarına göre daha sıkı ise ve bu kanıtlanabilirse bu standartların kullanılmasına izin verilmektedir [44].

‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisine getirilen yenilikler ise şunlardır (Çizelge 4.12) [36]:

- LEED 2009’da enerji verimliliği ele alınırken ASHRAE 90.1-2007 standardı geçerliyken, LEED 2012’de güncel olduğu için ASHRAE 90.1-2010 standardı geçerli kabul edilmiştir.
- Enerji tüketiminin sadece binalarda ne kadar azaltıldığıнын yanında primer enerji bazında da ne kadar azaltıldığı önem kazanmıştır.
- ‘Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması’ adlı önkoşulun adı ‘Gelişmiş Komisyon ve Doğrulama’ (Fundamental Commissioning and Verification) olarak değiştirilmiştir.
- ‘Bina Enerji Ölçümü’ (Building-Level Energy Metering) adlı yeni bir önkoşul eklenmiştir, böylece önkoşul sayısı dörde çıkmıştır. Bu önkoşul binanın enerji kullanımının ölçülmesini zorunluluk haline getirmiştir.
- ‘Ölçüm ve Sağlama’ (Measurement and Verification)‘ adlı değerlendirme ölçütü kaldırılmıştır. Bu değerlendirme ölçütlerinin getirileri yeni oluşturulan önkoşula ve Gelişmiş Enerji Ölçümü (Advanced Energy Metering) adlı oluşturulan yeni değerlendirme ölçütüne dağıtılmıştır. Bu ölçütte binanın enerji tüketiminin en az %10’unun ölçülmesi ve bunun bina otomasyonuna bağlanması istenmektedir.
- ‘Yeşil Güç’ adlı değerlendirme ölçütü ‘Yeşil Güç ve Karbon Salımı’ (Green Power and Carbon Offsets) olarak değiştirilmiştir.
- Gelişmiş Soğutma Yönetimi adlı değerlendirme ölçütünde 2 olan toplam kazanabilen puan sayısı 1’e indirilmiştir.
- Sahada Yenilenebilir Enerji adlı ölçüt adı ‘Yenilenebilir Enerji Üretimi’ (Renewable Energy Production) diye değiştirilmiş ve 7 olan toplam kazanabilen puan sayısı 3’e indirilmiştir.
- Taleplerin Karşılanması (Demand Response) adlı toplamda 2 puan verilen yeni bir değerlendirme ölçütü eklenmiştir. Bu ölçütte amaç zararlı gaz emisyonlarını azaltan ve istenilen talepleri karşılayan programın özelliklerine uygun teknolojilerin uygulanmasıdır.

- ‘Gelişmiş Heyet’ adlı değerlendirme ölçütünde 2 olan toplam kazanabilinen puan sayısı 6’a çıkarılmıştır.
- ‘Enerji Performansının Optimize Edilmesi’ adlı değerlendirme ölçütünden kazanabilen 19 puan 18’e indirilmiştir.

Bu yeniliklerle 35 olan toplam kazanabilen puan sayısı 33’e indirilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. LEED 2012 sürümünde ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin puanlama tablosu (Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar)

‘Enerji ve Atmosfer’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan
Gelişmiş Komisyon ve Doğrulama	Önkoşul
Enerji Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul
Temel Soğutma Yönetimi	Önkoşul
Bina Enerji Ölçümü	Önkoşul
Enerji Performansının Optimize Edilmesi	18
Yenilenebilir Enerji Üretimi	3
Gelişmiş Heyet	6
Gelişmiş Soğutma Yönetimi	1
Gelişmiş Enerji Ölçümü	1
Yeşil Güç ve Karbon Salımı	2
Taleplerin Karşılanması	2
Toplam Kazanabilecek Puan	33

4.5. LEED Sertifikalandırma Sisteminin Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin Enerji Performansı Açısından Ele Alınması

Bu alt bölümde, tezde daha önce ele alınan sürdürülebilirliğin enerji performansı ölçütlerinin varlığını LEED sürdürülebilir bina sertifikalandırma sisteminin içeriğinde analiz etmek için her performans kategorisine göre Çizelge 4.13-4.19 hazırlanmıştır.

Çizelgeler hazırlanırken sürdürülebilirliğin ‘Enerji Korunumu’ stratejisi aktif sistem ve pasif sistem başlıkları altında ikiye ayrılarak, sürdürülebilirliğin ‘Su Korunumu’ stratejisi ayrı bir başlık olarak, toplam üç farklı başlık altında sistemin içeriğindeki enerji performans ölçütleri sorgusuna dayanan bir yol izlenmiştir.

Çizelgede:

- ‘*Enerji Korunumu-Aktif Sistem*’ işaretliyse, bahsedilen değerlendirme ölçütünün içeriğinde; enerji performansına yönelik aydınlatma, ısıtma, soğutma ve havalandırma amaçlı kullanılan sistemlerin işletim ve denetiminde enerjiye ihtiyaç duyulması söz konusudur.
- ‘*Enerji Korunumu-Pasif sistem*’ işaretliyse, bahsedilen değerlendirme ölçütünün içeriğinde; enerji performansına yönelik aydınlatma, ısıtma, soğutma ve havalandırma amaçlı kullanılan sistemlerin işletiminin enerjiye ihtiyaç duyulmadan, kendi kendine işlemesi söz konusudur.
- ‘*Su Korunumu*’ işaretliyse, bahsedilen değerlendirme ölçütünün içeriğinde su enerjisinin performansına yönelik tasarruf veya bir sistemin olumsuzluklarından oluşan kaybının başka bir sistem tarafından kazanıma dönüştürülmesi söz konusudur.

Çizelge 4.13. ‘Sürdürülebilir Bina’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

Ölçüt No	‘Sürdürülebilir Bina’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
SSp1	İnşaat Sürecinde Oluşan Kirliliğin Önlenmesi	Önkoşul			
SSc1	Arazi Seçimi	1		•	
SSc2	Gelişme Yoğunluğu ve Toplum Bağlantısı	5			
SSc3	Terkedilmiş Endüstriyel Alanların Yeniden Kullanılması	1			
SSc4.1	Alternatif Ulaşım; Toplu Taşıma	6			
SSc4.2	Alternatif Ulaşım; Bisiklet Park Alanları ve Soyunma Odaları	1			
SSc4.3	Alternatif Ulaşım; Düşük Emisyonlu ve Yakıt Tasarruflu Araçlar	3			
SSc4.4	Alternatif Ulaşım; Park Kapasitesi	2			
SSc5.1	Arazi Gelişimi; Doğal Yaşamın Korunması ve Geliştirilmesi	1		•	
SSc5.2	Arazi Gelişimi; Açık Alanların Arttırılması	1		•	
SSc6.1	Yağmur Suyu; Miktar Kontrolü	1			•
SSc6.2	Yağmur Suyu; Kalite Kontrolü	1			•
SSc7.1	Çatısı Olmayan Yerlerde Isı Adası Etkisi	1		•	
SSc7.2	Çatısı Olan Yerlerde Isı Adası Etkisi	1		•	
SSc8	Işık Kirliliğinin Azaltılması	1			
Toplam Puan		26	-	5	2

Çizelge 4.14. ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

Ölçüt No	‘Suyun Verimli Kullanımı’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
WEp1	Su Kullanımının Azaltılması	Önkoşul			•
WEc1	Su Verimli Peyzaj	2-4			•
WEc2	Gelişmiş Atık Su Teknolojileri	2			•
WEc3	Su Kullanımının Azaltılması	2-4			•
Toplam Puan		10	-	-	10

Çizelge 4.15. ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

Ölçüt No	‘Enerji ve Atmosfer’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
EAp1	Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması	Önkoşul			
EAp2	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul	•	•	
EAp3	Temel Soğutma Yönetimi	Önkoşul	•		
EAc1	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	1-19	•	•	
EAc2	Sahada Yenilenebilir Enerji	1-7	•	•	
EAc3	Gelişmiş Heyet	2			
EAc4	Gelişmiş Soğutma Yönetimi	2	•		
EAc5	Ölçüm ve Sağlama	3	•		
EAc6	Yeşil Güç	2	•		
Toplam Puan		35	21	12	-

(Not: Çizelge 4.15’de EAc1 ve EAc2 no’lu ölçütlerde aktif veya pasif sistemden yararlanabileceğinden, kazanabilecek puanlar yarı yarıya yakın dağıtılarak hesaplama yapılmıştır)

Çizelge 4.16. ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

Ölçüt No	‘Malzeme ve Kaynaklar’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
MRp1	Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Toplanması ve Depolanması	Önkoşul			
MRC1.1	Duvar, Çatı, Zemin Malzemelerinin Yeniden Kullanılması	1-3			
MRC1.2	Bina Malzemelerinin Yeniden Kullanımı; İç Mekanda Strüktürel Olmayan Malzemeler	1			
MRC2	İnşaat Atık Yönetimi	1-2			
MRC3	Malzemelerin Yeniden Kullanımı	1-2			
MRC4	Geri Dönüştürülebilir İçerikli Malzeme	1-2			
MRC5	Yerel Malzeme	1-2			
MRC6	Hızlı Geri Dönüştürülebilir Malzemeler	1			
MRC7	Sertifikalı Ahşap Kullanımı	1			
Toplam Puan		14	-	-	-

Çizelge 4.17. ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

Ölçüt No	‘İç Mekan Hava Kalitesi’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
EQp1	İç Ortam Hava Kalitesi Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul	•	•	
EQp2	Duman Kontrolü	Önkoşul			
EQc1	Dış Ortam Hava Dağılımının İzlenmesi	1	•		
EQc2	Yüksek Düzeyde Havalandırma	1	•	•	
EQc3.1	İnşaat Sürecinde İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı	1			
EQc3.2	Yerleşim Öncesi İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı	1			
EQc4.1	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Yapıştırıcı ve Dolgu Malzemeleri	1			
EQc4.2	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Boya ve Kaplamalar	1			
EQc4.3	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Zemin Kaplamaları	1			
EQc4.4	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Kompozit Ahşap ve Lifli Ürünler	1			
EQc5	İç Ortam Kimyasal ve Kirleticilerin Kontrolü	1			
EQc6.1	Sistemlerin Kontrolü; Aydınlatma	1	•		
EQc6.2	Sistemlerin Kontrolü; Termal Konfor	1	•		
EQc7.1	Termal Konfor Tasarımı	1	•	•	
EQc7.2	Termal Konfor Kontrolü	1	•		
EQc8.1	Gün Işığı	1		•	
EQc8.2	Manzara	1			
Toplam Puan		15	6	3	-

Çizelge 4.18. ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

Ölçüt No	‘Tasarımda Yenilik’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
IDc1	Tasarımda Yenilik	1-5			
IDc2	LEED Akredite Uzmanı	1			
Toplam Puan		6	-	-	-

Çizelge 4.19. ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinde enerji performans ölçütlerinin analizi

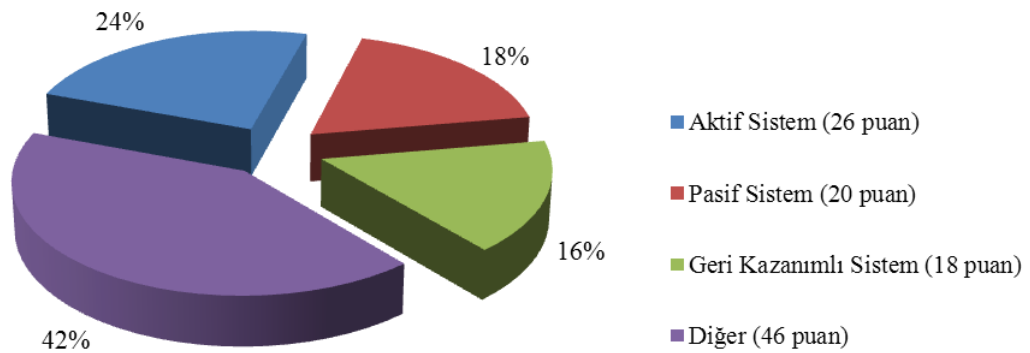
Ölçüt No	‘Yerel Öncelik’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanabilecek Puan	Enerji Korunumu-Aktif Sistem	Enerji Korunumu-Pasif Sistem	Su Korunumu
RPc1	Yerel Öncelik	1-4			
Toplam Puan		4	-	-	-

Hazırlanan Çizelge 4.13- 4.19 doğrultusunda, her performans kategorisindeki enerji performans ölçütlerinin puan yüzdesi dağılımı Çizelge 4.20’de hesaplanmıştır:

Çizelge 4.20. Performans kategorilerindeki enerji performans ölçütlerinin analiz puanı yüzdeleri

Performans Kategorisi	Analiz puanı	Puanın kategorideki yüzdesi
Sürdürülebilir Bina	7/ 26	%27
Suyun Verimli Kullanımı	10/ 10	%100
Enerji ve Atmosfer	33/ 35	%94
Malzeme ve Kaynaklar	0/ 14	%0
İç Mekan Hava Kalitesi	9/ 15	%60
Tasarımda Yenilik	0/ 6	%0
Yerel Öncelik	0/ 4	%0
Toplam	59/ 110	%54

Bu çizelgeler sonucu elde edilen puanların toplamıyla Şekil 4.11’de görülen dağılım elde edilmiştir. *Enerji performans ölçütlerinin LEED sistemindeki dağılımının %54* (*‘Enerji Korunumu Stratejisi’ %25+ %18= %43, ‘Su Korunumu Stratejisi’ %11*) *olduğu, ‘diğer’ olarak adlandırılan, içeriğinde enerji verimliliği olmayan değerlendirme ölçütlerinin %46’lık payı oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.*



Şekil 4.11. LEED sistemindeki enerji performans ölçütlerinin puan dağılım oranı

‘Diğer’ olarak adlandırılan yüzdenin içeriğinde; aydınlatma düzeyi, ulaşım, park alanı, enerji heyeti oluşturulması, yönetim planları, malzemelerin özellikleri, yerel malzemeden elde edilmesi, kimyasalların kontrolü, manzara gibi değerlendirmeler yer almaktadır.

5. ALAN ÇALIŞMASI

Tezin alan çalışması için; 2010 yılında kullanıma açılmış Ankara'nın Çankaya semtinde yer alan *Eser Yeşil Binası* olarak adlandırılan, Eser Holding Anonim Şirketi'nin Yönetim Binası seçilmiştir.

5.1. Çalışmada Amaç, Kapsam ve Sınırlamalar

Amaç:

Bu çalışmada amaç LEED sertifikalandırma sisteminin getiriyle tasarlanmış mevcut bir ofis binası üzerinden, sistemin enerji performansı ile ilgili uygulamada yaşanan sorunları yerinde gözlem ve yetkililerle görüşme yöntemleriyle saptayarak analiz etmek, uygulama öncesi hedeflenenlerle uygulama sonrası sonuçlananları karşılaştırmak ve uygulama sorunlarının nedenlerini değerlendirerek öneriler getirmeye çalışmaktır.

Kapsam:

Tezin alan çalışması Şekil 5.1'de görüleceği üzere beş aşamalı olarak ele alınabilir:

- Birinci aşamada seçilen binanın ilgili tüm verileri toplanmaya çalışılmıştır; bu amaçla binanın tanıtımı, uygulanmış tüm sistemleri, LEED sistemi kapsamında değerlendirilmesi ve enerji performansı ile ilgili hedeflenenlerle simülasyon ve yıllık enerji tüketimi faturaları ile ilgili verileri toplanarak analizleri yapılmıştır.
- İkinci aşamada binanın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı açısından ele alınmasına ve değerlendirilmesine çalışılmıştır.

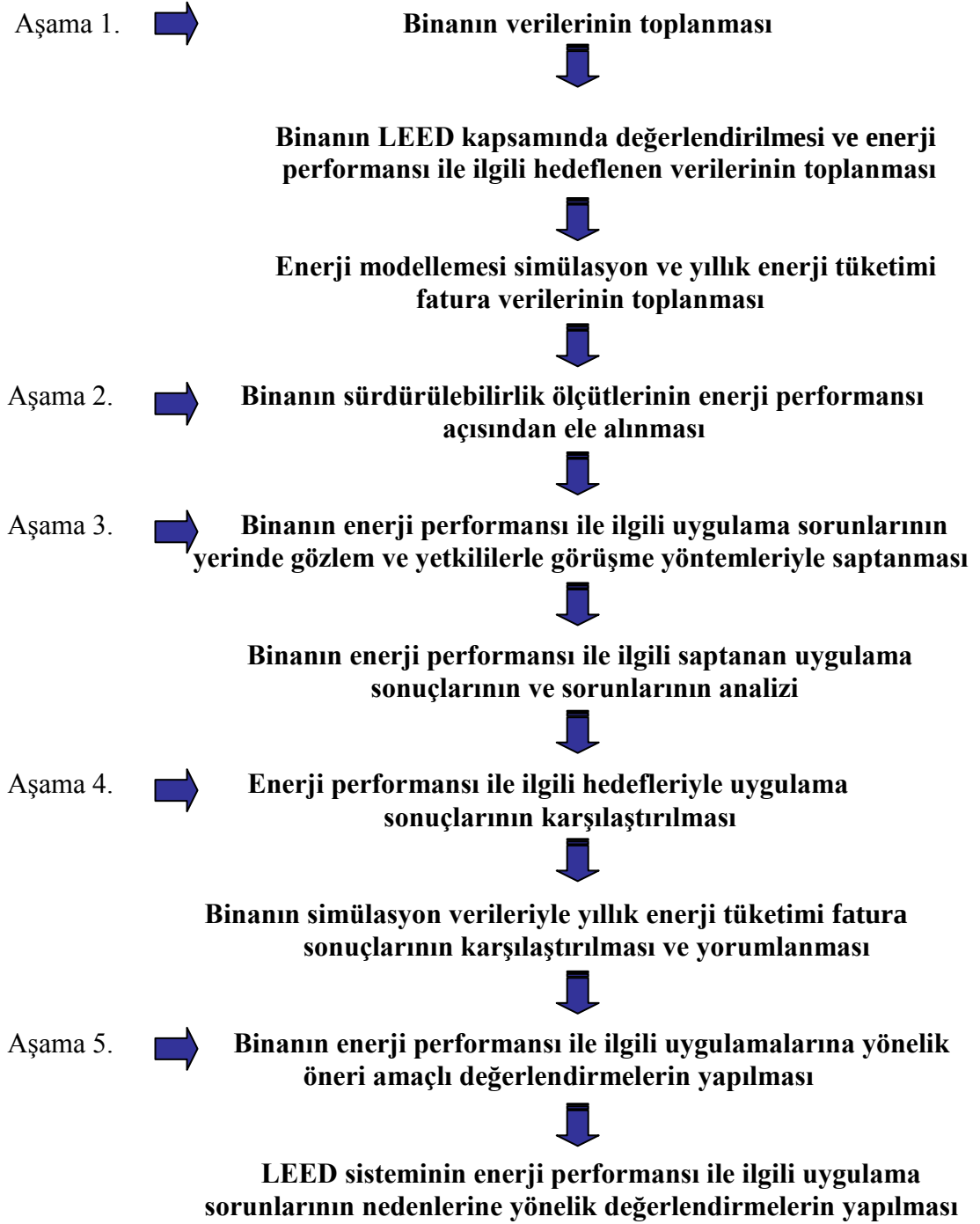
- Üçüncü aşamada yerinde gözlem ve yetkililerle görüşme yöntemleriyle binanın enerji performansı ile ilgili uygulama sonuçları ve sorunları saptanarak analiz edilmelerine çalışılmıştır.
- Dördüncü aşamada binanın verileri toplanırken elde edilen enerji performansı ile ilgili hedefleriyle binada uygulanmış sistemlerin saptanan uygulama sonuçları ve sorunlarının genel karşılaştırma tablosu hazırlanmış, daha sonra simülasyon verileriyle yıllık enerji tüketimi fatura sonuçlarının karşılaştırılması ve yorumlanmasına çalışılmıştır.
- Beşinci aşamada binada enerji performansı ile ilgili uygulanmış sistemlere yönelik öneri amaçlı değerlendirmeler yapılmış, daha sonra önceki aşamalarda elde edilen veriler ve yetkililerle yapılan görüşmelerle elde edilen uygulama sorunlarının nedenleri analiz edilmeye çalışılmıştır.

Sınırlamalar:

Sertifikalendirme sistemlerinin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarının sorgulanması sadece LEED sistemi için ve Türkiye’de Platin derecesinde sertifikaya sahip bir bina üzerinden yapılmıştır. Çalışmada sistemin uygulama sorunları yerinde gözlem ve yetkililerle görüşme yöntemleriyle 2013 yılında saptanmıştır ancak ilerleyen zamanlarda bu sorunlar çözümlenmiş olabilir, bu nedenle çalışma değerlendirilirken bu sınırlama dikkate alınmalıdır.

5.2. Yöntem

Alan çalışmasında izlenen yönetime ait akış şeması Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1. Tez alan çalışmasında izlenecek yöntem şeması

5.3. Verilerin Toplanması

Bu alt bölümde Eser Yeşil Binası'nın tez çalışması ile ilgili verileri toplanmaya çalışılmıştır. Yapının mimari projeleri, proje künyesi, simülasyon final raporu ve fatura verilerine Kalite ve İş Güvenlik Müdürü Metalurji Mühendisi Semih Öncül'den (Eser Holding) ulaşılmıştır. Bina ile ilgili diğer verilere kaynak olarak belirtilen internet, dergi ve makalelerden yararlanılarak ulaşılmıştır. Yerleşim verileri Google arazi uygulamasından; iklim verileri Devlet Meteoroloji İşleri resmi sitesinden [<http://www.mgm.gov.tr>] alınmıştır.

5.3.1. Eser Yeşil Binası'nın tanıtılması

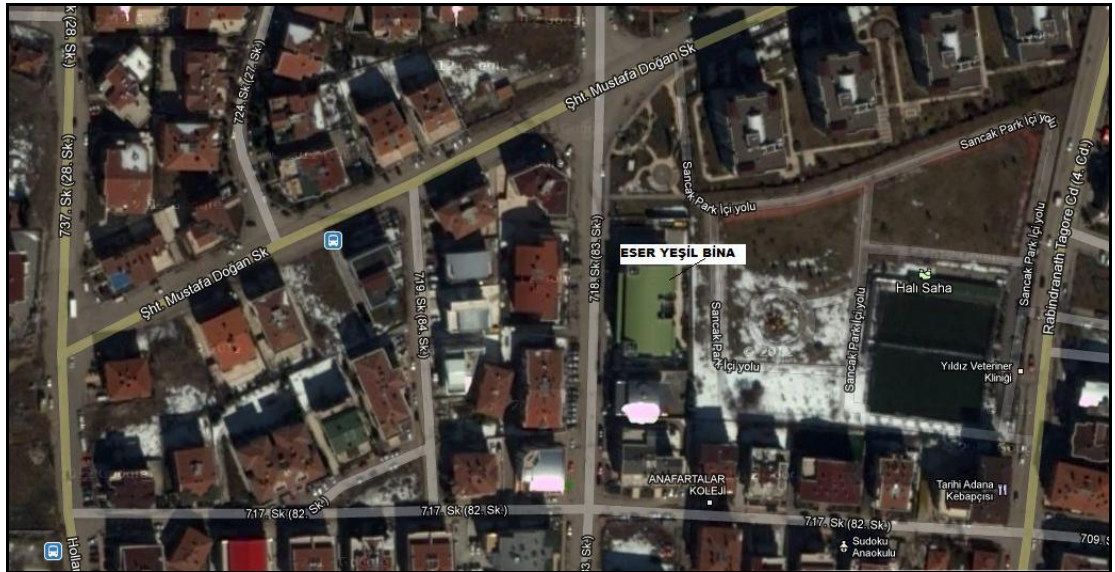
Tezin alan çalışmasında ele alınan Eser Yeşil Binası'nın seçilme nedenleri şunlardır:

- Tezin LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarını sorgulayan amacına uygun olarak binanın Türkiye'de uygulanmış bir örnek teşkil etmesi,
- LEED sertifikalandırma sisteminin en yüksek derecesi olan Platin sertifikasına sahip Türkiye'deki ilk örnek olması ve hala en yüksek puanlamaya sahip olan bina olması (Haziran 2013 verisi),
- LEED sertifikalandırma sisteminin verebileceği en yüksek puanlamada bile öngörülen enerji performansının, uygulamada sorunlar yaşanarak gerçekte gerçekleşemeyebileceğinin kanıtlanmak istenmesi.

Proje Künyesi:

Çizelge 5.1. Eser Yeşil Binası proje künyesi

Proje Künyesi	
Yapının Adı	Eser Holding Yönetim Binası
Konumlandığı Bölge	Ankara-Çankaya
Yapının Fonksiyonu	Ofis Binası
Kat Adedi	Giriş ve alt katlar dahil 7 kat
İnşaat Bitiş Yılı	2010
Yönlenmesi	Kuzey- Güney
Toplam Kapalı Alan	6971 m ² (Toplam otopark alanı: 1400 m ²) (Sirkülasyon dahil net ofis alanı: 4107 m ²) (Diğer mahal alanları: 1200 m ²)
Mimari Proje	Akun Mimarlık
Mekanik Proje	Bahri Türkmen Mühendislik
Elektrik Proje	K Mühendislik
Kullanılan Değerlendirme Metodu	LEED 2009
Kullanılan Değerlendirme Tipi	Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar
Sertifika Düzeyi	Platin
Sertifika Tarihi	14 Şubat 2011 [36]



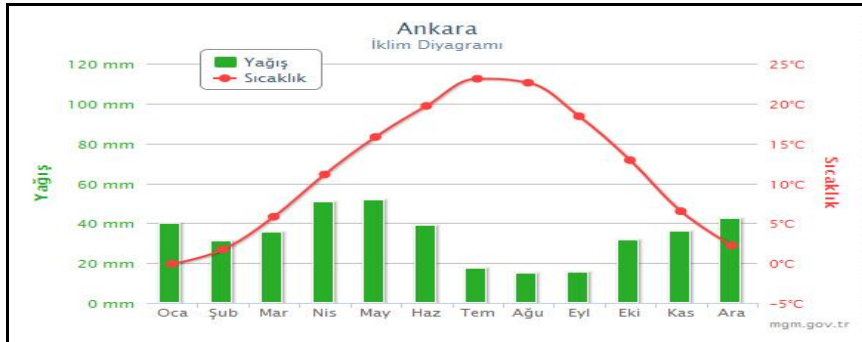
Resim 5.1. Eser Yeşil Binası yakın çevre uydu görüntüsü [45]



Resim 5.2. Eser Yeşil Binası arka perspektiften bir görünüşü [46]

Yerleşim, iklim ve işletim verileri:

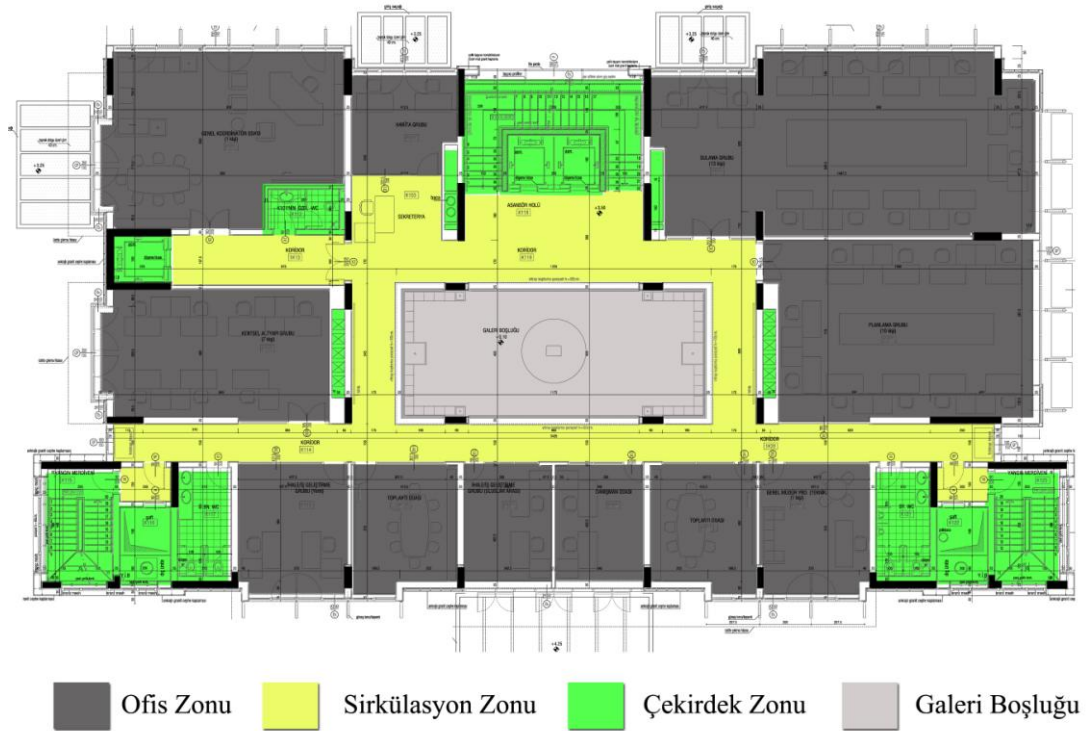
Eser Yeşil Binası, Ankara ilinin Çankaya semtinde Yıldızevler Mahallesi olarak adlandırılan mevkide konumlanmıştır. Bina arazisi, Şht. Mustafa Doğan Sokak'la 718. Sokak'ın kesiştiği alanda yer alır. Ankara'da kış kuru termometre sıcaklığı -12°C , yazın 33°C ; yazın yaş termometre sıcaklığı ise 22°C olabilmektedir. İç konfor sıcaklıkları kışın 22°C , yazın 24°C olarak tanımlanmıştır. Ankara'nın bulunduğu ılıman-kuru iklim bölgesinde gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı çok olmaktadır, ortalama sıcaklık $+30^{\circ}\text{C}$ ile -5°C arasında değişebilmektedir (Şekil 5.2). Bina ofis binası olarak işlevlendirildiği için, bina kullanıcıları tarafından günde 8 saat olmak üzere haftada 5 gün toplamda 40 saat kullanılmaktadır [47].



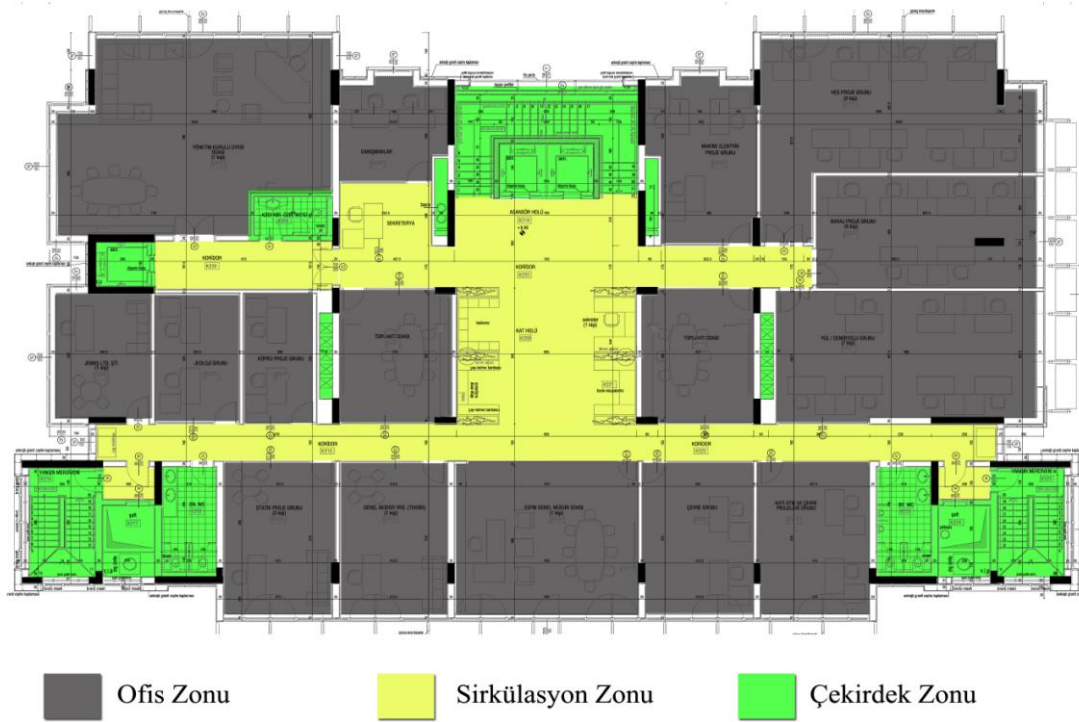
Şekil 5.2. Ankara iklim grafiği [48]

Mimari projesi:

Bina imar yönetmeliğine uygun olarak toplam yedi kat olmak üzere 6971 m² alana inşa edilmiştir. Bina kütlesi dikdörtgen prizma üzerine tonoz çatıdan oluşmaktadır, sadece sirkülasyon ve servis çekirdeklerinin üstü düz teras çatı olarak tasarlanmıştır. Yapı kütlesinde ara ara iki kat boyunca çıkmalar yapılarak cephelere hareketlilik kazandırılmıştır. Cephe malzemesi olarak sağır yüzeylerde granit cephe kaplaması, saydam yüzeylerde ise yarı reflekte ısı yalıtım özellikli low-e camlar seçilmiştir. Bina şeması bir ana sirkülasyon çekirdeği ve iki adet servis etrafında şekillenen hacimlerden oluşmaktadır. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de görüldüğü gibi binanın her katında 1 ana merdiven, 3 adet asansör, 2 adet yangın merdiveni ve toplam 4 tane tesisat şaftı vardır.



Şekil 5.3. Eser Yeşil Binası alan zonlaması (1. kat planı) (ölçeksizdir)



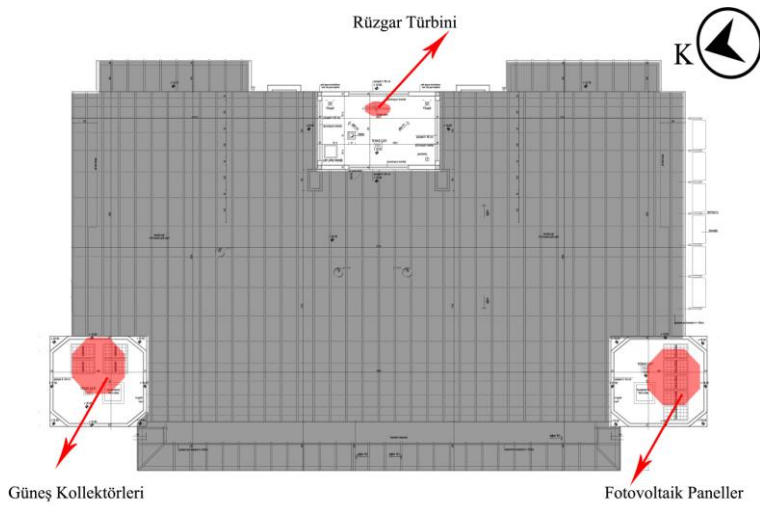
Şekil 5.4. Eser Yeşil Binası alan zonlaması (2. kat planı) (ölçeksizdir)

Bina içi mahaller kat bazında şöyle sıralanmaktadır [49]:

- -2 Bodrum: 51 araçlık kapalı otopark
- -1 Bodrum: Genel servis ve müştemilat hacimleri, konferans salonu (100 kişilik), sergi alanı, kafeterya, ofis ve depolar
- Zemin Kat: Giriş, galeri boşluklu ana hol, protokol girişi, kafe/bekleme salonu ve ofisler
- 1. Kat: Galeri boşluğu, küçük toplantı odaları ve ofisler
- 2. ve 3. Kat: Kat holü, küçük toplantı odaları, açık ve özel ofisler
- Çatı Katı: Kat holü, özel misafir odası, toplantı salonu ve özel ofisler

Bina kuzey-güney yönlenmesinde konumlandırılmıştır. Yola bakan geniş giriş cephesi batı yönünde, parka bakan diğer geniş cephesi ise doğu yönündedir. Bina cephelerini incelediğimizde; batı ve doğu cephelerinde dikey güneş kırıcı elemanların şeffaf yüzeyler arasına yerleştirildikleri görülmektedir (Resim 5.3).

Servis ve doğu cephesindeki ana merdiven çekirdeklerinin cepheye bakan tarafları şeffaf olarak tasarlanmış, üzerine delikli menfez cephe panelleri uygulanmıştır, böylece çekirdeklerin ışık alırken dışarıdan da görüntü olarak izole olması sağlanmıştır. Güneş toplayıcıları, fotovoltaik paneller ve küçük rüzgar türbini de bu şaftların teras çatılarına yerleştirilmiştir (Şekil 5.5). Güney cephesinde ise diğer cephelerden farklı olarak; servis çekirdeğinin çatısında, güneye bakan cephesinde ve saydam yüzeylerin üstünde yatay olarak uygulanmış aynı zamanda güneş kırıcı özellikte fotovoltaik paneller yer almaktadır. Ayrıca binanın -1 bodrum katındaki kafeteryanın cephesinde güneye konumlandığı için kış bahçesi ve limonluk tasarlanmıştır.



Şekil 5.5. Bina çatısına yerleştirilen aktif enerji sistemleri (ölçeksizdir)



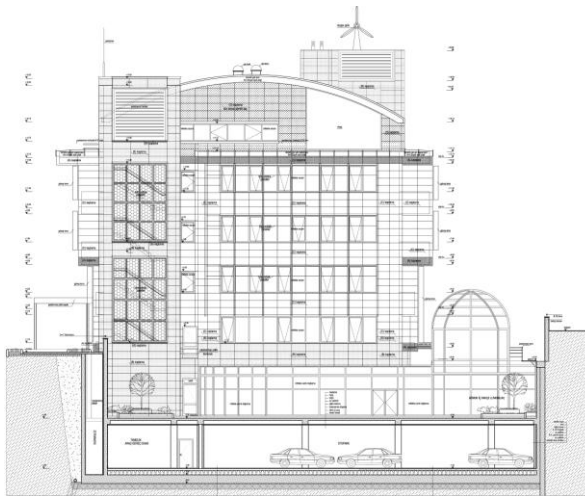
Resim 5.3. Binada uygulanan yenilenebilir enerji sistemleri [50]

Mekanik projesi:

Binanın enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynakları ile aktif sistemler birlikte çalışmaktadır. Binada enerji tasarrufu amaçlı bazı yenilenebilir enerji etkin sistemler (sıcak su için güneş toplayıcı, elektrik için rüzgar türbini ve fotovoltaik paneller), toprak kaynaklı ısı pompası, enerji depolama sistemleri ile mekanik elemanların birden çoğunun hibrit birleşimiyle ve otomasyon sistemleriyle bütünleştirilerek oluşturulan doğalgaz tahrikli üçüz üretim (tri-generation) sistemi uygulanmıştır. Binaın ısıtma ve soğutma ihtiyacı, bir ana yük CHP ve GSHP sistemi, doğalgazla çalışan üç kazan ve TES'ler tarafından karşılanmaktadır [51].



Şekil 5.6. Eser Yeşil Binası batı (ön) cephesi (ölçeksizdir) [52]



Şekil 5.7. Eser Yeşil Binası güney (sağ yan) cephesi (ölçeksizdir) [52]

5.3.2. LEED kapsamında değerlendirilmesi ve enerji performansı ile ilgili hedeflenenlerin analizi

Eser Yeşil Binası; LEED sürdürülebilir sertifikalandırma sistemi tarafından başvuru üzerine değerlendirilmiş ve 14 Şubat 2011 tarihinde derecelendirilmiştir. Bina sistemden 92 puan alarak, Platin (Platinum) derecesinde sertifikaya sahip olmuştur. Bina halen (Ekim 2013 itibariyle) ülkemizde en üst derece olan Platin sertifikasına sahip üç binadan biridir.

Bu alt bölümde Eser Yeşil Binası'nın üç farklı alt başlık altında LEED kapsamında değerlendirilmesi ve enerji performansı ile ilgili hedeflenenlerin analizi yapılmıştır. Bu alt başlıklar şunlardır:

- Binanın tasarım sürecinde enerji performansını arttırmaya yönelik hedefler
- Binanın LEED performans kategorilerine göre hedefleri ve puan analizleri
- Binada uygulanan enerji performansı ile ilgili sistemlerin kullanım amaçları ve LEED hedefleri

Binanın tasarım sürecinde enerji performansını arttırmaya yönelik hedefler:

Eser Yeşil Binası'nın tasarım sürecinde hazırlanan raporda binanın enerji performansını arttırmaya yönelik hedefler şöyle belirlenmiştir [53]:

- LEED 2009-NC sürümünün gerekliliklerini 'Altın' derecesinde sertifika alacak şekilde karşılamak,
- Çevreye duyarlı, doğa dostu sistemlerin "Yeşil Bina" kapsamında birlikte kullanılmasını sağlayarak düşük karbon salımı üreten bir bina ortaya çıkartmak,
- Modern mimari tasarımında gelişmiş HVAC ve elektrik sistemlerini içeren performansı yüksek enerji etkin bir bina tasarlamak,
- Binanın elektrik ihtiyacını mümkün olduğu kadar yenilenebilir enerji sistemlerinden (güneş ve rüzgar) faydalanarak karşılamak,

- Güneşe yönelimi arttıran, gölgelendirme elemanlarını içeren pasif bina tasarımıyla optimum enerji etkinliğini sağlamak,
- International Plumbing Code- EAct of 1992 hesapları referans alınarak binanın su kullanımında en az %40 oranında tasarruf sağlamak.
- ASHRAE 90.1-2007 standardının enerji etkin gerekliliklerini en az %30 oranında sağlamak ve binanın enerji simülasyonunu modelleyerek sonuçları somutlaştırmak,
- Projede Türk standardı TS 825'in gerekliliklerini yerine getirmek,
- Aydınlatma sistemlerini ASHRAE 90.1-2007 standardına uygun enerji tasarruflu ekipmanlardan seçmek,
- Son model HVAC ekipmanlarını mümkün olduğu kadar kullanmak (güneş panelleri, trijenerasyon sistemi, toprak kaynaklı ısı pompası, ısı depolama sistemleri, su soğutuculu VRV sistemleri vb.)
- Yüksek verimli HVAC ekipmanlarını ASHRAE standardında belirlenen enerji etkin gerekliliklerin %10 veya daha fazlasını karşılayacak şekilde oluşturmak,
- Tasarlanan yüksek enerji verimli binayla enerjiye olan ihtiyacı azaltmak; bina yalıtımı, şeffaf yüzey, HVAC ekipmanları seçimini bu doğrultuda yapmak,
- Enerji etkin olmayan hiçbir ekipmanı binada kullanmamak,
- Sistemleri sensörlü ekipmanlardan oluşturarak enerji tasarrufu sağlamak,
- HVAC ve aydınlatma sistemlerini ölçüm ve izlemeye almak, sistemlerin birbiri arasında otomasyonunu sağlamak,
- Doğal aydınlatmadan mümkün olduğu kadar yararlanmak, yüksek pencereler ve ışık tüpleriyle günışığını iç mekanlarda arttırmak,
- ASHRAE standardına oranla %30 daha fazla iç mekanlarda havalandırma sağlamak,
- Elektrik kesintisinde ofis aydınlatmalarının ve enerji ihtiyacının %100'ünü karşılayacak yeterlilikte jeneratörler kullanmak,
- İç aydınlatma ekipmanlarında Türk standardı TS EN 12464'deki gereklilikleri sağlamak,
- Sistemleri anlatan komisyon raporu oluşturmak,
- Ekipmanların periyodik bakımını bina işletim süresi boyunca yapmak.

Binanın LEED performans kategorilerine göre hedefleri ve puan analizleri:

Bu alt başlıkta Eser Yeşil Binası'nın LEED sertifikalandırma sistemi performans kategorilerindeki değerlendirme ölçütleri için binada uygulananlara yönelik elde edilen verilere değinilmiş ve sistemden kazanılan puanların Çizelge 5.2-5.8'de görülen tabloları hazırlanmıştır. Bina'nın her performans kategorisi altındaki değerlendirme ölçütlerinden tek tek kaç puan aldığı ve toplamda kaç puan alarak LEED Platin seviyesindeki sertifikaya ulaştığı incelenmiştir.

'Sürdürülebilir Arazi' Performans Kategorisi [54]:

- Katı atıklar inşaat sürecinde depolanmış ve %88'i geri dönüşüme kazandırılmıştır.
- Çevredeki sosyal alanların ulaşım mesafesi dikkate alınmış, bireysel araç kullanımını azaltmak için yürüme mesafesinde otobüs duraklarının olması puan kazandırmıştır.
- Toplam çalışanların %6'sına karşılık gelecek şekilde bisiklet park yeri yapılmıştır.
- Toplam çalışanların %6'sına karşılık gelecek şekilde duş alanları sağlanmıştır.
- Düşük salımlı araçlar için toplam park yeri kapasitesinin %8'i ayrılmıştır.
- Toplam inşaat arazisinin %52'i yeşillendirilmiş, %31'i ise bitkilendirilmiştir.
- Işık kirliliğine yol açmamak için dış aydınlatma yapılmamıştır.
- Toplam park alanının %94'ü toprak alt kotuna konumlandırılarak arazi üstündeki ısı adası giderilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 5.2. 'Sürdürülebilir Arazi' performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	'Sürdürülebilir Arazi' Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
SSp1	İnşaat Sürecinde Oluşan Kirliliğin Önlenmesi	Önkoşul
SSc1	Arazi Seçimi	1 / 1
SSc2	Gelişme Yoğunluğu ve Toplum Bağlantısı	5 / 5

Çizelge 5.2. (Devam) ‘Sürdürülebilir Arazi’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

SSc3	Terkedilmiş Endüstriyel Alanların Yeniden Kullanılması	0 / 1
SSc4.1	Alternatif Ulaşım; Toplu Taşıma	6 / 6
SSc4.2	Alternatif Ulaşım; Bisiklet Park Alanları ve Soyunma Odaları	1 / 1
SSc4.3	Alternatif Ulaşım; Düşük Emisyonlu ve Yakıt Tasarruflu Araçlar	3 / 3
SSc4.4	Alternatif Ulaşım; Park Kapasitesi	2 / 2
SSc5.1	Arazi Gelişimi; Doğal Yaşamın Korunması ve Geliştirilmesi	1 / 1
SSc5.2	Arazi Gelişimi; Açık Alanların Arttırılması	1 / 1
SSc6.1	Yağmur Suyu; Miktar Kontrolü	1 / 1
SSc6.2	Yağmur Suyu; Kalite Kontrolü	1 / 1
SSc7.1	Çatısı Olmayan Yerlerde Isı Adası Etkisi	1 / 1
SSc7.2	Çatısı Olan Yerlerde Isı Adası Etkisi	1 / 1
SSc8	Işık Kirliliğinin Azaltılması	1 / 1
Toplam Kazanılan Puan		25 / 26

‘Suyun Verimli Kullanımı’ Performans Kategorisi [54]:

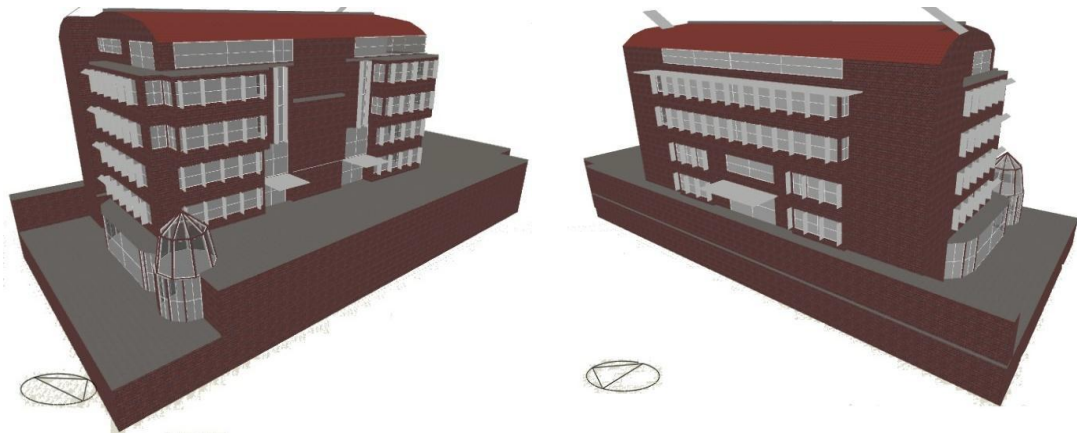
- ‘Yağmur Suyu Planı’ yapılarak şebekeye verilen atık su yükü azaltılmıştır.
- Bahçe düzenlemesinde az su tüketen bitkiler seçilmiştir.
- Su tasarrufu sağlamak adına ıslak hacimlerde sensörlü armatürler, susuz pisuarlar ve çift sifonlu tuvaletler kullanılmıştır.

Çizelge 5.3. ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	‘Suyun Verimli Kullanımı’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
WEp1	Su Kullanımının Azaltılması	Önkoşul
WEc1	Su Verimli Peyzaj	4 / 2-4
WEc2	Gelişmiş Atık Su Teknolojileri	2 / 2
WEc3	Su Kullanımının Azaltılması	4 / 2-4
Toplam Kazanılan Puan		10 / 10

‘Enerji ve Atmosfer’ Performans Kategorisi:

- LEED sisteminden puan almak adına mekanik sistemlerin yanında, küçük ve az sayıda birkaç yenilenebilir sistem (çatıda 4 adet güneş toplayıcı, 1 adet rüzgar türbini, cephede ve çatıda fotovoltaiik paneller) uygulanmıştır.
- LEED sertifikalandırma sisteminde incelenen binanın enerji performans hesaplaması, Enerji ve Atmosfer performans kategorisindeki ‘EAc1-Enerji Performansının Optimize Edilmesi’ başlıklı değerlendirme ölçütü üzerinden yapılarak değerlendirilir, referans bina baz alınarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılır ve iyileştirme oranına göre 1-19 arası puan verilir. LEED sistemindeki bu değerlendirme ölçütü, sürdürülebilirliğin ‘Enerji Korunumu’ ilkesindeki ölçütlerin sonuçlarının görülebildiği en etkin değerlendirme ölçütüdür. Ölçütün amacı, binanın enerji etkinlik seviyesini en üst düzeye çıkararak minimum enerjiyle maksimum verim elde etmektir. Dolayısıyla binanın gerçek anlamda enerji performansını belirleyen bu ölçüttür. Bu değerlendirme ölçütüne uygun olarak Eser Yeşil Binası’nın enerji modelleme simülasyonu yapılmış (Şekil 5.8) ve gerekli analiz raporları hazırlanmıştır.



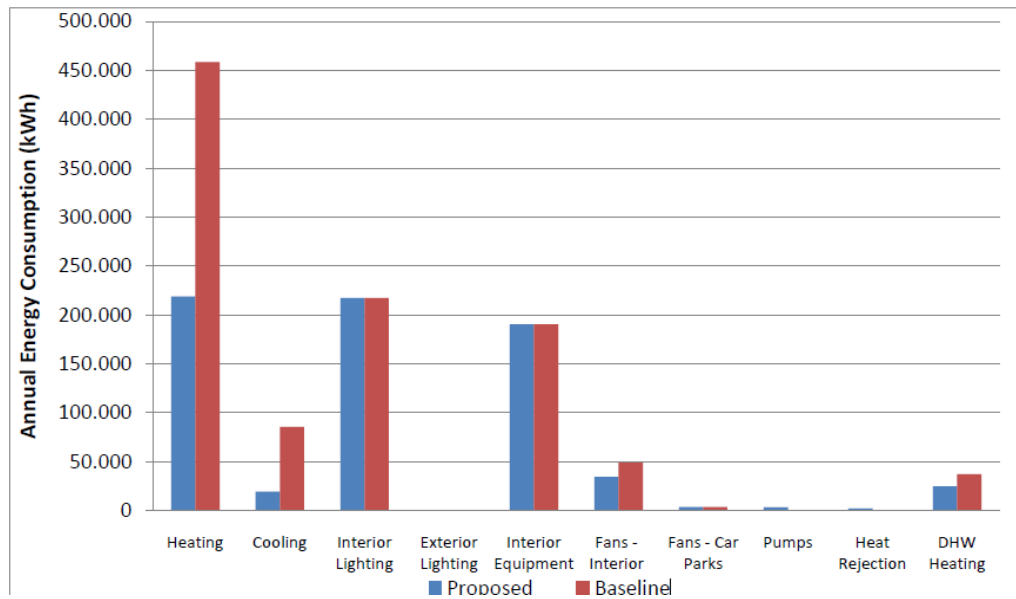
Şekil 5.8. Bina enerji modellemesinden perspektif görüşler [47]

- Bu simülasyonda tasarlanan binada mekanik ve yenilenebilir sistemlerin kWh değerlendirme analizi yapıp, referans alınan binaya göre enerji tüketimleri

karşılaştırılmıştır ve %6,5 enerji tasarrufu sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5.9, Şekil 5.10).

End Use	Energy Type	Proposed Building Energy kWh	Proposed Building Peak kW	Baseline Building Energy kWh	Baseline Building Peak kW	Optimized Energy Performance %
Heating	Natural Gas + Electricity	218.877	322,8	458.400	996,0	52,3%
Cooling	Electricity	19.564	32,4	85.770	139,3	77,2%
Interior Lighting	Electricity	217.484	66	217.431	66,4	0,0%
Exterior Lighting	Electricity	0	0	0	0	
Interior Equipment	Electricity	190.375	56	190.375	56	0,0%
Fans - Interior	Electricity	34.497	40,5	49.195	67	29,9%
Fans - Car Parks	Electricity	3.667	1,9	3.667	1,9	0,0%
Pumps	Electricity	3.377	13	211	12	-1502,2%
Heat Rejection	Electricity	2.374	3	0	0	
DHW Heating	Electricity	25.135	15	37.083	15	32,2%
CHP Generator	Natural Gas	762.501		0		
CHP Electricity Produced	Electricity	-211.721		0		
CHP Heat Recovered	Natural Gas	-275.804		0		
Wind Electricity	Electricity	-2.859		0		
PV Electricity	Electricity	-5.704		0		
Solar Water Heaters	Natural Gas	-7.869		0		
Net Building Consumption		973.892		1.042.132		6,5%

Şekil 5.9. Tasarlanan binanın referans alınan binaya göre enerji tüketimi karşılaştırma tablosu [47]



Şekil 5.10. Tasarlanan binanın referans alınan binaya göre enerji tüketimi karşılaştırma grafiği [47]

- Şekil 5.11’de görülen %32,2 oranındaki maliyet iyileştirme hesaplaması ile ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisindeki EAc1 no’lu ‘Enerji Performansının Optimize Edilmesi’ başlıklı değerlendirme ölçütünden 19 puan üzerinden 14 puan alınmıştır.

Energy Type	Baseline Cost-\$ (0°)	Baseline Cost-\$ (90°)	Baseline Cost-\$ (180°)	Baseline Cost-\$ (270°)	Baseline Building Performance
Electricity	92.476,7	91.666,9	93.156,8	92.030,9	92.332,9
Natural gas	18.871,2	17.989,9	19.346,0	18.123,2	18.887,2
Total	111.347,9	109.656,8	112.502,8	110.154,1	111.220,1

Energy Type	Proposed Building at Original Orientation
Electricity	48.835,6
Natural gas	26.592,7
Total	75.428,2

The Performance rating of the building is calculated as follows:

The performance rating of a building as per Appendix G is given by equation (1)

$$PRM = (1 - DEC/ECB) \times 100 \quad \text{----- (1)}$$

So,

PRM = (1 - \$75.428/\$ 111.220) X100 = 32,2%

Şekil 5.11. Tasarlanan binanın referans bina üzerinden yapılan maliyet iyileştirme oranı hesaplaması [47]

- Binada enerji izleme, ölçme ve modelleme cihazları otomasyon sistemine bağlanarak alınan verilerle cihazların ve sistemlerin verimlilikleri, metrekare başına enerji tüketimi, kişi başına su tüketimi gibi değerler izlenmektedir. Bu amaçla tesisat sistemlerinin belirli yerlerine enerji analizörleri, sıcaklık, basınç sensörleri, hava kalite duyar elemanları, gaz ve su sayaçları, kontrol sistemleri konulmuştur [49].

Çizelge 5.4. ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	‘Enerji ve Atmosfer’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
EAp1	Bina Enerji Sistemlerinin Temel İşletmeye Alınması	Önkoşul
EAp2	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul
EAp3	Temel Soğutma Yönetimi	Önkoşul
EAc1	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	14 / 1-19
EAc2	Sahada Yenilenebilir Enerji	1 / 1-7
EAc3	Gelişmiş Heyet	2 / 2
EAc4	Gelişmiş Soğutma Yönetimi	2 / 2
EAc5	Ölçüm ve Sağlama	3 / 3
EAc6	Yeşil Güç	2 / 2
Toplam Kazanılan Puan		24 / 35

‘Malzeme ve Kaynaklar’ Performans Kategorisi [54]:

- Malzeme seçimlerinde, malzemelerde en yakın bölgeden temin edilen yerli ürün kullanımı ve geri dönüşümlü özelliği olması aranmıştır.
- Mümkün olduğunca yerel malzeme seçilmiş, böylece naklieleri sırasında daha az enerji maliyeti sağlanmış ve hava kirliliğine etkiler azaltılmıştır.
- Uzun vadede insan sağlığını etkilememek adına, yüzey kaplama malzemeleri ve boyalarda uçucu organik birleşen içermeyen özellikte olanlar tercih edilmiştir.
- Geri dönüşümlü kaynak kullanımına önem verilmiş ve betonda %75, tuğlada %70, çelikte %60, camda %20 ve yalıtımda %65 oranlarında sağlanabilmektedir.
- İnşaat sırasında ortaya çıkan atıkların tekrar kullanımını veya geri dönüşümünü sağlamak için, ‘İnşaat Atık Yönetim Planı’ hazırlanmıştır.
- Binadaki katlara kağıt, plastik ve cam atıklarının toplanması amacıyla geri dönüşüm kutuları koyulmuştur.
- Çatı kaplaması yazın güneş ışığını yansıtacak şekilde seçilerek, yazın soğutma yükünü azaltmak hedeflenmiştir.

Çizelge 5.5. ‘Malzeme ve Kaynaklar’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	‘Malzeme ve Kaynaklar’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
MRp1	Geri Dönüştürülebilir Malzemelerin Toplanması ve Depolanması	Önkoşul
MRC1.1	Duvar, Çatı, Zemin Malzemelerinin Yeniden Kullanılması	0 / 1-3
MRC1.2	Bina Malzemelerinin Yeniden Kullanımı; İç Mekanda Strüktürel Olmayan Malzemeler	0 / 1
MRC2	İnşaat Atık Yönetimi	2 / 1-2
MRC3	Malzemelerin Yeniden Kullanımı	2 / 1-2
MRC4	Geri Dönüştürülebilir İçerikli Malzeme	2 / 1-2
MRC5	Yerel Malzeme	2 / 1-2
MRC6	Hızlı Geri Dönüştürülebilir Malzemeler	0 / 1
MRC7	Sertifikalı Ahşap Kullanımı	0 / 1
Toplam Kazanılan Puan		8 / 14

‘İç Mekan Hava Kalitesi’ Performans Kategorisi [54]:

- Aydınlatma kalitesini sağlamak adına, bina yüzey alanının %44’ü saydam yüzeylerden oluşmuştur. Ofis alanlarının ise %98’i direkt dış alan manzarasına sahip olarak tasarlanmıştır.
- ASHRAE standardına oranla %30 daha fazla iç mekanlarda havalandırma sağlanmıştır.
- Yapay aydınlatmada ise enerji verimliliği sensörlü yüksek armatürlerle sağlanmıştır. Elektrik motorları EFF1 tipte seçilmiş, iklimlendirme sistemlerinin verimli biçimde işletilmesine olanak verecek şekilde bina otomasyon sistemi ve elektrik tesisatı projelendirilmiştir [49].

Çizelge 5.6. ‘İç Mekan Hava Kalitesi’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	‘İç Mekan Hava Kalitesi’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
EQp1	İç Ortam Hava Kalitesi Performansının Optimize Edilmesi	Önkoşul
EQp2	Duman Kontrolü	Önkoşul
EQc1	Dış Ortam Hava Dağılımının İzlenmesi	1 / 1
EQc2	Yüksek Düzeyde Havalandırma	1 / 1
EQc3.1	İnşaat Sürecinde İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı	1 / 1
EQc3.2	Yerleşim Öncesi İç Ortam Hava Kalitesi Yönetim Planı	1 / 1
EQc4.1	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Yapıştırıcı ve Dolgu Malzemeleri	1 / 1
EQc4.2	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Boya ve Kaplamalar	1 / 1
EQc4.3	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Zemin Kaplamaları	1 / 1
EQc4.4	Düşük Emisyonlu Malzemeler; Kompozit Ahşap ve Lifli Ürünler	0 / 1
EQc5	İç Ortam Kimyasal ve Kirleticilerin Kontrolü	1 / 1
EQc6.1	Sistemlerin Kontrolü; Aydınlatma	1 / 1
EQc6.2	Sistemlerin Kontrolü; Termal Konfor	0 / 1
EQc7.1	Termal Konfor Tasarımı	1 / 1
EQc7.2	Termal Konfor Kontrolü	1 / 1
EQc8.1	Gün Işığı	1 / 1
EQc8.2	Manzara	1 / 1
Toplam Kazanılan Puan		13 / 15

‘Tasarımda Yenilik’ ve ‘Yerel Öncelik’ Performans Kategorileri [54]:

- Yerel malzeme kullanımına önem verilerek, projede kullanılan malzemelerin %44’ü 800 km.’lik bir alandan sağlanmıştır.

Çizelge 5.7. ‘Tasarımda Yenilik’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	‘Tasarımda Yenilik’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
IDc1	Tasarımda Yenilik	5 / 1-5
IDc2	LEED Akredite Uzmanı	1 / 1
Toplam Kazanılan Puan		6 / 6

Çizelge 5.8. ‘Yerel Öncelik’ performans kategorisinden kazanılan puanlar

Ölçüt No	‘Yerel Öncelik’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
EAc1	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	1 / 1
EAc3	Gelişmiş Heyet	1 / 1
EAc5	Ölçüm ve Sağlama	1 / 1
WEc1	Su Verimli Peyzaj	1 / 1
WEc2	Gelişmiş Atık Su Teknolojileri	1 / 1
WEc3	Su Kullanımının Azaltılması	1 / 1
Toplam Kazanılan Puan		6 / 4

- Binaya bu değerlendirmeler doğrultusunda USGBC tarafından, toplamda 80 üstünde puan aldığı için (Çizelge 5.9) LEED Platin seviyesindeki sertifika verilmiştir.

Çizelge 5.9. Tüm performans kategorilerinden toplam kazanılan puan

Tüm Performans Kategorilerinden Toplam Kazanılan Puan	92 / 110
---	----------

Binada uygulanan enerji performansı ile ilgili sistemlerin kullanım amaçları ve LEED hedefleri:

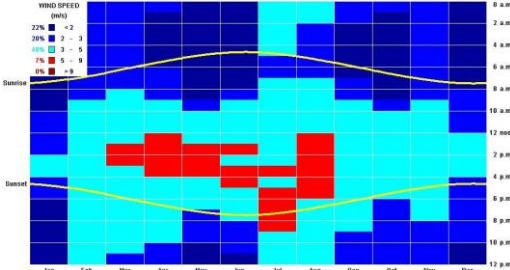
Alan çalışmasında LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sonuçları ve karşılaşılan sorunları Eser Yeşil Binası üzerinden sorgulanırken ele alınan sistemlerin kullanım amaçları ve LEED kapsamında öngördüğü hedefleri beş alt başlık altında Çizelge 5.10-5.14 hazırlanarak analiz edilmiştir. Bu alt başlıklar şunlardır:

- A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler
- B- HVAC sistemleri
- C- Aydınlatma sistemleri
- D- Su geri kazanım sistemleri
- E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu

Çizelge 5.10. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde hedefler

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler- Fotovoltaik paneller	
Amaçlar- Hedefler	Fotovoltaik paneller <u>Kullanım amacı:</u> - İşletim için bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan güneş enerjisinden faydalanarak elektrik enerjisi üretmek, bina ihtiyacı için kullanmak [52]. - Acil durum aydınlatmalarını sağlamak [52]. <u>LEED hedefleri:</u> - Doğaya dost enerji üretimiyle binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' ve EAc2 no'lu 'Sahada Yenilenebilir Enerji' adlı değerlendirme ölçütlerinden puan kazanmak hedeflenmiştir. - Şekil 5.12'de görülen simülasyon raporu için hazırlanmış grafik incelendiğinde Ankara ilinde tüm yılın %7'sinde güneş ışınlamından enerji kazancı sağlamak için çok iyi verim, %14'ünde ise iyi verim alınabildiği görülmektedir. Güneşten yararlanılan sistemlerin sonuçlarının kötü olmayacağı düşünülmüştür [47]. - Fotovoltaik panellerin 8 kWh elektrik kazancı sağlaması hedeflenmiştir [53]. Simülasyon modellemesinde hesaplanan saatlik enerji ise 5,7 kWh'dır [55] (Şekil 5.13). - Fotovoltaik panellerin enerji kazancının az olacağı bilindiğinden, uygulama esasen binaya dıştan bakıldığında yeşil bina olduğu anlaşılсын diye sembolik olarak uygulanmıştır [56].
	Resim 5.4. Bina çatısında kullanılan fotovoltaik paneller [49]  Şekil 5.12. Ankara'da saatlik ölçülen güneş ışınlamının aylık dağılım grafiği [47] Şekil 5.13. Binada kullanılan rüzgar türbini ve fotovoltaik panellerden elde edilen saatlik enerji grafiği [47] 

Çizelge 5.10. (Devam) Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde hedefler

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler- Güneş toplayıcıları- Rüzgar türbini	
Amaçlar- Hedefler	Güneş toplayıcıları <u>Kullanım amacı:</u> - İşletim için bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan güneş enerjisinden faydalanarak sıcak su üretmek ve bu sıcak suyu bina kullanım suyu ihtiyacı için kullanmak [52]. - Isıtma için kullanılacak enerjiyi azaltmak [52]. <u>LEED hedefleri:</u> - Doğaya dost enerji üretimiyle binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' ve EAc2 no'lu 'Sahada Yenilenebilir Enerji' adlı ölçütlerden puan kazanmak hedeflenmiştir. - %100 verimle çalışması ve 12 kWh'lık kapasitede uygulanması hedeflenmiştir [47]. - Simülasyon modellemesinde hesaplanan saatlik enerji 7,869 kWh'dır [47]. - Fazla sayıda kullanılması boru ve işçilik maliyetini arttıracığından, çatıda da yeterli yer olmamasından sadece 4 adet uygulanması yeterli görülmüştür [57].
	Rüzgar türbini <u>Kullanım amacı:</u> - Rüzgar enerjisinden elektrik üreterek binada kullanılmasını sağlamak [52]. <u>LEED hedefleri:</u> - Doğaya dost enerji üretimiyle binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' ve EAc2 no'lu 'Sahada Yenilenebilir Enerji' adlı ölçütlerden puan kazanmak hedeflenmiştir. - Şekil 5.14'de görülen simülasyon raporu için hazırlanmış grafik incelendiğinde Ankara ilinde tüm yılın sadece %7'sinde rüzgar hızından enerji kazancı sağlamak için iyi verim alınabildiği görülmektedir. Eğer rüzgar türbininden elde edilen verim beklentisi düşükse bu zaman %40'lara kadar çıkabilmektedir [47].  Şekil 5.14. Ankara'da saatlik ölçülen rüzgar hızının aylık dağılım grafiği [47] - Rüzgar türbini uygulamasının 4.1 kWh elektrik kazancı sağlaması hedeflenmiştir [53]. Simülasyon modellemesinde hesaplanan saatlik enerji ise 2859.9 kWh'dır [47]. - Rüzgar türbininden sağlanacak elektrik enerjisi kazancının az olacağı bilindiğinden, uygulama esasen binaya dıştan bakıldığında yeşil bina olduğu anlaşılsın diye sembolik olarak uygulanmıştır [56].

Çizelge 5.11. HVAC sistemlerinde hedefler

B- HVAC sistemleri	
Amaçlar- Hedefler	<u>Kullanım amacı:</u> - Kojenerasyon ünitesi: Doğalgaz kullanarak doğayla dost temiz elektrik ve ısı üretmek, üretilen ısı ve elektriği bina ihtiyacında kullanmak, ABS'nin ihtiyaç duyduğu ısıyı temin etmek, elde edilen elektrik ile öncelikle ısı pompası ve absorpsiyonlu chiller ünitesinin enerji ihtiyacını karşılamak (Resim 5.6) [52]. - Yoğuşmalı paralel bağlı 3 adet kazan: Yüksek verimlilikte az doğalgaz tüketimiyle binanın ısıtma ihtiyacını karşılamak. İhtiyaç kadar ısıtma yaparak doğal kaynakları verimli biçimde kullanmak (Resim 5.5) [52].
	Resim 5.5. Bina teshin merkezi [36] - Absorpsiyonlu Chiller (ABS): Isı deposunda üretilen fazla ısıyı soğutmak (ısı tahrikli soğutma), yazın soğutma amaçlı kullanmak, mevcut kaynakları verimli biçimde kullanarak gaz salımlarını düşürmek [52]. - Soğutma (ekserji) ve ısıtma tankları: Elde edilen soğuk veya sıcak suyun depolanarak gereken yerlerde kullanılmasını sağlamak, enerji sarfiyatını azaltmak [52]. - 5 adet toprak kaynaklı ısı pompası: Toprak altındaki sabit ısıyı kullanarak, yazın soğuk kışın sıcak su elde etmek. Çok düşük maliyette sıcak-soğuk su üretilmesi sağlayarak bina ısıtma ve soğutmasına katkı sağlamak (Resim 5.7) [52].



Resim 5.5. Bina teshin merkezi [36]



Resim 5.6. Kojenerasyon ünitesi [52]



Resim 5.7. Toprak kaynaklı ısı pompaları [52]

- Buz Tankı: Gündüz çok sıcak dönemlerde düşük gece tarifelerinden yararlanmak ve termal verimi yükseltmek için gece buz depolaması yapmak, depolanan enerjiyi pik yüklerde kullanarak enerji tasarrufu sağlamak [52].
- İklimlendirme sistemi: Binanın ısıtılmasını ve soğutulmasını kat ve bölge bazında alternatif kullanım imkanı vererek sağlamak, hava kalitesini optimuma getirmek [52].

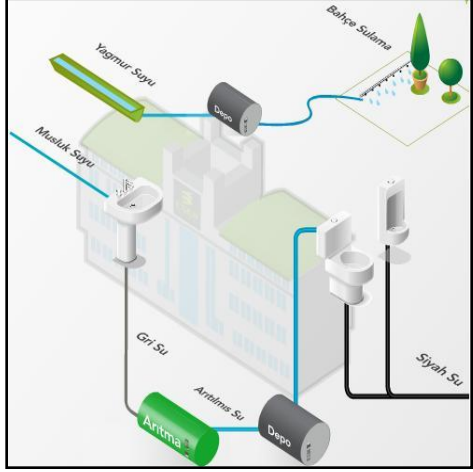
Çizelge 5.11. (Devam) HVAC sistemlerinde hedefler

B- HVAC sistemleri	
Amaçlar- Hedefler HVAC sistemleri	Şekil 5.15. Bina yaz- kış enerji tüketim grafiği [46] Şekil 5.16. Bina yaz- kış enerji işletim şeması [46] <u>LEED hedefleri:</u> - Binanın ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplariken dış iklim verilerinden yararlanmak için Ankara’da saatlik ölçülen sıcaklığın aylık dağılım grafiğinden yararlanılmıştır. Şekil 5.17’de görüleceği üzere yılın sadece %9’unda konfor sıcaklığının 24 C°’nin üstüne çıktığı, yılın %68’inde ise konfor sıcaklığı 22C°’nin altına inildiği görülmüştür. Grafikte ayrıca yaz aylarında Ankara ilinin gece ve gündüz sıcaklık farklılıklarının fazla olduğu görülmektedir [47]. - Doğaya dost enerji üretimi ve yüksek enerji performansı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no’lu ‘Enerji Performansının Optimize Edilmesi’ adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak hedeflenmiştir. Şekil 5.17. Ankara’da sıcaklığın aylık dağılım grafiği [47] - Mekanik sistemler yüksek verimlilik sağlayacak şekilde bütünleştirilmiştir [58]. Sistemlerin birbiri ile bağlantıları optimum biçimde sağlanarak tüm sistemin ömrü boyunca yüksek verimlilikte çalışması hedeflenmiştir [52]. - Karbondioksit salımlarının %70 oranında azaltılması düşünülmüştür [58]. - ASHRAE 90.1’de öngörülen taze hava miktarının %30 fazlasına göre iç hava kalitesi arttırılmıştır [52].

Çizelge 5.12. Aydınlatma sistemlerinde hedefler

C- Aydınlatma sistemleri- Işık tüpleri- Güneş kırıcıları	
Amaçlar- Hedefler	Işık tüpleri <u>Kullanım amacı:</u> - Güneş ışığından yararlanarak ek bir kaynağa bağlı olmaksızın gündüz karanlık olan bölgelerin aydınlatılmasını sağlamak (Resim 5.8) [52]. - Işık tüplerinde güneş ışınımı çatıdaki yarı saydam yayıcıya ulaştıktan sonra içi yansıtıcı özellikteki silindirik transfer borusundan uygulandığı mekana iletilmektedir. Böylece doğal aydınlatmanın olmadığı veya yetersiz kaldığı hacimlerde doğal aydınlatma sağlanır veya verimi artırılır, bakım gerektirmemektedir.  Resim 5.8. Işık tüplerinin çatıdan ve iç mekandan görünüşü [49, 36] <u>LEED hedefleri:</u> - Doğaya dost enerji üretimiyle binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak hedeflenmiştir. - Karbon salınımı azdır, çevre dostu üründür. - Homojen bir aydınlatma sağlar. - Gündüz aydınlatma için kullanılacak enerji tüketimini azaltır.
	Güneş kırıcıları <u>Kullanım amacı:</u> - Yazın fazla güneş ışığının iç mekanlara girmesini engelleyerek gölgelendirme sağlamak, güneşten ısı kazancının önüne geçmek, binanın soğutma yüklerini azaltarak enerji tasarrufu sağlamak. <u>LEED hedefleri:</u> - Bina nın çevresel faktörler konusunda duyarlı olmasını sağlamak amacıyla güneşten ısı kazancını azaltarak bina kabuğunun enerji performansını yükseltmek ve LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak hedeflenmiştir. - İç mekanlarda kullanıcı konforunu optimize etmek amaçlanmıştır.

Çizelge 5.13. Su geri kazanım sistemlerinde hedefler

D- Su geri kazanım sistemleri	
Amaçlar- Hedefler	<u>Kullanım amacı:</u> - Yağmur suyu toplama ve yeniden kullanma sistemi: Bina arazisi üzerine düşen fazla yağmur suyunu toplayarak bahçe sulamasında kullanmak [52]. - Gri su geri kullanma sistemi: Lavabolarda ve duşlarda kullanılan suyun arıtılarak tekrar tuvalet rezervuarlarında kullanmak [52]. <u>LEED hedefleri:</u> - Şekil 5.18’de görüleceği üzere yağmur suyu toplanıp depolanarak bahçe sulamada kullanılırken; lavabolarda kullanılan gri su ise toplanıp arıtılarak klozet rezervuarlarda değerlendirilerek belli bir miktar tasarruf sağlanacaktır [52].
	 Şekil 5.18. Bina su sistem şeması [46] - Binanın çevresel faktörler konusunda duyarlı olmasını sağlamak amacıyla; yağmur suyu toplama ve yeniden kullanma sistemi ile gri su arıtma ve kullanma sistemi tasarlanarak, LEED sistemindeki ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinden puan kazanmak hedeflenmiştir. - Şehir şebeke suyu sarfiyatını azaltmak adına yapılan uygulamalarla binada %25 su tasarrufu hedeflenmiştir [52]. - ‘Yağmur Suyu Planı’ yapılarak şebekeye verilen atık su yükünün azaltılması hedeflenmiştir [54].

Çizelge 5.14. Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde hedefler

E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu- Dış şeffaf cephe malzemesi- Dış cephe izolasyonu		
Amaçlar- Hedefler	Dış şeffaf cephe malzemesi	<u>Kullanım amacı:</u> - Bina enerji performansı açısından yapı kabuğunun temel bileşenlerinden olan şeffaf yüzeylerde, kullanılan malzemenin ısı kaybının azaltılarak (U değeri düşük), güneş kontrolünü (SGF düşük) ve doğal aydınlatmayı sağlamak. <u>LEED hedefleri:</u> - Binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak hedeflenmiştir. - Camın özellikleri LEED ölçütlerinde sunulan maksimum performansı elde edebilmek için, U değeri (ısı geçirgenlik katsayısı) düşük olacak şekilde seçilmiştir [57]. - Aydınlatma kalitesini sağlamak adına, bina yüzey alanının %44'ü saydam yüzeylerden oluşmuştur [54]. - Ofis alanlarının ise %98'i direkt dış alan manzarasına sahip olarak tasarlanmıştır [54].
	Dış cephe izolasyonu	<u>Kullanım amacı:</u> Yapı kabuğu ve dış çevre arasında ısıl tampon görevi görerek kış aylarında ısı kayıplarını yaz aylarında ısı kazançlarını azaltmak. Bina enerji performansını yükseltmek, enerji korunumunu sağlamak. <u>LEED hedefleri:</u> - Binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak hedeflenmiştir. - Binanın ısı izolasyonunu ASHRAE 90.1'de verilen değer %30 üstünde gerçekleştirerek enerji tasarrufu sağlamak hedeflenmiştir [52]. - Enerji tüketimini azaltması, açık gözenekli bir malzeme olması, yangın dayanımı, çevre dostu özellikleri nedeniyle taş yünü ısı yalıtımı kullanılmıştır.
	Mekan organizasyonu	<u>Kullanım amacı:</u> Kış bahçesi ve limonluk: Kış gündüzü güneşten ısı kazancı elde etmek, binanın ısıtma yükünü azaltarak enerji performansını arttırmak. <u>LEED hedefleri:</u> - Binanın enerji performansı verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAc1 no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak hedeflenmiştir.

5.3.3. Yıllık enerji tüketiminin simülasyon ve fatura sonuçları

Bu alt bölümde alan çalışmasında karşılaştırma yapmak adına, Eser Yeşil Binası'nın simülasyon ve fatura verileri toplanmış ve çizelgeler halinde analizleri yapılmıştır.

Simülasyondaki yıllık enerji tüketimi sonuçları:

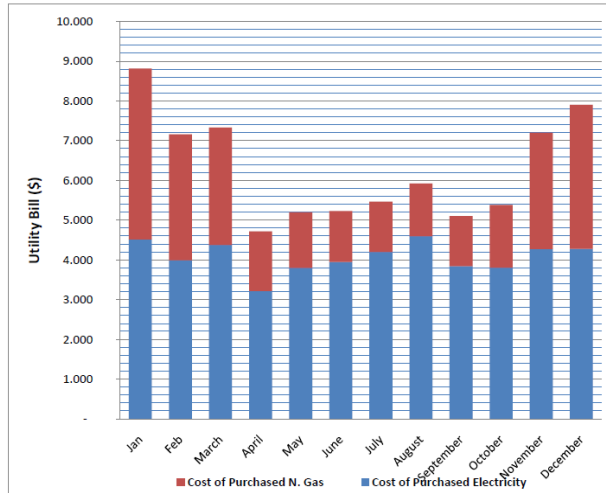
Enerji modelleme simülasyonlarında, tasarlanan binada referans binaya oranla ısı performans değerleri artırılarak daha enerji verimli bir yapı kabuğu sunulmaktadır. Bunun için yapı formu, HVAC, aydınlatma ve elektrik sistemleri ele alınarak iyileştirmeler yapılmaktadır. Eser Yeşil Binası'nın simülasyonunda Çizelge 5.15'de görüleceği üzere mekanik ve yenilenebilir sistemlerin kWh değerlendirme analizi ve yıllık enerji tüketimi hesaplamaları yapılmıştır [47]. Ayrıca Çizelge 5.16'da binanın simülasyon sonuçlarına göre elektrik ve doğalgaz enerjilerinin aylık enerji tüketimi maliyet analizi ve Şekil 5.19'da görülen maliyet grafiği yapılmıştır.

Çizelge 5.15. Binada kullanılan sistemlerin simülasyonda hesaplanan yıllık enerji tüketimi analizi [47]

Enerji kullanımı	Enerji tipi	Enerji tüketimi (kWh)
Isıtma	Doğalgaz + Elektrik	218.877
Soğutma	Elektrik	19.564
İç aydınlatma	Elektrik	217.484
Dış aydınlatma	Elektrik	0
İç mekan ekipmanları	Elektrik	190.375
İç mekan fanları	Elektrik	34.497
Otopark fanları	Elektrik	3.667
Pompalar	Elektrik	3.377
Isı geri verme	Elektrik	2.374
DHW ısıtma	Elektrik	25.135
CHP sistemi	Doğalgaz	762.501
CHP elektrik üretimi	Elektrik	- 211.721
CHP ısı geri kazanımı	Doğalgaz	- 275.804
Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi	Elektrik	- 2.859
Fotovoltaik panellerden elektrik üretimi	Elektrik	- 5.704
Güneş toplayıcılarından sıcak su üretimi	Doğalgaz	- 7.869
Simülasyonda hesaplanan toplam yıllık enerji tüketimi		973.892

Çizelge 5.16. Binanın simülasyon sonuçlarına göre hesaplanan aylık enerji tüketimi maliyet analizi [47]

Ay	Elektrik tüketimi maliyeti (dolar)	Doğalgaz tüketimi maliyeti (dolar)	Toplam tüketim maliyeti (dolar)
Ocak	4.513	4.305	8.818
Şubat	3.991	3.167	7.158
Mart	4.375	2.955	7.330
Nisan	3.218	1.503	4.721
Mayıs	3.799	1.400	5.199
Haziran	3.948	1.282	5.230
Temmuz	4.202	1.263	5.465
Ağustos	4.596	1.331	5.927
Eylül	3.842	1.259	5.100
Ekim	3.802	1.580	5.383
Kasım	4.273	2.925	7.198
Aralık	4.278	3.622	7.900
Toplam	48.836	26.593	75.429



Şekil 5.19. Binanın simülasyon sonuçlarına göre hesaplanan elektrik ve doğalgazın aylık enerji tüketimi maliyet grafiği [47]

Uygulamadaki yıllık enerji tüketimi fatura sonuçları:

Eser Yeşil Binası'nın elektrik, doğalgaz ve su enerjisi tüketimlerinin 2012 yılı boyunca olan aylık faturaları enerji birimi ve maliyet tutarı değerleriyle Çizelge 5.17-5.19'da incelenmiş ve toplamdaki yıllık enerji tüketimi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.17. Eser Yeşil Binası'nın 2012 yılı elektrik enerjisi tüketim ve maliyet analizi [52]

Fatura tarihi	Tüketim (kW)	Fatura tutarı (TL)
31.01.12 (Ocak)	51.000,000	21.001,36
30.03.12 (Şubat)	44.600,000	19.279,96
02.05.12 (Mart-Nisan)	39.400,000	17.728,39
28.05.12 (Mayıs)	27.200,000	14.750,08
22.06.12 (Haziran)	39.200,000	18.528,84
26.07.12 (Temmuz)	35.000,000	17.219,27
09.08.12 (Ağustos)	41.400,000	22.752,00
19.09.12 (Eylül)	57.600,000	28.926,10
16.10.12 (Ekim)	16.972,400	13.108,20
20.11.12 (Kasım)	8.664,400	10.594,50
25.12.12 (Aralık)	47.360,000	24.270,90
Toplam	408.396,800	208.159,60

Çizelge 5.18. Eser Yeşil Binası'nın 2012 yılı doğalgaz enerjisi tüketim ve maliyet analizi [52]

Fatura tarihi	Tüketim (m³)	Fatura tutarı (TL)
26.01.12 (Ocak)	8665	6.849,53
28.02.12 (Şubat)	11300	8.953,79
31.03.12 (Mart)	8826	6.892,30
16.04.12 (Nisan)	1800	1.603,88
14.05.12 (Mayıs)	1015	905,69
04.06.12 (Haziran)	988	874,90
03.07.12 (Temmuz)	1100	964,27
02.08.12 (Ağustos)	409	353,50
04.09.12 (Eylül)	0	0,00
02.11.12 (Ekim-Kasım)	174	156,61
04.12.12 (Aralık)	1524	1.555,66
Toplam	35.801	29.110,13

Çizelge 5.19. Eser Yeşil Binası'nın 2012 yılı su tüketim ve maliyet analizi [52]

Fatura tarihi	Tüketim (m³)	Fatura tutarı (TL)
30.01.12 (Ocak)	119,000	1.370,26
25.02.12 (Şubat)	102,000	1.232,56
28.03.12 (Mart)	120,000	1.378,36
26.04.12 (Nisan)	102,000	1.232,56
31.05.12 (Mayıs)	163,000	1.726,66
28.06.12 (Haziran)	125,000	1.418,86
30.07.12 (Temmuz)	238,000	2.334,16
01.09.12 (Ağustos)	175,000	1.823,86
28.09.12 (Eylül)	102,000	1.232,56
01.11.12 (Ekim)	107,000	1.273,06
03.12.12 (Kasım)	15,000	527,86
02.01.13 (Aralık)	64,000	1.035,57
Toplam	1432,000	16.586,33

5.4. Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin Enerji Performansı Açısından Ele Alınması

Bu alt bölümde Eser Yeşil Binası'nın enerji performansını sürdürülebilirlik ölçütleri açısından değerlendirmek amacıyla; öncelikle binanın LEED sisteminin ilgili performans kategorilerinin ilgili ölçütlerinden toplam kazandığı puana bakılmış (Çizelge 5.20, Çizelge 5.23), daha sonra tezde daha önce ele alınan sürdürülebilirliğin 'Enerji Korunumu' ve 'Su Korunumu' stratejilerinin tasarım ölçütleri Çizelge 5.21 ve Çizelge 5.24'de görüleceği üzere sıralanmış ve binada hangi derecede sağlanıyorsa işaretlenerek şu yöntemle bir hesaplama yapılmıştır:

Mevcut binada ölçüt;

iyi derecede sağlanmışsa 3 puan,

orta derecede sağlanmışsa 2 puan,

az derecede sağlanmışsa 1 puan,

sağlanamamışsa 0 puan olarak değerlendirilmiştir.

Daha sonra bir karşılaştırma yapmak için bu puanlamaların toplamlarıyla oranlama yapılarak aslında alması gereken puanlar hesaplanmaya çalışılmıştır (Çizelge 5.22, Çizelge 5.25).

'Enerji Korunumu' stratejisinin ölçütleri:

Çizelge 5.20. Eser Yeşil Binası'nın LEED 'Enerji ve Atmosfer' performans kategorisinin ilgili değerlendirme ölçütlerinden kazandığı puanlar

Ölçüt No	'Enerji ve Atmosfer' Performans Kategorisinin İlgili Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
EAc1	Enerji Performansının Optimize Edilmesi	14 / 1-19
EAc2	Sahada Yenilenebilir Enerji	1 / 1-7
EAc5	Ölçüm ve Sağlama	3 / 3
Toplam Kazanılan Puan		18 / 29

Çizelge 5.21. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı analizi (Enerji Korunumu stratejisi)

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK İLKELERİ –KAYNAKLARIN KORUNUMU İLKESİ					
Stratejiler	Yöntemler	Tasarım Ölçütleri	Eser Yeşil Binası'nda		
			İyi	Orta	Az
ENERJİ KORUNUMU	Fiziksel Çevre Verilerinin Dikkate Alınması	Yapının doğru yönlendirilmesi			●
		Yerleşim için uygun alanın seçilmesi		●	
		Yapının diğer yapılara mesafesi ve konumlandırılması		●	
		Bioklimatik yapı kabuğu tasarımı		●	
	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı	Aktif güneş sistemlerinden yararlanma		●	
		Pasif güneş sistemlerinden yararlanma			●
		Aktif rüzgar sistemlerinden yararlanma			●
		Pasif rüzgar sistemlerinden yararlanma			●
		Aydınlatmada günışığından yararlanılması		●	
		Toprak altı enerjisinin kullanımı		●	
	Enerji Etkin Yapı Formu Tasarımı	Tasarımda basit geometrik şekillerin kullanılması		●	
		Yapı iç hacminin fiziksel özelliklerinin optimizasyonu		●	
		Yapıların doğu-batı doğrultusunda uzamasını sağlanması			
		Güney cepheyi genişleterek güneş kazancının artırılması			
		Mekan organizasyonunun pasif öğeler dikkate alınarak düzenlenmesi			●
		Bina bölgelendirmesinde tampon alan oluşturulması			
	Enerji Etkin Yapı Kabuğu Seçimi	Yapı kabuğu yüzeyinin azaltılması			●
		Isıl kayıpların yapı kabuğunun fiziksel özellikleriyle önlenmesi		●	
		Yalıtım malzemelerinin doğru seçilmesi	●		
		Yapı kabuğunun ısı performansının malzemelerin termofiziksel özellikleriyle artırılması		●	
		Güneş kontrol sistemlerinin tasarlanması		●	
		Yüzeylerdeki saydamlık oranının ısı kayıpları önleyecek şekilde optimizasyonu		●	
		Yapı kabuğunun esnek ve değişken koşullara uyum sağlayabilmesi			
	Enerji Etkin Cam Seçimi	Yüksek performanslı doğrama ve cam kullanımı	●		
	Enerji Etkin Peyzaj Tasarımı	Bitkilerden ısıtma ve soğutma amacıyla yararlanılması			
		Yeşil çatı uygulamasının yapılması			
	Enerji Etkin Ekipman Seçimi	Enerji verimli ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma ekipmanları kullanımı	●		
		Binanın ısı performansını yükleneyecek değil destekleyecek HVAC sistemlerin uygulanması			●
		İç mekanların gereksinimine göre HVAC sistemlerinin devreye girmesi	●		
		Ekipmanların işletiminin denetlenmesi, ölçüm ve bakımlarının yapılması			●

Yapılan hesaplama göre Eser Yeşil Binası Çizelge 5.22’de görüleceği üzere sürdürülebilirliğin ‘Enerji Korunumu’ stratejisinin ölçütlerinden 90 puan üzerinden 44 puan alabilmiştir. Bu puanlama sonucu doğru oran hesabı yapıldığında; binanın LEED sisteminin ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin ilgili ölçütlerinden alması gereken puanın 29 üzerinden 18 yerine ortalama 14 puan olması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 5.22. Eser Yeşil Binası’nın sürdürülebilirlik ve LEED ölçütleri puan analizinin karşılaştırması

İyi derecede sağlanan toplam puan (4 ölçüt x3)	12
Orta derecede sağlanan toplam puan (12 ölçüt x2)	24
Az derecede sağlanan toplam puan (8 ölçüt x1)	8
Sürdürülebilirliğin ‘Enerji Korunumu’ stratejisinin ölçütlerinden toplam kazanılan puan (12+24+8)	44/ 90
LEED ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin ilgili ölçütlerinden toplam kazanılan puan	18 / 29
Binanın sürdürülebilirliğin ölçütleri puanlamasına göre, LEED sisteminin ilgili ölçütlerinden alması gereken puan (44/90x29)	14/ 29

‘Su Korunumu’ stratejisinin ölçütleri:

Çizelge 5.23. Eser Yeşil Binası’nın LEED ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinden kazandığı puanlar

Ölçüt No	‘Suyun Verimli Kullanımı’ Performans Kategorisinin Değerlendirme Ölçütleri	Kazanılan Puan
WEc1	Su Verimli Peyzaj	4 / 2-4
WEc2	Gelişmiş Atık Su Teknolojileri	2 / 2
WEc3	Su Kullanımının Azaltılması	4 / 2-4
Toplam Kazanılan Puan		10 / 10

Çizelge 5.24. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı analizi (Su Korunumu stratejisi)

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK İLKELERİ –KAYNAKLARIN KORUNUMU İLKESİ					
Stratejiler	Yöntemler	Tasarım Ölçütleri	Eser Yeşil Binası'nda		
			İyi	Orta	Az
SU KORUNUMU	Su Tüketiminin Azaltılması	Suyu verimli kullanan, az bakım gerektiren çevre düzenlemesi yapılması		●	
		Kuraklığa dayanıklı ve çok su istemeyen bitki kullanımı		●	
		Suyu verimli kullanan tesisat kullanımı	●		
		Su kullanımını azaltan tuvalet, duş başlığı, musluk vb. kullanımı	●		
	Su Seviyelerinin Korunumu	Suyun tekrar yer altı suyuna karışmasına izin verilmesi		●	
	Suyun Yeniden Kullanımı	Yağmur suyunun toplanarak yeniden kullanılması		●	
		Atık suların arıtılarak yeniden kullanılması			●

Yapılan hesaplama göre Eser Yeşil Binası Çizelge 5.25’de görüleceği üzere sürdürülebilirliğin ‘Su Korunumu’ stratejisinin ölçütlerinden 21 puan üzerinden 15 puan alabilmiştir. Bu puanlama sonucu doğru oran hesabı yapıldığında; binanın LEED sisteminin ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinin ilgili ölçütlerinden alması gereken puanın 10 üzerinden 10 yerine ortalama 7 puan olması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 5.25. Eser Yeşil Binası'nın sürdürülebilirlik ve LEED ölçütleri puan analizinin karşılaştırması

İyi derecede sağlanan toplam puan (2 ölçüt x3)	6
Orta derecede sağlanan toplam puan (4 ölçüt x2)	8
Az derecede sağlanan toplam puan (1 ölçüt x1)	1
Sürdürülebilirliğin ‘Su Korunumu’ stratejisinin ölçütlerinden toplam kazanılan puan (6+8+1)	15/ 21
LEED ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinin ölçütlerinden toplam kazanılan puan	10/ 10
Binanın sürdürülebilirliğin ölçütleri puanlamasına göre, LEED sisteminin ilgili ölçütlerinden alması gereken puan (15/21x10)	7/ 10

5.5. Enerji Performansı ile İlgili Uygulama Sonuçları ve Karşılaşılan Sorunların Analizi

Bu alt bölümde, tezin önemli çalışmasını oluşturan enerji performansı ile ilgili uygulama sorunları Eser Yeşil Binası'nda uygulanan sistemler üzerinden, beş alt numaralandırılmış başlık halinde analiz edilerek Çizelge 5.26-5.30'da görülen tablolar hazırlanmıştır. Bu çizelgelerde öncelikle sistemin kapasitesi ve özellikleri anlatılmış, daha sonra uygulamadaki yeri ve kullanımı ele alınmış ve son olarak uygulama sonuçları ve sorunları sıralanmıştır.

Bu alt başlıklar şunlardır:

- A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler
- B- HVAC sistemleri
- C- Aydınlatma sistemleri
- D- Su geri kazanım sistemleri
- E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu

5.5.1. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler

Çizelge 5.26. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde uygulama sorunları

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler- Fotovoltaik paneller	
Uygulama sonuçları ve sorunları	Fotovoltaik paneller <u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Tüm panellerden elde edilen toplam enerji 6,126 kW'dır [46]. - Binanın tasarlandığı dönemdeki en verimli paneller tercih edilmiştir [56]. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Güney yönündeki servis çekirdeğinin teras çatısında, güneye bakan cephesinde ve binanın güney cephesinde saydam yüzeylerin üstünde aynı zamanda güneş kırıcı özelliği olan fotovoltaik paneller uygulanmıştır (Resim 5.9). - Bu uygulamadan elde edilen enerji genel elektrik kullanımı için kullanılmaktadır [56].  Resim 5.9. Binada uygulanan fotovoltaik paneller [52] <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Uygulamada verim fazla alınamamıştır; yazın fotovoltaik paneller çok ısınınca verimleri düşmektedir, kışın da güneş ışığının yetersizliğinden çok verim alınamamaktadır [56]. - Kışın verimlilik %20'lere kadar düşerken, yazın %80'lere kadar çıkmaktadır [52]. - Ankara bölgesi için henüz pahalı bir yatırımdır. Panellerin 30 senelik ömrü vardır, ancak maliyet geri dönüşümünün 10 seneden fazla olduğu hesaplanmıştır. Yenilenebilir sistemlerde en uzun maliyet geri dönüşümü süresi fotovoltaik panellerindir [56]. - Merdiven çekirdeğinin güney yönüne bakan yüzeylerinde uygulanmış düz paneller Türkiye'de binaya bütünleşik uygulanmış ilk sistemler olmasına rağmen; gölge sorunu ve açısından dolayı güneş ışığını fazla alamamasından, verim binadaki eğimli panellere oranla çok daha az sağlanmaktadır [56].

Çizelge 5.26. (Devam) Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde uygulama sorunları

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler- Güneş toplayıcıları	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Binada kışın 5 kW, yazın 30 kW kapasiteli 4 adet güneş toplayıcısı uygulanmıştır [52]. - Binanın tasarlandığı dönemdeki en verimli sistemler tercih edilmiştir [56]. - 1 adet güneş toplayıcısından günde 100 lt (litre) sıcak su üretilmektedir. Binada uygulanan 4 adet güneş toplayıcısından günde 400 lt sıcak su üretilmektedir [57]. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Kuzey yönündeki servis çekirdeğinin teras çatısında uygulanmıştır (Resim 5.10). - Bina ısıtmasında olmasa da kullanım suyunda (lavabo-duş) sıcak su amaçlı yararlanılmaktadır. Sıhhi tesisat projesinde sistem öncelikle güneş toplayıcılarından beslenmektedir, kalan kullanım sıcak su ihtiyacı mekanik ekipmanlardan sağlanmaktadır [56]. <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Binanın günlük kullanım sıcak su ihtiyacı 1000 lt. olarak hesaplanmıştır. Güneş toplayıcılarının sıcak su üretim kapasitesi 400 lt. olduğundan, sistemler tüm binanın ihtiyacı için yeterli gelmemektedir [57]. Takviye sıcak su kazanımı kazanla yapılmaktadır [56]. - Kışın güneş ışığının yetersizliğinden %100 verim sağlanamamaktadır. Çünkü yenilenebilir enerjilerin performansı yararlandığı kaynağın anlık durumuna göre değişmektedir. Yazın elde edilen sıcak su planlandığı gibi kullanılamamakta; verim sağlansa da sıcak suya gereksinim çok olmamaktadır. Yazın ısıtılan ancak kullanılmayan sıcak su chiller ünitesine soğutma yapması için gönderilmektedir [56]. - Normalde bina ısıtmasında 10C°'lik suyu 90C°'ye çıkarmak için ısı kazanları devreye girmektedir. 10C°'lik su güneş toplayıcılarında 20C°'e çıkarılmakta ve ısı kazanlarına gönderilmektedir. Böylece güneş toplayıcılarının doğrudan ısıtma sistemine olmasa da toplamdaki enerji verimliliğine katkısı olmaktadır [56]. - Maliyet geri dönüşümü 3 yıl olarak hesaplanmıştır (Fotovoltaik panellere oranla en az 7 yıl daha azdır) [52].
	 Resim 5.10. Bina çatısında uygulanan güneş toplayıcıları [52]

Çizelge 5.26. (Devam) Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde uygulama sorunları

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler- Rüzgar türbini	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Binada 1,1 kW kapasiteli 1 adet yatay eksenli rüzgar türbini uygulanmıştır [46]. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Doğu yönündeki ana merdiven çekirdeğinin teras çatısında uygulanmıştır (Resim 5.11). - Bu uygulamadan elde edilen enerjiden binanın genel elektrik ihtiyacı için yararlanılmaktadır [56].
	 Resim 5.11. Binada uygulanan rüzgar türbini [52, 49] <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Rüzgar türbinleri optimum rüzgar hızını yakaladıklarında verimlilikleri artmaktadır. Binada rüzgar türbininin kendi hedeflediği bir verimi olmasına karşın, arazide rüzgar rejimi iyi olmadığından uygulamada verim çok sağlanamamaktadır [56]. - Rüzgar türbini son zamanda çalıştırılmamaktadır. Bunun nedeni paratonerin fazla yükseğe konumlandırılmamasından dolayı rüzgar türbininin yıldırımı çekmesi ve mekanik devresinin yanmasıdır [59]. Çalıştırılabilmesi için yüksek maliyetli bakım-onarım gerekmektedir.

5.5.2. HVAC sistemleri

Çizelge 5.27. HVAC sistemlerinde uygulama sorunları

B- HVAC sistemleri	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> Mekanik ekipmanlar [52]: - Kojenerasyon ünitesi: 90 kW ısı, 50 kW elektrik - Yoğuşmalı paralel bağlı 3 adet kazan: 3 x 80 kW 240 kW'lık bir kazana göre % 60 daha verimli - Absorbsiyonlu chiller (ABS): 50 kW - Soğutma (ekserji) ve ısıtma tankları: 20 lt - 5 adet toprak kaynaklı ısı pompası: Kış: 60 kW, Yaz: 50 kW - Buz tankı: 3 ton 500 kW - İklimlendirme sistemi [56]: Yapıldığı dönemde en verimli sistem olan %100 taze havalı, sulu sistem VRV (COP değeri yüksek) özellikli cihazlar tercih edilmiştir. Ofis kullanımı için en uygun sistemlerden biridir (bkz. Resim 5.13). <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Binanın ısıtma ve soğutma ihtiyacı, bir ana yük CHP ve GSHP sistemi, doğalgazla çalışan üç kazan ve TES'ler tarafından karşılanmaktadır [49] (Resim 5.12). - Binada dış ünite su devresi kışın 25-30C°, yazın 15-20C°'e ayarlanmıştır. Kışın su sıcaklığı 25C°'nin altına düştüğü zaman ısıtma sistemlerini sırasıyla devreye girmektedir. Bu sıra; termal depo, ısı pompası, kojenerasyon ünitesi ve kazanlar olarak ayarlanmıştır. Yazın ise su sıcaklığı 20C°'i geçmeye başladığında ısı pompası (5 adet toprak kaynaklı) , termal depolama, absorbsiyonlu chiller ve hava soğutmalı chiller olarak devreye girmektedir [51].
	  Resim 5.12. Mekanik ekipmanlar [52]

Çizelge 5.27. (Devam) HVAC sistemlerinde uygulama sorunları

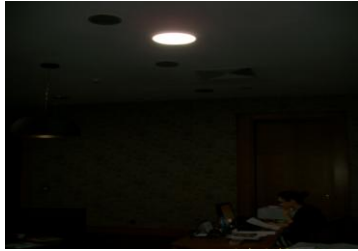
B- HVAC sistemleri	
Uygulama sonuçları ve sorunları	- Bina sisteminde ısı depolama şu şekilde çalışmaktadır: Soğuk mevsimlerde, ısıtma ihtiyacı olmayan gece saatlerinde toprak kaynaklı ısı pompasından ve kojenerasyondan elde edilen ısı depolanmakta ve ihtiyaç duyulan gündüz saatlerinde kullanılmakta; sıcak mevsimlerde ise soğutma ihtiyacının olmadığı zamanlarda soğuk depolama yapılarak, gündüz saatlerinde iç ortama verilip bina soğutma yükü azaltılmaktadır [49]. - Ayrıca iç hava kontrolü, mahallerde CO₂ sensörlerinden alınan sinyallerde kirlilik olduğu tespit edilince temizleninceye kadar santraller %100 devirde kişi başına 50 m³/hr temiz hava sağlanacak şekilde çalıştırılarak yapılmaktadır [46].
	 Resim 5.13. İklimlendirme sistemi ekipmanları [50, 52] <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Yoğuşmalı paralel bağlı 3 adet kazan: Herhangi bir sorun yaşanmamıştır, sistem çalışmaktadır [52]. - Soğutma (ekserji) ve ısıtma tankları: Herhangi bir sorun yaşanmamıştır, sistem çalışmaktadır [52]. - Kojenerasyon ünitesi: Yüksek verimliliğe sahip üçlü üretim özellikli cihaz tam kapasite çalışarak gereken ihtiyacı karşılamaktadır [52]. Ancak tam zamanlı üretim yapılabilmesi için sistemin gece saatlerinde de açık bırakılması gerekmektedir [59]. Kullanılan diğer sistemlerde binanın işletim sürecinde birçok sorunla karşılaşmıştır: - Absorbsiyonlu Chiller (ABS): Hava soğutmalı normal chiller çalıştırılmış, ancak absorbsiyonlu chillerin çalışması sağlanamamıştır. Bu nedenle verimliliği konusunda değer ölçümü yapılamamıştır [52]. Absorbsiyonlu chillerin çalışmama sebebi sunulanla istenilenin uymamasından dolayı sistemin kendini koruma altına alarak kapatmasıdır. Çalıştırılabilmesi için yüksek maliyetli bakım-onarım gerekmektedir [59].

Çizelge 5.27. (Devam) HVAC sistemlerinde uygulama sorunları

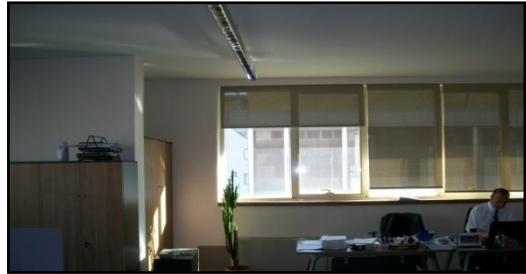
B- HVAC sistemleri		
Uygulama sonuçları ve sorunları		
	HVAC sistemleri	- 5 adet toprak kaynaklı ısı pompası: %80'lik bir verim ile çalışmaktadır. Kapasitesinin küçük olmasından dolayı sadece geçiş mevsimlerinde verimli olmaktadır. Isı pompasından elde edilen sıcaklık esas olarak ısıtma sisteminde kullanılmaktadır [52]. - Buz tankı: Soğumuş havayı dolaştıran sistem olan buz tankı hiç çalıştırılmamıştır. Bu nedenle yazın buz depolama sistemi takviye için devreye girememektedir [52]. Buz tankının çalışmama sebebi ara bir ünite yapılmayıp pompanın direkt olarak bağlanmasıdır. Yoğun bir güç girişinden dolayı su girdiği sıcaklıkla çıkmakta, sistem buz yaptığını zannedip 1 dakika içinde kapanmaktadır. Çalıştırılabilmesi için yüksek maliyetli bakım- onarım gerekmektedir [59]. - Binadaki tüm sistemler birlikte devreye henüz alınamamıştır [59]. - Binanın mekanik tasarımının birbirleriyle bütünsel öngörülen kurgusu uygulamada gerçekleştirilememiştir. Sistemler fazla komplike ve yoğun olduğundan birbirleriyle otomasyonunu sağlayan yazılım yapılamamıştır. Bu nedenle sistemler uygulamada manuel yoldan tek tek elle açıp kapatılarak çalıştırılmaktadır [56]. - Sistemlere ait algılayıcıların birbirleriyle kablosuz ağ üzerinden bağlantılı olması nedeniyle bir sistemdeki en ufak sorun diğer sistemleri de etkilemektedir. Bazı karmaşık sorunlarda uzmanların başka şehirden gelip sorunu halletmesi günler alabilmektedir [56]. - Tüm sistemlerin performans ölçümü yapılamamıştır. Binanın genel enerji performansında sorun yaşansa da, bu sorunun hangi sistemden kaynaklandığı tespit edilememektedir [60]. - İç hava kalitesi ile ilgili uygulamada kullanıcılardan herhangi bir şikayet yoktur, ancak hedeflenen kişi başına 50 m³/hr ihtiyacı karşıladığı ölçüm yapılarak denetlenmelidir.

5.5.3. Aydınlatma sistemleri

Çizelge 5.28. Aydınlatma sistemlerinde uygulama sorunları

C- Aydınlatma sistemleri- Işık tüpleri	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Binada 40 cm. çaplı 3 adet ışık tüpü uygulanmıştır [52]. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Doğal aydınlatmadan yararlanmak amacıyla binanın 4. katında; 1 tanesi yönetici odasında, 2 tanesi Resim 5.14’de görülen kat holünün tavanında olacak şekilde toplam üç adet gün ışığı tüpü yerleştirilmiştir [56].  Resim 5.14. Binada kat holünde uygulanan ışık tüpleri [52] <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Tam kapasite uygun biçimde çalışmaktadırlar. Işık ölçümleri neticesinde 2 tanesinden 100 lux aydınlatma sağlandığı hesaplanmıştır (Resim 5.15) [56]. - Ancak sistemler küçük hacimli mekanlarda daha etkili olmaktadır. Gündüz vakti ışık tüpleriyle birlikte yapay aydınlatmaya da gerek duyulduğu gözlemlenmiştir (Resim 5.14).   Resim 5.15. Yapay aydınlatma açık ve kapalıyken ışık tüpleri [50]

Çizelge 5.28. (Devam) Aydınlatma sistemlerinde uygulama sorunları

C- Aydınlatma sistemleri- Güneş kırıncıları	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Dikey yönde uygulanmışlardır. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Binanın doğu ve batı cephelerinde şeffaf yüzeyler arasına güneş kırıcı elemanlar yerleştirilmiştir (Resim 5.16, Resim 5.17).
	  Resim 5.16. Batı cephesinden güneş kırıcılarının görünüşü [50] Resim 5.17. Doğu cephesine bakan bir iç mekandan güneş kırıcılarının görünüşü [50] <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Doğal aydınlatma konusunda kullanıcılardan şikayet olmamasına rağmen, gölgeleme konusunda bazen şikayetler olmaktadır. Yaz aylarında sabah 8.00-10.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasında sistem etkisiz kalmakta ve güneş ışığını içeri geçirmektedir. 10.00-16.00 saatleri arasında ise güneş ışığını tutarak yarar sağlamaktadır [56]. - Ofis mahallerinde güneş kırıcılarının etkisiz kaldığı zaman dilimlerinde, güneş ışığı bilgisayar ekranlarında kamaşma yapmaktadır. Bu zamanlarda storlarla gölgeleme sağlanmaktadır (Resim 5.18).  Resim 5.18. Güney cephesine bakan bir iç mekandan güneş kırıcılarının görünüşü [50]

5.5.4. Su geri kazanım sistemleri

Çizelge 5.29. Su geri kazanım sistemlerinde uygulama sorunları

D- Su geri kazanım sistemleri	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Binada 168 m³ yağmur suyu depolama tankı kullanılmıştır [52]. - Gri su geri kazanımlı su sistemi, klozet rezervuarlarının (Resim 5.19) su ihtiyacının neredeyse hepsini karşılayacak kapasitede tasarlanmıştır [56].  Resim 5.19. Wc mahalinden bir görüntü [52] <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Yağmur suyu toplanıp depolanarak bahçe sulamada kullanılmaktadır [51]. - Lavabolarda kullanılan gri su toplanıp arıtılarak klozet rezervuarlarda değerlendirilmek üzere tasarlanmıştır [51]. <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Yağmur suyu bahçe sulaması için kullanılmakta, bu sistemden verim sağlanmaktadır [56]. - Gri su geri kazanımlı su sistemi (Resim 5.20) uygulamada tasarımda planlandığı gibi çalıştırılamamıştır. Tesisat sistemi tam anlamıyla devreye alınamamış, beklenen performans gerçekleştirilememiştir. Gri su geri kazanımlı su sistemi uygulamasından henüz verim alınamamaktadır. Çalıştırılabilmesi için yüksek maliyetli bakım-onarım gerekmektedir [56].   Resim 5.20. Gri su geri kazanımlı su sistemi ekipmanları [52]

5.5.5. Yapı kabuğu-mekan organizasyonu

Çizelge 5.30. Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde uygulama sorunları

E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu- Dış şeffaf cephe malzemesi- Dış cephe izolasyonu	
Uygulama sonuçları ve sorunları	Dış şeffaf cephe malzemesi <u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Bina cephesinde $U=1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $SGF= 0,46$ değerlerinde ısı yalıtımlı low-e özellikli, yarı reflekte üçlü ısıcam- sinerji cam malzemesi ve ısı yalıtımlı doğrama sistemi tercih edilmiştir [51]. - Binada camlar ve opak yüzeyler dahil ortalama ısı transfer katsayısı $U=0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak hesaplanmıştır [51]. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> Saydamlık oranı kuzey cephesinde %23, doğu cephesinde %23, batı cephesinde %21, güney cephesinde %32'dir. Tüm cephelerdeki şeffaf yüzey oranı ise %24'dür [47]. <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Kışın ısı kayıplar düşünüldüğünde (Kış aylarında kuzey cephesine bakan mahallerin ısıtma yükü diğer cephelere oranla fazla olmaktadır) saydamlık oranının kuzey cephesinde fazla olduğu (%23), güney cephesinde ise kışın pasif ısı kazancı elde edilmesi açısından diğer cephelere oranla oranının az olduğu (%32) görülmektedir. - Çok sıcak yaz günlerinde yazın içeride ısınma problemi yaşanmakta ve bu durum soğutma yükünü artırmaktadır [56].
	Dış cephe izolasyonu <u>Kapasitesi ve özellikleri:</u> - Isı yalıtımı özelliğinin yanında yangına karşı dayanımı, ses yalıtımı ve geri dönüşüm özelliklerinden dolayı yapı kabuğunda izolasyon malzemesi olarak taşıyın uygulanmıştır. - Isı yalıtımı iyileştirmesi TS825 standardına göre iki kat iyi yapılmıştır [60]. <u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Duvarlarda 80 mm. (milimetre), çatıda 120 mm., döşemede 60 mm. ısı yalıtımı uygulanmıştır [51]. <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Uygulama zorluğundan dolayı ileride işçilik kaynaklı küçük ölçekli ısı köprüsü riski olmakla birlikte, yapı genelinde ısı yalıtımı uygulaması malzeme tercihi ve kesintisiz uygulama yapılması nedeniyle doğru olarak gerçekleştirilmiştir.

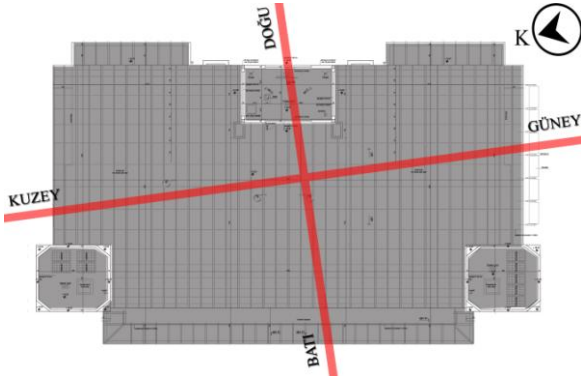
Çizelge 5.30. (Devam) Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde uygulama sorunları

E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu- Mekan organizasyonu	
Uygulama sonuçları ve sorunları	<u>Uygulamada yeri ve kullanımı:</u> - Binanın -1 bodrum katındaki kafeteryanın cephesinde, güneye konumlanan kış bahçesi ve limonluk sistemleri uygulanmıştır (Resim 5.21).
	  Resim 5.21. İç bahçe ve bina kış bahçesi [36, 50] - Binanın mimari projesinde [52]: Zemin kat- 1 adet toplantı odası, 1., 2., ve 3. katlarda- 2 adet toplantı odası, 4. kat- 30 kişilik toplantı odası tasarlanmıştır (Resim 5.22).  Resim 5.22. Toplantı odası [50] <u>Uygulama sonuçları ve sorunları:</u> - Kış bahçesi uygulamasında ikinci bir kontrollü cephe yapılmadığından; sistem kışın ısıtma yükünü azaltsa da ısıl tampon görevini sağlayamamakta, yazın ise güneş kontrolü yapılmaması nedeniyle sağlanan ısı kazancı fazla ısınmaya neden olup mekanın soğutma yükünü arttırmaktadır.

Çizelge 5.30. (Devam) Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde uygulama sorunları

E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu- Mekan organizasyonu	
Uygulama sonuçları ve sorunları	- Limonluk uygulamasında kış gündüzü sağlanan ısı kazancının başka bir mekanla bağlantısı (kış bahçesi dışında) sağlanmadığı (Şekil 5.20), bu nedenle pasif ısıtma potansiyelinden yararlanılamadığı gözlemlenmiştir. Bu mekanda yaz koşullarında güneş kontrolü yapılmaması nedeniyle aşırı ısınma sorunu yaşanmaktadır. Şekil 5.20, binanın bir kesitini göstermektedir. Sol tarafta, kış bahçesiyle yemekhane arasında yalıtılmış bir alanı sağlayan duvar elemanı yoktur. Sağ tarafta, limonlukun bir mahalle bağlantısı yoktur. Kış bahçesi, yeşil alanlarla çevrilidir. Şekil 5.20. Binada uygulanan kış bahçesi ve limonluğun gösterimi (ölçeksizdir) - Projede kuzey cephesine yerleştirilecek, ani ve kısa süreli ısıtmaya ihtiyaç duyan toplantı odası mahallerinin bulunmasına rağmen, bu mahaller binanın güney cephesinde veya kat planlarının ortasında konumlandırılmıştır (Şekil 5.21). Toplantı odaları bazı günler en fazla 2 saat kullanılmaktadır ancak buna rağmen diğer mahaller gibi sürekli ısıtılmakta ve soğutulmaktadır [56]. Bu durum gereksiz yere binanın enerji yükünü arttırmaktadır. Şekil 5.21, binanın 1. ve 2. kat planlarını göstermektedir. 1. KAT PLANI ve 2. KAT PLANI olarak etiketlenmiştir. Planlar, Ofis Zonu (siyah), Sirkülasyon Zonu (sarı), Çekirdek Zonu (yeşil) ve Galeri Boşluğu (gri) olarak boyanmıştır. Toplantı odası mahalleri, kırmızı dairelerle işaretlenmiştir. 2. KAT PLANI'nda, toplantı odası mahalleri, kuzey cephesinde yer almaktadır. Şekil 5.21. Binanın 1. ve 2. kat planındaki toplantı odası mahallerinin gösterimi (ölçeksizdir)

Çizelge 5.30. (Devam) Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde uygulama sorunları

Uygulama sonuçları ve sorunları	E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu- Yapı formu ve yönelişi
Yapı formu ve yönelişi	Bu alt başlıkta binanın sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansının pasif parametreleri açısından değerlendirmesi yapılmıştır: - Bina'nın doğu-batı yönü doğrultusunda uzamayıp, kuzey- güney yönünde yönlendiği (Şekil 5.22),  Şekil 5.22. Mevcut binanın yönelişi - Hakim rüzgardan yararlanarak bina içi doğal havalandırmanın yapıldığı pasif rüzgar sistemlerini kullanmadığı, - Dikdörtgen formu kompakt bir bina olması olumluluğuna rağmen, güneşten optimum ölçüde yararlanacak şekilde yapı formunun tasarlanmadığı (güneye yönelimi arttıran cephe ve çatı tasarımı, vs.) (Şekil 5.23),  Şekil 5.23. Binada yenilenebilir enerjilerin etkin kullanım alanları - Ankara'nın bulunduğu iklim bölgesinin gece-gündüz sıcaklık farklılıklarının fazla olması özelliğinden yararlanılarak gece serinletmesi yapılmadığı görülmüştür.

5.6. Enerji Performansı ile İlgili Hedefleriyle Uygulama Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu alt bölümde; öncelikle Eser Yeşil Binası’nda enerji performansı ile ilgili yapılan sistemlerin daha önce analiz edilen hedefleri ve uygulamada yaşanan sorunları Çizelge 5.31’de tablolaştırılmış, daha sonra binanın simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketimi değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır (Çizelge 5.32).

Binanın enerji performansı ile ilgili sistemlerinin hedefleriyle uygulama sorunlarının karşılaştırılması:

Çizelge 5.31. Binaın enerji performansı ile ilgili sistemlerinin hedefleriyle uygulama sorunlarının karşılaştırılma tablosu

Sistemler	Hedefler	Sorunlar
A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler	Fotovoltaik paneller	- Yazın ısınma sorunundan kaynaklanan verim düşüşü [56] - Kışın güneş ışığının yetersizliğinden kaynaklanan %20’lere varan verim düşüşü [52] - Düz uygulanan fotovoltaik panellerde gölge sorunundan kaynaklanan verim azlığı [56] - Maliyet geri dönüşümünün 10 seneden fazla olması (en fazla 5 sene olması ideal) [56]
	Güneş toplayıcıları	- LEED sistemindeki EAc1 no’lu ‘Enerji Performansının Optimize Edilmesi’ ve EAc2 no’lu ‘Sahada Yenilenebilir Enerji’ adlı değerlendirme ölçütlerinden puan kazanmak istenmesi - Güneş enerjisinden sıcak su üreterek bina kullanım sıcak suyu ihtiyacı için kullanılması [52]. - Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreterek bina genel ihtiyacı için kullanılması [52] - Güneşten yararlanılan sistemlerin sonuçlarının kötü olmayacağını düşünülmesi [47] - Binaya dıştan bakıldığında yeşil bina olduğu anlaşılсын diye sembolik olarak uygulanması [56] - 400 lt. sıcak su üretim kapasitesiyle binanın kullanım sıcak su ihtiyacının sadece %40’ını sağlama [57] - Kışın güneş ışığının yetersizliğinden verim düşüşü [56] - Yazın sıcak suya gereksinim azlığı [56] - %100 verimle çalışmasının istenmesi [47]

Çizelge 5.31. (Devam) Binanın enerji performansı ile ilgili sistemlerinin hedefleriyle uygulama sorunlarının karşılaştırılma tablosu

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler	Rüzgar türbini	- LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' ve EAcl2 no'lu 'Sahada Yenilenebilir Enerji' adlı değerlendirme ölçütlerinden puan kazanmak istenmesi - Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üreterek bina genel ihtiyacı için kullanılması [52] - Rüzgar hızından enerji kazancı sağlamak için Ankara ilinde tüm yılın sadece %7'sinde iyi verim alınabildiğinin hesaplanması [47] - Binaya dıştan bakıldığında yeşil bina olduğu anlaşılsın diye sembolik olarak uygulanması [56]	- Binadaki paratonerin fazla yükseğe konumlandırılmamasından kaynaklanan yıldırım çekmesi sonucu mekanik devresinin yanması, çalışması için yüksek maliyetli bakım-onarım gerektirmesi [59] - Çalıştığında arazide rüzgar rejiminin iyi olmamasından kaynaklanan verim azlığı [56]
B- HVAC sistemleri		- LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak istenmesi - Mekanik sistemlerin yüksek verimlilik sağlayacak şekilde bütünleştirilmesi [58] - Tüm sistemin ömrü boyunca yüksek verimlilikte çalışmasının istenmesi [52] - Absorbsiyonlu chillerin ısı deposunda üretilen fazla ısıyı soğutarak yazın soğutma amaçlı kullanması [52] - 5 adet toprak kaynaklı ısı pompasının toprak altındaki sabit ısıyı kullanarak yazın soğuk kışın sıcak su elde etmesi [52] - Buz tankının termal verimi yükseltmek için gece buz depolaması yapması, depolanan enerjiyi pik yüklerde kullanarak enerji tasarrufu sağlaması [52]	- İşletim ve otomasyon sorunları nedeniyle tüm sistemlerin birlikte henüz devreye alınamaması [59] - Mekanik sistemlerin bütünsel kurgusunda enerji verimliliği düşmesinden dolayı öngörülen tasarrufları uygulamada sağlayamamaları [60] - Absorbsiyonlu chillerin uygulamada işletim sorunu nedeniyle devreye alınamaması, çalışması için yüksek maliyetli bakım-onarım gerektirmesi [59] - 5 adet toprak kaynaklı ısı pompasının %80'lik bir verim ile çalışması ve kapasitesinin küçüklüğünden sadece geçiş mevsimlerinde verimli olması [52] - Buz tankının uygulamada işletim sorunu nedeniyle devreye alınamaması, çalışması için yüksek maliyetli bakım-onarım gerektirmesi [59] - Sistemler fazla komplike ve yoğun olduğundan birbirleriyle otomasyonunu sağlayan yazılımın yapılamaması [59] - Otomasyon sorunu nedeniyle sistemlerin uygulamada manuel yoldan tek tek elle açıp kapatılarak çalıştırılması [56] - Tüm sistemlerin performans ölçümünün yapılamamasından dolayı, binanın genel enerji performansında sorun yaşansa da, bu sorunun hangi sistemden kaynaklandığı tespit edilememesi [59]
C- Aydınlatma sistemleri	Işık tüpleri	- Enerji performans verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak istenmesi - Gündüz karanlık olan bölgelerin doğal ışıkla aydınlatılmasının sağlanması [52]	- Gündüz vakti ışık tüpleriyle birlikte yapay aydınlatmaya da gerek duyulduğu gözlemlenmesi

Çizelge 5.31. (Devam) Binanın enerji performansı ile ilgili sistemlerinin hedefleriyle uygulama sorunlarının karşılaştırılma tablosu

C- Aydınlatma sistemleri	Güneş kırıcıları	- LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak istenmesi - Yazın fazla güneş ışığının iç mekanlara girmesini engelleyerek gölgelendirme sağlanması, güneşten ısı kazancının önüne geçmek, binanın soğutma yüklerini azaltması - İç mekanlarda kullanıcı konforunu optimize etmek istenmesi	- Bazı zaman dilimlerinde güneş ışığını engellemede etkisiz kalması, kamaşma-gölgeleme sorunu gibi problemlerle kullanıcı konforunun düşmesine neden olması [72]
D- Su geri kazanım sistemleri		- LEED sistemindeki 'Suyun Verimli Kullanımı' performans kategorisinden puan kazanmak istenmesi - Yağmur suyunun toplanıp depolanarak bahçe sulamada kullanılması [52] - Gri su arıtma ve kullanma sistemi tasarlayarak lavabolarda kullanılan suyun toplanıp arıtılması ve klozet rezervuarlarda değerlendirilmesi, su tasarrufu sağlanması [52] - Geri kazanım ve tasarruflu ekipman kullanımıyla binada %25 su tasarrufu düşünülmesi [52]	- Gri su geri kazanım sisteminin uygulamada işletim sorunu nedeniyle devreye alınamaması, çalışması için yüksek maliyetli bakım-onarım gerektirmesi [56]
E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu	Dış şeffaf cephe malzemesi	- Enerji performans verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak istenmesi - LEED ölçütlerinde sunulan maksimum performansı elde edebilmek için U değeri düşük olacak şekilde seçilmesi [57] - Isıl performansın, güneş kontrolünün (SGF düşük) ve doğal aydınlatmanın sağlanması	- Çok sıcak yaz günlerinde yazın içeride ısınma problemi yaşanması, bina soğutma yükünü artmasına neden olması [56] - Kuzey cephesinde saydamlık oranının fazla olmasından (%23) kışın ısı kayıpları yaşanması, bina ısıtma yükünün artması - Güney cephesinde diğer cephelere oranla saydamlık oranının az olmasından (%32) kışın pasif ısı kazancının az sağlanabilmesi
	Dış cephe izolasyonu	- Enerji performans verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak istenmesi - Yapı kabuğu ve dış çevre arasında ısıl tampon görevi görerek kış aylarında ısı kayıplarının, yaz aylarında ısı kazançlarının azaltılmasının istenmesi - ASHRAE 90.1'de verilen değerin %30 üstünde enerji tasarrufu sağlanması [52]	- Herhangi bir uygulama sorunu yaşanmamıştır.

Çizelge 5.31. (Devam) Binanın enerji performansı ile ilgili sistemlerinin hedefleriyle uygulama sorunlarının karşılaştırılma tablosu

E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu	Mekan organizasyonu	- Enerji performans verimliliğine katkı sağlayarak LEED sistemindeki EAcl no'lu 'Enerji Performansının Optimize Edilmesi' adlı değerlendirme ölçütünden puan kazanmak istenmesi - Kış bahçesi ve limonluk uygulamalarıyla kışın güneşten ısı kazancı elde ederek binanın ısıtma yükünün azaltılması, enerji performansının artırılması	- Kış bahçesi uygulamasında ikinci bir kontrollü cephe yapılmadığından sistemin kışın ısıl tampon görevini sağlayamaması, yazın güneş kontrolü yapılmaması nedeniyle sağlanan ısı kazancının fazla ısınmaya neden olup mekanın soğutma yükünü artırması - Limonluk uygulamasında kış gündüzü sağlanan ısı kazancının başka bir mekanla bağlantı olmadığından pasif ısıtma potansiyelinden yararlanılamaması, yazın güneş kontrolü yapılmaması nedeniyle mekanda aşırı ısınma sorunu - Toplantı odalarının çok az kullanılmalarına rağmen diğer mahaller gibi sürekli ısıtılma ve soğutulmasının binanın enerji yükünü artırması
------------------------------------	---------------------	---	---

Binanın simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketimi değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması:

Bu alt başlıkta Eser Yeşil Binası'nın toplanan simülasyon ve fatura verilerinin analizi yapılmıştır. Simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketimi ve maliyet değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 5.32'de yapılmış, daha sonra bu sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.32. Eser Yeşil Binası'nın simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketim ve maliyet değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması

Enerji tipi	Simülasyon (kW/yıl)	Uygulama (kW/yıl)	Simülasyon (\$/yıl)	Uygulama (\$/yıl)
Doğalgaz	687.157	380.922	26.593	19.243
Elektrik	305.225	408.396	48.836	137.607
Toplam	992.382	789.319	75.429	156.850
Not: 1- Simülasyonda hesaplanan toplam yıllık enerji maliyeti (\$/yıl) değerleri toplam yıllık enerji tüketimi (kW/yıl) değerlerine çevrilirken, simülasyonda 1 kW karşılığında alınan maliyet birim değerlerine (\$/kW) bakılmıştır [47]: Doğalgaz: $0.0387 \text{ \$/kW}$ ($26.593 \times 0.0387 = 687.157 \text{ kW}$) Elektrik: $0.160 \text{ \$/kW}$ ($48.836 \times 0.160 = 305.225 \text{ kW}$)				

Çizelge 5.32. (Devam) Eser Yeşil Binası'nın simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketim ve maliyet değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması

Toplam değer 992.382 kW olarak hesaplanmıştır. Ancak bu hesaplamalar doğalgaz ve elektriğin ayrı ayrı tüketimlerini göstermek amacıyla yapılmıştır, simülasyon raporunda yıllık enerji tüketim değeri daha detaylı analizlerle 973.892 kW hesaplanmıştır. Yakın bir değer olduğu için tabloya hesaplanan ilk değer koyulmuştur.

2- Faturadaki toplam yıllık doğalgaz enerjisi tüketiminin m³ değeri kW değerine çevrilmiştir:

1 m³ doğal gazın içerisinde 10,64 kW enerji değeri bulunmaktadır [61].

Doğalgaz: 35.801 m³x10,64= 380.922 kW)

3- Maliyet karşılaştırmasında 2012 tarihli fatura tutarlarının TL değerindeki toplam sonuçları \$'a çevrilirken eşdeğer bir karşılaştırma yapmak adına, simülasyon raporunun hazırlandığı 16/08/2010 tarihindeki dolar kuru değeri olan 1.5127 alınmıştır [62]:

Doğalgaz: 29.110 TL/1,5127= 19.243 \$

Elektrik: 208.159 TL/1,5127= 137.607 \$

Değerlendirme:

1- Simülasyonda öngörülen değerlerle uygulamada gerçekleşen değerler arasında (+) ve (-) yönde ciddi sapmalar olduğu gözlemlenmiştir:

- Doğalgazın yıllık enerji tüketimi ve maliyeti uygulamada iki katına yakın (-) yönde,
- Elektriğin yıllık enerji tüketimi ve maliyeti uygulamada üç katına yakın (+) yönde,
- Toplam yıllık enerji tüketiminde (-) yönde, toplam yıllık enerji maliyetinde (iki katından fazla) (+) yönde sapmalar olduğu görülmektedir.

Bu sonuçların nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Binanın simülasyonuna tüm sistemlerin verileri girilememiştir [56].
- Simülasyonda öngörülen yıllık hava rejimi işletim sürecinde bazı zaman dilimlerinde beklendiği gibi olmamış, ciddi sapmalar yaşanmıştır [63].
- Binada tasarlanan bazı sistemlerin uygulamada yaşanan işletim ve otomasyon problemlerinden dolayı enerji verimlilikleri düşmüş veya hiç çalıştırılmamışlardır.
- Enerji modellemelerinde bina tam kapasite çalışırken simülasyon yapılmaktadır [58]. Binada yılın her çalışma gününün mesai saatinde öngörülen enerji tüketimi ve geceleyin çalışıp enerji kazancı sağlaması gereken sistemler işletimde bazı zaman dilimlerinde uygulanan aşırı tasarruf rejiminden dolayı gerçekleşmemiştir [59].

Çizelge 5.32. (Devam) Eser Yeşil Binası'nın simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketim ve maliyet değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının karşılaştırılması

2- LEED sisteminin 'Enerji ve Atmosfer' performans kategorisinin EAc3 no'lu 'Gelişmiş Heyet' adlı değerlendirme ölçütünde binanın 1 yıllık gerçek tüketim değerleri oluşunca simülasyonun kalibre edilmesi istenmektedir; verilerde düzeltmeler yapılarak simülasyon tekrar çalıştırılmalı ve tekrar sonuç alınmalıdır [60]. Ancak işletim ve otomasyonda yaşanan sorunlardan dolayı yukarıda elde edilen sonuçların, simülasyon sonuçlarına denk gerçek bir karşılaştırma analizi olarak sunulması yanlış olabilir. Bu nedenle sistemlerin gerekli bakım-onarımı yapılarak, tam kapasite çalıştırılması sağlanarak daha doğru sonuçlar elde edilmeli ve simülasyon kalibre edilmelidir.

5.7. Değerlendirme

Tezin bu alt bölümünde iki başlık halinde öncelikle binada enerji performansı ile ilgili uygulanmış sistemlere yönelik öneri amaçlı değerlendirmeler yapılmış, daha sonra önceki aşamalarda elde edilen veriler ve yetkililerle yapılan görüşmelerle saptanan uygulama sorunlarının nedenleri analiz edilmeye çalışılmıştır.

5.7.1. Enerji performansı ile ilgili uygulamalarına yönelik öneri amaçlı değerlendirmeler

Bu alt bölümde, Eser Yeşil Binası'nda enerji performansı ile ilgili yaşanan uygulama sorunlarına yönelik Çizelge 5.33-5.35'de görüleceği üzere binada kullanılan sistemlere öneri amaçlı değerlendirmeler getirilmiştir.

Çizelge 5.33. Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerine öneriler

A- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemler		
Öneri amaçlı değerlendirmeler	Fotovoltaik paneller	- PVT (Photovoltaic Thermal Hybrid Solar Collector) özellikli fotovoltaik paneller uygulanabilirdi [56]. Fotovoltaik paneller üzerlerine düşen güneş ışınımının sınırlı bir kısmını elektrik enerjisine dönüştürmektedirler. Bunun nedeni çok farklı dalga boylarında ışınım içeren güneş enerjisinin yalnızca belli bir aralığını elektriğe çevirmeleridir, geri kalan ışınımın büyük bir oranı malzemede ısı yükü oluşturmaktadır. Bu ısı yükü panellerin anlık verimini düşürmenin yanında malzemenin yapısına da zarar vermektedir; bu amaçla yükün uzaklaştırmak ve değerlendirmek amacıyla PVT sistemler tasarlanmıştır [64]. Bu sistemde panellerin arkasından normal sıcaklıkta su dolaştırılmaktadır. Böylece panellerden elektrik enerji kazancı sağlanmasının yanında panellerin fazla ısınmasından kaynaklanan verim düşüşü engellenmekte ve ısınan su ayrıca kullanım sıcak suyu olarak da kullanılmaktadır [56]. - Binada yatay uygulanan verimi düşük panellerin yerine açılı sistem fotovoltaik paneller uygulanabilirdi. - Binanın güney cephesi eğimli tasarlanarak bu bütünleşik sistemlerin sayısı ve verimi artırılabilirdi.
	Güneş toplayıcıları	- Bina kullanım sıcak su ihtiyacının tamamını karşılamak için en az 10 adet güneş toplayıcı (100lt x10= 1000lt) uygulaması gerekirdi [57]. - 10 adet güneş toplayıcısını yerleştirmek için projenin tasarımında teras çatının alanı artırılabilirdi. - Güneye yönelen farklı bir çatı kabuğu tasarımına güneş toplayıcıları bütünleştirilebilirdi.
	Rüzgar türbini	- Rüzgar türbini sisteminin Ankara ilindeki binalara uygulanması rüzgar rejimi yeterli olmadığından uygun görülmemektedir [60]. Rüzgar türbini uygulamalarında rüzgarı en iyi şekilde almak ve yüksek verimler elde etmek için sistemin çok daha yükseğe ve büyük ölçekte uygulanması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı herhangi bir öneri değerlendirmesi yapılmamıştır.

Çizelge 5.34. HVAC ve aydınlatma sistemlerine öneriler

B- HVAC sistemleri		
Öneri amaçlı değerlendirmeler		- Uygulanan sistemlere yönelik bina işletmesinin planlaması daha iyi yapılabilirdi. - Bina işletim süreci öncesinde tüm sistemler devreye alınarak test edilebilir ve çıkan veya çıkması muhtemel sorunlara önceden müdahale edilebilirdi. - Mekanik sistemler fazla komplike olmadan basit tasarlanabilirdi [60]. - Fazla komplike olduğundan çalıştırılmayan sistemler için ara üniteler tasarlanarak yoğunlukları azaltılıp çalışmaları sağlanabilirdi. Sistemler tek başına verimli olsa da, bir araya gelip ortak bir kumandaya bağlandıklarında verim düşmekte veya çalışmama problemleri yaşanabilmektedir. Bu durumda birbirleriyle ilişkileri mekanik ekipmanların arasına yerleştirilecek ara depolarla bölüp yöneterek sağlanmalıdır. Binada da birbirleriyle alakalı her sistem kendi arasında çalıştırılabilir, sistemlerin daha rahat takibi yapılabilirdi [59]. - Binanın genel enerji performansında sorun yaşandığında, bu sorunun hangi sistemden kaynaklandığı tespit etmek için binaya enerji ölçüm izleme sistemi kurulabilirdi. Böylece sorunlu sisteme gerekli bakım-onarım gerçekleştirilerek performansı artırılabilirdi [60].
C- Aydınlatma sistemleri		
Öneri amaçlı değerlendirmeler	Işık tüpleri	- Işık tüplerinin çapı ve sayıları artırılabilirdi. - Binanın 4.katında daha fazla mekana yerleştirilebilirdi. Böylece gündüz vakti sistemlerin uygulandığı mekanlarda yapay aydınlatmanın yarattığı elektrik yükü daha fazla veya tamamen ortadan kaldırılabilirdi. Yapay aydınlatma sadece güneş ışığının azaldığı akşam vakitleri için kullanılırdı. - Işık tüpleri uygulamalarına ek ışık bacası önerisi olarak: -2 bodrum katındaki kapalı otoparkta sensörlü yapay aydınlatmadan yararlanılmaktadır (Resim 5.23). Ancak büyük bir alanı aydınlatmak gerektiğinden bina elektrik yükü fazla artmaktadır [56]. Bu katta ışık bacası uygulaması yapılarak doğal aydınlatma sağlanabilirdi.
	Güneş kırıcıları	- Güneşin gün boyunca yönelimi ve açısı daha iyi analiz edilebilirdi. - Bu analize göre uygun yerlere yatay güneş kırıcıları kullanılabilirdi. - Maliyet ve işletim bedeli analizi yapıp, yazın güneş kontrollü sensörlü hareketli bir sistem kurgulanabilirdi.



Resim 5.23. Binanın kapalı otoparkındaki yapay aydınlatma ekipmanları [50]

Çizelge 5.35. Su geri kazanım ve yapı kabuğu- mekan organizasyonu sistemlerine öneriler

D- Su geri kazanım sistemleri		
Öneri amaçlı değerlendirmeler		- Uygulanan sisteme yönelik bina işletmesinin planlaması daha iyi yapılabilirdi. - Bina işletim süreci öncesinde tüm sistemler devreye alınarak test edilebilir ve çıkan veya çıkması muhtemel sorunlara önceden müdahale edilerek onarımı yapılabilirdi. Böylece tasarlanan gri su geri kazanım sisteminden beklenen performans alınabilirdi.
	E- Yapı kabuğu-mekan organizasyonu	
Öneri amaçlı değerlendirmeler	Dış şeffaf cephe malzemesi	- Cam özelliği olarak asal gaz dolgulu (argon, SF6, kripton, vb. gazlı) camlar tercih edilebilirdi. - Isı kaybının daha fazla olduğu kuzey cephesi, güneş kontrolünün daha güç olduğu doğu-batı cephelerinin şeffaflık oranı daha düşük olarak tasarlanabilirdi. - Optik ve termofiziksel özellikleri geliştirilmiş daha yüksek performans gösteren camlar kullanılabilirdi.
	Dış cephe izolasyonu	- Uygulamada sorun yaşanmadığından, malzeme tercihi ve uygulaması doğru olarak gerçekleştirildiğinden herhangi bir öneri değerlendirmesi yapılmamıştır.
	Mekan organizaonu	- Toplantı odaları binanın kuzey tarafına yerleştirilip, tampon bir bölge oluşturulabilirdi. Böylece toplantı odaları sürekli ısıtılmayıp kattaki ısıtılan mekanlarla bağlantısı kesilir ve ısı transferi kayıplarının da önüne geçilirdi. - Kış bahçesi uygulamasında ikinci bir kontrollü cephe yapılabilirdi. Böylece yazın güneş kontrolü yapılmaması nedeniyle sağlanan ısı kazancının önüne geçilmiş olunurdu. - Limonluk uygulamasında kış gündüzü sağlanan ısı kazancı mekanlara bağlantı sağlanarak dağıtılabilirdi. - Bu mekanların binanın enerji verimliliği açısından doğru tasarlanması, kullanım aşamasında karşılaşılan bu sorunları önleyebilir, performansı arttırabilirdi.
	Yapı formu ve yönelişi	- Binanın kompakt yapıda olması olumluluğuna rağmen, fiziksel çevre verilerini dikkate alan daha verimli bir yapı kabuğu tasarlanabilirdi. - Özellikle pasif mimari öğelere daha fazla ağırlık verilerek binanın enerji ihtiyacı azaltılabilirdi. Pasif iklimlendirmede sistemlerin enerjiye ihtiyaç duymadan, mekanik araç gereç kullanılmaksızın kendi kendine işlemesi söz konusudur. - Yapı formunun enerji verimliliği açısından daha doğru tasarlanması, binanın ısıtma-soğutma yüklerini azaltıp mekanik iklimlendirmeye olan ihtiyaç ve işletme maliyetlerini düşürebilir, performansı arttırabilirdi.

5.7.2. LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarının nedenlerine yönelik değerlendirmeler

Bu alt bölümde tez çalışması boyunca yapılan anlatımlar, analizler ve yapılan görüşmeler ışığında LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili uygulamada sorunlar çıkmasının nedenleri alt başlıklar halinde sıralanmaya çalışılmıştır:

- LEED sisteminde enerji performansına dayalı ölçütlerin içeriği zayıftır:

Enerji performansı yüksek bir bina hedeflendiğinde, verimlilik esasına dayalı ölçütlerin içeriği zayıf olduğundan LEED sistemi yetersiz kalmaktadır. Sistem sürdürülebilir bina tasarlamak için yapıcı yaklaşım önerilerini sunmaktadır ancak uygulamada sistem içeriği sıradanlaşmaya başlamakta, eksik kalmakta ve enerji tasarrufu az sağlanmaktadır. LEED’de binanın iyi çalışır hale gelmesinden ziyade uygun sistemleri yerleştirip puan kazanmak yeterli olmaktadır. Ancak sistemler kağıt üzerinde vaat edilip puan alınan verimliliği uygulamada tam olarak sağlayamamaktadır [59]. USGBC gelen eleştiriler üzerine yaptığı araştırmada, uygulanmış binaların enerji performansı açısından alınan LEED sertifika derecesine uymadıkları, öngörülenden çok daha düşük bir performans sergiledikleri, hatta bu performansların yıllar içinde daha fazla düştüğü sonucuna ulaşılmıştır [51].

LEED sisteminde tasarım araçları değil, ölçme araçları vardır. Amaç puan toplamında belli bir çitayı yakalamak olduğundan, hangi ölçütten kaç puan aldığınız pek de önem taşımaz. Bu ciddi bir sorundur çünkü bina enerji performansı dışındaki diğer tüm ölçütlerden yüksek puanlar alıp; enerji verimliliği, yenilebilir enerji, enerji verimli mimari-mekanik tasarımından düşük puan alsa bile sertifika kazanabilmektedir [65].

- Karmaşık sistemlerin tam otomasyon yazılımı henüz yapılamamıştır:

Binalarda kullanılan karmaşık sistemlerin birbirleriyle kurgusunun tam otomasyonunu sağlayacak bir yazılım henüz dünya üzerinde yoktur, özel yazılımlar üzerine çalışılmaktadır. Normalde otomasyon yani uzaktan kumanda sisteminde enerji kullanımı optimize edilerek fazla enerji tüketimi engellenmektedir. Binalar aç-kapa tuşlarıyla kontrol edilirken, karmaşık sistemlerin kurgusunu kumanda eden böyle bir yazılımın olmaması sistemlerin manuel olarak çalıştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Ancak binanın birçok yükü (ısıtma, soğutma, sıcak su, havalandırma, aydınlatma) dinamik parametrelere bağlı olarak (çevresel iklim koşulları ve kullanıcı talepleri) sürekli değişmektedir. Bir insanın anlık değişen bu yüklere karşı, sistemlerin koordinasyonunu her an karar verip sağlaması mümkün değildir. Bina kabuğunda enerji kaybı yaşanmadan, değişen şartlara göre hangi sistemin hangi ölçüde çalışacağının otomasyonunu sağlamak bu nedenle önemlidir [59].

- Mekanik sistemlerin bütünlük kurgusunda enerji verimliliği düşmektedir:

Binalarda enerji performansının yüksek olması isteniyorsa, enerji verimi yüksek sistemleri seçip yerleştirmek yeterli olmamaktadır. Bu sistemlerin birbirleriyle bütünlük kurgusunda verim kayıpları yaşanabilmektedir [60]. Ayrıca akılcı kullanım da sağlanmadıktan sonra istenilen verim gerçekleşmemektedir. Akılcı kullanım tasarlanan mekanik tesisatın performansının arz ve taleple uyumlu olmasıdır. Bunun için yük tahminlerinin saatlik olarak yapılması ve otomasyonun ona göre sağlanması lazımdır, kısaca doğru zamanda doğru enerji eşleştirilmelidir [58].

-Simülasyon sonucunda öngörülen enerji performansı uygulamada alınamayabilmektedir:

Simülasyon programlarında öngörülen enerji tüketimi değerleriyle uygulamadaki değerler arasında %15-20'lere varan farklılıklar olabilmektedir [60]. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Enerji modellemelerinde bina tam kapasite çalışırken simülasyon yapılmaktadır [58]. Ancak simülasyonda öngörülen işletim şekli uygulamada değiştirilmişse (mesai saatleri, gece çalışması gereken sistemleri devre dışı bırakmak gibi) farklı sonuçlarla karşılaşmaktadır [60].
- Simülasyon programlarında iklimsel veriler olarak, ASHRAE gibi kaynaklar tarafından hazırlanan uzun yılların dış hava verileri kullanılmaktadır. Ama gerçekte bu gerçekleşmeyebilir [60]. Örneğin Eser Yeşil Binası'nda yıllık tahmini hava rejiminde ciddi sapmalar olması (İlk işletim yılında hava sıcaklığının -20C°'e kadar indiği görülmüştür) nedeniyle istenilen enerji tasarrufu tam olarak sağlanamamıştır [63].
- Binalarda uygulanan bazı karmaşık sistemlerin verileri simülasyon programına girilememektedir. Örneğin Eser Yeşil Binası'nın simülasyonunda hibrid sistemlerin verileri girilememiştir. Bu nedenle simülasyon sonuçları binanın tüm sistemlerinin çalıştığı bir modeli temsil edememektedir [60]. Bazen de sistem verilerini eksiksiz ve doğru olarak girebilecek yeterlilikte bir uzman Türkiye'de bulunamadığından simülasyon tam anlamıyla çalıştırılmamaktadır [56].

- Denetleme, bakım-onarım ve teknik uzman yetersizliklerinde sistemlerin enerji verimliliği düşmektedir:

Binada kullanılan sistemlerin performansının enerji ölçüm izleme cihazlarıyla düzenli olarak kontrol edilmemesi, aylık ya da yıllık yeterli bakım onarımlarının yapılmaması, teknik uzman yetersizliği gibi işletme sürecinde yaşanan diğer sorunlar sistemlerin enerji verimliliğinin düşmesine, bina kabuğunda istenilen enerji performansının sağlanamamasına neden olmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezin giriş bölümünde belirtildiği üzere; azalan kaynaklar ve çevresel sorunlar neticesinde 1970’lerde yaşanan enerji krizinin ardından toplumu çevre bilincine karşı duyarlı hale getirmek önem kazanmıştır. Enerji tüketimi ve çevreye verdiği zararlarıyla %50’ye yakın bir paya sahip olan binalarda enerji verimliliğini ve çevresel faktörleri göz önünde bulunduran çalışmalar artmış ve bu konuda çalışan gönüllü sivil toplum örgütleri oluşmuştur. Bu örgütlerin oluşturdukları sürdürülebilir bina sertifikalandırma sistemleri binaların çevresel etkilerini değerlendirip ne kadar yeşil olduklarını belgelendirmektedirler. Dünya üzerinde en çok kullanılan iki sistem LEED ve BREEAM’dır. Bu sistemlere Türkiye’deki başvuru sayıları incelendiğinde; sertifikalandırılan binaların sayısının eşite yakın olmasına rağmen, LEED’e başvuran bina sayısının BREEAM’e oranla iki kattan fazla olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 3.2, Şekil 3.3). Türkiye’de özellikle ofis yapılarında sıklıkla uygulanan bu sistemin enerji değerlendirme performansının ayrıntılı olarak incelenmesi ve eksikliklerine yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma sürdürülebilirliğin ölçütleriyle LEED’in uygunluğunu ve sistemin öngördüğü enerji performansı ile ilgili hedeflerle uygulama sonuçlarının ne kadar örtüştüğünü sorgulamak amacıyla yapılmıştır. Literatürde yapılan alan taramasında, LEED sisteminin uygulamadaki enerji performansının değerlendirilmesine yönelik çalışmaların eksikliği görülmüştür. Literatüre bu tez çalışmasıyla uygulamada yaşanan sorunların ve nedenlerin sorgulanarak önerilerin getirildiği farklı bir katkı sağlanmak istenmiştir.

Tez kapsamında; öncelikle sürdürülebilirlik ölçütleri ele alınmış ve LEED sisteminin yapılanması anlatılarak içeriğindeki enerji performansı ile ilgili ölçütlerin analizi yapılmıştır. Daha sonra LEED’in enerji performansına yönelik uygulama öncesi hedefleriyle uygulama sonrası sonuçları, yapılan yerinde gözlem ve kişisel görüşme yöntemleriyle mevcut bir ofis binası üzerinden ele alınarak analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonunda, uygulama sorunlarının nedenleri değerlendirilerek

LEED sisteminin uygulamadaki enerji performansının iyileştirilmesine yönelik yapılması gerekenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu bağlamda tezin alan çalışmasında bu sisteminin getirileriyle tasarlanmış Ankara’da bulunan (Türkiye’de LEED sisteminden en yüksek puana sahip (Ekim 2013 verisi), Platin derecesinde sertifikalı) Eser Yeşil Binası tüm verileriyle ele alınmıştır. Tезin konusuna uygun anlatım ve çalışmalar yapıldıktan sonra; Eser Yeşil Binası’nın sürdürülebilir bir bina oluşturmak adına tasarım sürecindeki olumlu yaklaşımlarının fazlalığına rağmen, işletim sürecinde bazı olumsuz sonuçların yaşandığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar maddeler halinde şöyle özetlenebilir:

- İşletim ve otomasyon problemleri yaşanmıştır.
 - İşletiminde ciddi tasarruflar öngörülmesine rağmen, enerji verimliliği uygulamada istenildiği oranda performans olarak karşılanamamıştır. Karşılaşılan sorunlar nedeniyle bazı sistemler uygulamada aynı sonucu vermemiş; birbirleriyle bütünleşik kurgusu uygulamada gerçekleşememiş, enerji verimlilikleri düşmüş veya hiç çalıştırılamamışlardır (bkz. Çizelge 5.31) :
- Yenilenebilir enerji kullanan aktif sistemlerde; verim düşüşleri,
 - HVAC sistemlerinde; ekipmanların yoğun ve karmaşık kurgusu, işletim ve otomasyon sorunlarından kaynaklanan devreye alamama, verim düşüşleri,
 - Aydınlatma sistemlerinde; bazı mekanlarda gölgeleme sorunları,
 - Su geri kazanım gri su sisteminde; işletim sorunundan kaynaklanan devreye alamama,
 - Yapı kabuğu-mekan organizasyonu sistemlerinde; yazın fazla ısınma problemleri, kışın şeffaf yüzey oranı fazlalığından yaşanan ısı kayıpları, mekan organizasyonundan kaynaklanan bina enerji yükü artışı gibi sorunlar yaşanmıştır.

- Simülasyonda öngörülen yıllık enerji tüketimi değerleriyle uygulamadaki fatura sonuçlarının Çizelge 5.32’de görülen karşılaştırılması yapıldığında, simülasyonda öngörülen değerlerle uygulamada gerçekleşen değerler arasında (+) ve (–) yönde ciddi sapmalar olduğu gözlemlenmiştir (Toplam yıllık enerji tüketiminde (-), toplam yıllık enerji maliyetinde (iki katından fazla) (+) yönde). Bu sapmaların nedenleri (simülasyonun tam çalıştırılmaması, öngörülen hava rejiminin beklendiği gibi olmaması, binada uygulanan sistemlerde enerji performansı düşüşleri, bina işletmesinde aşırı tasarruf rejimi) çizelgenin sonunda ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca işletim ve otomasyonda yaşanan sorunlardan dolayı çizelgeden elde edilen sonuçların gerçek bir karşılaştırma analizi olarak sunulmasının yanlış olabileceğine ve bu nedenle sistemlerin gerekli bakım-onarımı yapılarak daha doğru sonuçlarla LEED sisteminin ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin EAc3 no’lu ‘Gelişmiş Heyet’ adlı değerlendirme ölçütüne uygun simülasyonun kalibre edilmesi gerektiğine değinilmiştir.
- Eser Yeşil Binası’nın tasarımında sürdürülebilirlik ölçütlerinin enerji performansı açısından getirilerine gereken önemin fazla verilmediği görülmüştür:
 - Binanın enerji performansının ilgili sürdürülebilirlik ölçütleri açısından değerlendirilmesi analizinde; LEED sisteminin ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinin ilgili ölçütlerinden alması gereken puanın 29 üzerinden 18 yerine 14 puan (bkz. Çizelge 5.20 5.22), ‘Suyun Verimli Kullanımı’ performans kategorisinin ilgili ölçütlerinden alması gereken puanın 10 üzerinden 10 yerine 7 puan (bkz. Çizelge 5.23 5.25) olması gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır.
 - LEED sisteminden puan alabilmek adına, enerji verimliliği yetersiz bazı yenilenebilir enerji sistemlerinin binada uygulandığı görülmüştür. Bina ısıtma ve soğutma yükü çok fazla olmasına rağmen; yıllık enerji ihtiyacının sadece %2’si yenilenebilir enerji sistemlerinden sağlanmaktadır [54]. Bina bu oranla, enerji maliyetinin belirli bir

yüzdesinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması durumunda maksimum 7 puan kazanılan LEED'in EAc2 no'lu ölçütünden sadece 1 puan kazanabilmiştir.

- Sürdürülebilirliğin pasif ölçütleri açısından binanın yönetilmesi yetersiz görülmüştür (bkz. Çizelge 5.30). Yapı formu yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum kazanç sağlayacak şekilde tasarlanmamıştır.

Tez çalışmasının 5.7.1 no'lu alt bölümünde Eser Yeşil Binası'nda enerji performansı ile ilgili yaşanan uygulama sorunlarına yönelik sistemlere öneri amaçlı değerlendirmeler getirilmiştir. Çizelge 5.33-5.35'de binanın tasarım aşamasında nelerin yapılabilmesi sistem bazında değerlendirilerek, uygulamada yaşanan enerji performansı ile ilgili sorunların azaltılabileceği veya ortadan kaldırılabilmesi düşünülmüştür.

LEED sertifikalandırma sisteminin tez çalışması boyunca yapılan anlatımlar, analizler, yapılan görüşmeler ve 5.7.2 no'lu alt bölümde ele alınan değerlendirmeler ışığında belirlenen enerji performansı ile ilgili uygulama sorunlarını ortadan kaldırmak için yapılması gerekenler, saptanan sorunlar ve çözümleri halinde aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Sorun: Mekanik sistemlerin bütünlük kurgusunda enerji verimliliğinin düşmesi, simülasyon sonuçlarında öngörülen enerji performansının uygulamada alınamaması
- Çözüm: İşletim planı oluşturma
Bina işletmesinin nasıl yapılacağı ve çıkabilecek sorunlar bina işletmeye alınmadan önce düşünülmeli, işleme yönelik doğru bir planlama yapılmalıdır. Sistemler birbirleriyle çok iyi kurgulanmalı ve yaşanabilecek verim kayıpları iyi analiz edilerek sistemler arasında da enerji verimliliği sağlanmalıdır. Enerji modelleme simülasyonunda veriler mümkün olduğunca eksiksiz ve doğru girilerek sistemlerin uygulamadaki performans kestirimleri doğru sonuçlar alınacak şekilde yapılmalıdır.

- Sorun: Enerji performansı ile ilgili tasarlanan sistemlerin işletim sürecinde çalıştırılamaması, beklenen verimin sağlanamaması
- Çözüm: Devreye alma
Sürdürülebilir bina uygulamalarında işleme geçilmeden önce, tasarlanan sistemlerin gerçekteki performanslarını ölçmek adına devreye alma süreci gerçekleştirilmeli ve sistemler testlere tabi tutularak verim analizi çalışmaları yapılmalıdır. Böylece bina kullanıcılar tarafından kullanılmaya başlamadan tespit edilen sorunlar çözülür ve gelecekte çıkabilecek olası sorunların da önüne geçilmiş olunur.
- Sorun: Otomasyon problemleri, karmaşık sistemlerin otomasyon yazılımının henüz yapılamaması; denetleme, bakım-onarım ve teknik uzman yetersizliklerinden sistemlerin enerji verimliliğinin düşmesi
- Çözüm: İşletim süreci optimizasyonu
Sistemlerden yüksek enerji veriminin elde edilmesi, tasarlanan sistemlerden uygulamada beklenen performansın alınabilmesi için optimum çalışma koşullarında işletilmesi gerekmektedir. Bunun için:
 - Süreklilik: Sistemlerin verimliliğinin sürekliliği sağlanmalıdır.
 - Otomasyon: Değişen şartlara göre hangi sistemin hangi ölçüde çalışacağını belirleyen, sistemler arasında bağlantıyı kumanda eden otomatik karar verme mekanizmasının oluşturulması gerekmektedir. Otomasyon doğru zamanda doğru enerjiyi eşleştirmelidir.
 - Denetleme: Sistemlerin performansı enerji ölçüm izleme cihazlarıyla düzenli olarak kontrol edilmeli, gerekli bakım-onarım yapılmalıdır.
 - Uzman personel: Teknik ekip personeli konusunda uzmanlaşmış olmalı, gerekirse ilgili eğitimlere tabi tutulmalıdır. Sorunları hemen çözüme kavuşturmak adına mümkünse personel sürekli binada istihdam edilmelidir.
- Sorun: LEED sisteminde enerji performansına dayalı ölçütlerin içeriğinin zayıf olması, sadece sertifika almaya yönelik çalışmaların enerji performansını maksimize edememesi

➤ Çözüm (LEED sisteminin enerji performansının iyileştirilmesine yönelik öneriler):

- ‘Enerji ve Atmosfer’ performans kategorisinden kazanabilecek puanlar fazlalaştırılarak sistemde %32 olan puan ağırlığı arttırılabilir.
- Tezin 4.5 no’lu alt bölümünde yapılan analizler sonucu elde edilen sürdürülebilirliğin enerji performansı ölçütlerinin %54 olan (‘Enerji Korunumu Stratejisi’ %25+%18=%43, ‘Su Korunumu Stratejisi’ %11) LEED sistemindeki oranı, değerlendirme ölçütlerinin içeriğinin enerji performansı odaklı geliştirilmesiyle arttırılabilir.
- Uygulamada binaların enerji performanslarının yüksek olması hedefleniyorsa, çevreyle ilişkileri öncelikle yapı kabuğunda sağlanmalıdır. Bu amaçla tezde %18 oranında elde edilen pasif sistemlerin sistemdeki dağılımı fazlalaştırılarak (mevcut önkoşullara bütünleştirilerek veya yeni bir önkoşul olarak eklenerek zorunluluklar da oluşturulabilir) binanın yapı kabuğundaki enerji korunumu ve kazanımı arttırılabilir ve böylece mekanik sistem yükü azaltılarak yaşanan uygulama sorunlarının önüne geçilebilir.
- Sistemlerin birbirleriyle bütünlük kurgusu enerji performansı açısından önemli olduğundan, LEED’de performans kategorilerinden birinden ya da birkaçından puan kazanmadan binalara sertifika verilmesinin önüne geçilebilir ve her performans kategorisinden alınması zorunlu minimum puan değeri belirlenerek zorunlu kılınabilir.

Bu öneri amaçlı değerlendirmeler yapıldığında; dünyada yaygın olarak kullanılan LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansı ile ilgili yaşanan uygulama sorunlarının önüne geçilerek, binaların enerji tüketimlerinin yanında gelecek kuşaklara aktarılacak yaşanabilir çevreye olan zararlı etkiler de azaltılabilecektir.

Gelecekteki yapılabilecek çalışmalarda; tezde LEED sertifikalandırma sisteminin enerji performansına yönelik uygulama sorunlarına getirilen sorgulama, dünyada kullanılan başta BREEAM olmak üzere diğer sertifikalandırma sistemlerine getirilebilir. Böylece diğer sistemlerin de enerji performansı ile ilgili hedefleriyle uygulama sonuçlarının ne kadar örtüştüğü yapılan çalışmalarla analiz edilebilir.

KAYNAKLAR

1. Çelik, E., “Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2009).
2. Scofield, J. H., “Do LEED-certified buildings save energy? Not really”, **Energy and Buildings**, 41: 1386–1390 (2009).
3. Sev, A., Canbay, N., “Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri”, **Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki**, 329: 42-47 (2009).
4. Kırılmaz, K., “LEED Bina Değerlendirme Sistemini Diğer Sistemlerle Karşılaştırmalı Analiz Etmek: Örnek Alan Çalışması Olarak California Academy Of Sciences”, Yüksek Lisans Tezi, **İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir (2010).
5. Öztürk, S., “Bina Performans Analizi Programları ile Enerji Etkin Binalarda Tasarım Süreci – Bir Örnek İncelemesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2010).
6. Saka, İ., “Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul’da Bir Ofis Binasının LEED Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2011).
7. Akça, S., “LEED Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2011).
8. Görgün, B., “Enerji Verimli Yeşil Bina Sertifikasyonunda Yol Haritasının Belirlenmesi İçin LEED ve BREEAM Örneklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2012).
9. Babilolyaei, B. F., “Yeşil Okul Tasarım Kriterleri Uluslararası LEED Değerlendirme Sertifikası ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2012).
10. Odaman Kaya, H., “Ölçütlere Dayalı Değerlendirme ve Sertifika Metotlarından LEED ve BREEAM’in Türkiye Uygulamalarına Yönelik İrdeleme ve Öneriler”, Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir (2012).
11. Yavaşbatmaz, S., “Yüksek Yapıların Sürdürülebilir Tasarım Ölçütleri Kapsamında Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2012).

12. Nyikos, D. M., Thal, A. E., Hicks, M. J., Leach, S. E., “To LEED or Not to LEED: Analysis of Cost Premiums Associated With Sustainable Facility Design”, *Engineering Management Journal*, 24: 4 (2012).
13. Özmehmet E., “Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Akdeniz İklim Tipi İçin Bir Bina Modeli Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2005).
14. Terzi, S., “Sürdürülebilir Çevre Açısından Uygun Yapı Ürünlerinin Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2009).
15. Boduroğlu, Ş., Kariptaş, F. S., “Yenilebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Konutlarda Kullanımı”, *Yeşil Bina Dergisi*, 2(1): 38- 41 (2010).
16. İnternet: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Türkiye Enerji Raporu”, http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerji_raporu_2009.pdf (2009).
17. Sev, A., “Sürdürülebilir Mimarlık”, *Yem Yayın*, İstanbul (2009).
18. Wolf, A.T., “Silikon Teknolojisinin Sürdürülebilir Mimariye Katkıları”, *Yeşil Bina Dergisi*, 4(1): 50- 53 (2010).
19. İnternet: Kincay, O., “Sürdürülebilir Yeşil Binalar, Bölüm I”, <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesil-I.Bol.pdf> (2009).
20. Jones, D.L., “Architecture and The Environment”, *Laurence King Publishing*, Londra (1998).
21. Arslanoğlu, N., “Günümüz Çok Katlı Konut Binaları Üzerindeki Bio-İklimsel Yaklaşımların İstanbul Örneği Üzerinde İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2008).
22. Erten, D., “Çevre Dostu Yeşil Bina Sertifika Sistemi BREEAM ve Ulusal Enerji Metodolojisi”, *29. Enerji Verimliliği Haftası* (2009).
23. Çimen, T., “Teknolojik Gelişmelerin Sonucunda Değişen Üretim İlişkilerinin Ofis Yapılarına Etkisi ve Ofis Mekanları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2008).
24. Raman, M., “Aspect of Energy Consumption in Tall Office Building”, *CTBUH Review*, 1(3): 80-89 (2001).
25. Kim, J-J., Rigdon, B., “Sustainable Architecture Module:Introduction to Sustainable Design”, *National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigon*, ABD (1998).

26. Alparslan, B., Gültekin, A. B., “Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örnek Bir Yapı Kapsamında Değerlendirilmesi”, *International Sustainable Buildings Symposium*, 590-595, Ankara (2010).
27. Bilgin, E.T., “Geleceğin Ofis Binalarındaki (Enerji Etkin Akıllı Ofis Binası) Tasarım Parametrelerine İlişkin Kriterlerin Saptanması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2001).
28. Özeler Kanan, N., “Ekolojik Mimarlıkta Mimari Bütünleşmenin 1990 Yılı Sonrası Ken Yeang ve Norman Foster’ın Yapıları Özelinde İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2010).
29. Dikmen, Ç.B., “Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 14(2): 121- 134 (2011).
30. Kubba, S., “Green Construction Project Management and Cost Oversight”, *Elsevier* (2010).
31. Cole, R. J., “Building Environmental Assessment Methods: A Measure of Success”, *ISBN 1-886431-09-4* (2003).
32. İnternet: Julien, A., “Assesing The Assesor: BREEAM vs LEED, Sustain Magazin”,6:33,
http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAMv_LEED_Sustain_Magazine.pdf
(2009).
33. Kobaş, B., “Oluşturulmakta Olan Türk Yeşil Bina Değerlendirme Sisteminin Malzeme Kategorisi İçin BREEAM ve LEED Örneklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2011).
34. Erten, D., “Kazanca Dönüşen Maliyet”, *Bölgesel Çevre Merkezi Dergisi*, 4: 18-19 (2008).
35. İnternet: <http://cedbik.org/icerikdetay.asp?ID=25&IcerikID=359> (2013).
36. İnternet: <http://www.usgbc.org> (2013).
37. İnternet: <http://www.breeam.org/> (2013).
38. Erten, D., “Türkiye için Yeşil Bina Sertifikası ve Çözüm Önerileri”, *Yapı Dergisi Yapıda Ekoloji Eki*, 329: 50-55 (2009).
39. Erten, D., Yılmaz, A. Z., “LEED ve BREEAM Sertifikalarında Enerji Performans Değerlendirilmesinin Karşılaştırılması”, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-Bina Fiziği Sempozyumu*, 1541-1552, İzmir (2011).

40. Çakmanus, İ., “Sürdürülebilir Binalarda Isıl Depolama”, *Yeşil Bina Dergisi*, 10(2): 36- 39 (2011).
41. Çakmanus, İ., Künar, A., Gülbeden, A., Kaş, İ., “Yüksek Performanslı Sürdürülebilir Binalara İlişkin Bir Değerlendirme”, *TMH Dergisi*, 461-462(2010/ 3-4): 38- 46 (2010).
42. İnternet: http://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED_2009_Rating_NC_11_2011.pdf (2013).
43. Moltay, Ö., “LEED 2012”, *Yeşil Bina Dergisi*, 10(2): 26- 27 (2011).
44. Somalı, B., “LEED mi, BREEAM mi?..”, *Yeşil Bina Dergisi*, 1(1): 14- 17 (2010).
45. İnternet: <http://maps.google.com> (2013).
46. İnternet: <http://www.eseryesilbina.com> (2013).
47. “Building Energy Modeling Analysis Prepared for Eser Holding”, *Altensis*, (2010)
48. İnternet: <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=ANKARA> (2013).
49. Çakmanus, İ., Künar, A., Toprak, G., Gülbelden, A., “Sürdürülebilir Ofis Binaları için Ankara’dan Bir Örnek Durum..LEED Platinum Sertifikalı Eser Yeşil Yönetim Binası”, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 69 (2010).
50. Solmaz, G.S., *Fotoğraf Arşivi*, (2013).
51. “Eser Yeşil Binası”, *Yeşil Bina Dergisi*, 2(1): 44- 49 (2010).
52. Öncül, S., Eser Yeşil Binası Kalite ve İş Güvenlik Müdürü, *Veri Arşivi*, (2013).
53. “Systems Manuel Summary Prepared for Eser Holding USGBC LEED Submittal”, *Altensis*, (2010)
54. İnternet: http://www.emo.org.tr/ekler/76441652bb56f52_ek.pdf (2013).
55. İnternet: http://cedbik.org/images/Icerik/eser_holding_bulten.pdf (2012).
56. Öncül, S., Eser Yeşil Binası Kalite ve İş Güvenlik Müdürü, *Kişisel Görüşme Notları*, (2013).
57. Türkmen, B., Eser Yeşil Binası Makine Mühendisi, *Kişisel Görüşme Notları*, (2013).

58. Kılıkış, B., “Örneklerle Birlikte Üretim Üçlü Üretim ve Enerji Depolama Sistemlerinin Bütünleşik Tasarımı”, **TTMD Semineri**, Ankara (2013).
59. Kılıkış, B., Eser Yeşil Binası Mekanik Sistemler Enerji Danışmanı, **Kişisel Görüşme Notları**, (2013).
60. Çakmanus, İ., Eser Yeşil Binası Mekanik Sistemler Enerji Danışmanı, **Kişisel Görüşme Notları**, (2013).
61. İnternet: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/06/20050602-11.htm> (2013).
62. İnternet: <http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kur2012.html> (2013).
63. Mutdoğan, S., “Türkiye’deki Sertifikalı Yeşil Binalara Eleştirel Bir Bakış”, **Akıllı ve Yeşil Binalar Kongre ve Sergisi**, 239-245, Ankara (2013).
64. Kandilli, C., Külahlı, G., Savcı, G., “Fotovoltaik Termal (Pvt) Sistem 2d Termodinamik Modellemesi ve Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması” **11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Yenilenebilir Enerji Sistemleri ve Isı Pompaları Sempozyumu**, 1325-1335, İzmir (2013).
65. Tatlıdamak, G., Santucci, D., Künar, A., “Yüksek Performanslı ‘Sürdürülebilir Binalar’ mı? Yoksa Yalnızca ‘Sertifikalı Binalar’ mı?”, **Yeşil Bina Dergisi**, 2(1): 50- 52 (2010).

EKLER

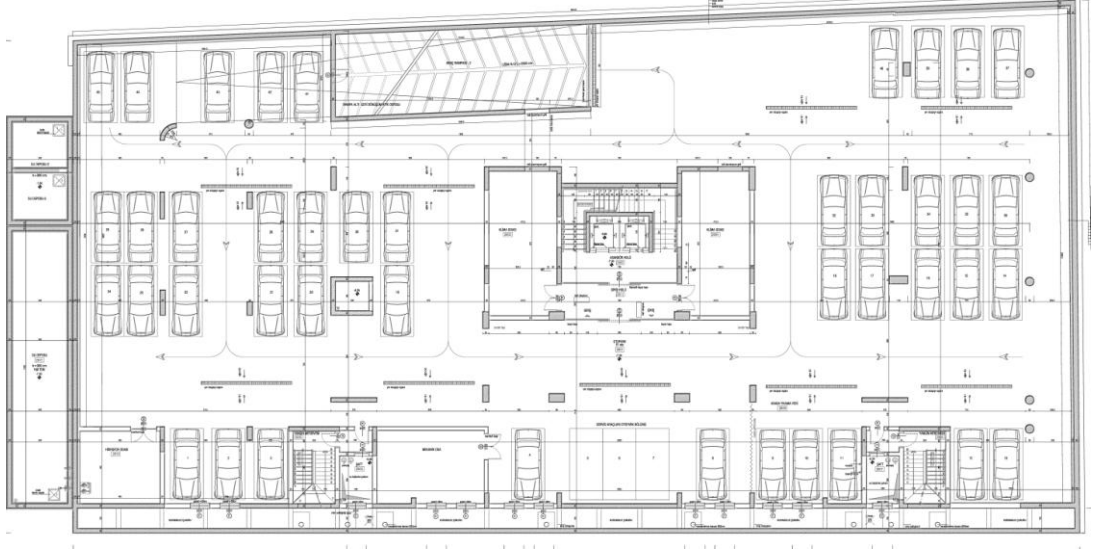
EK-1. LEED sistemi puanlama tabloları

LEED for New Construction and Major Renovations (v2009)

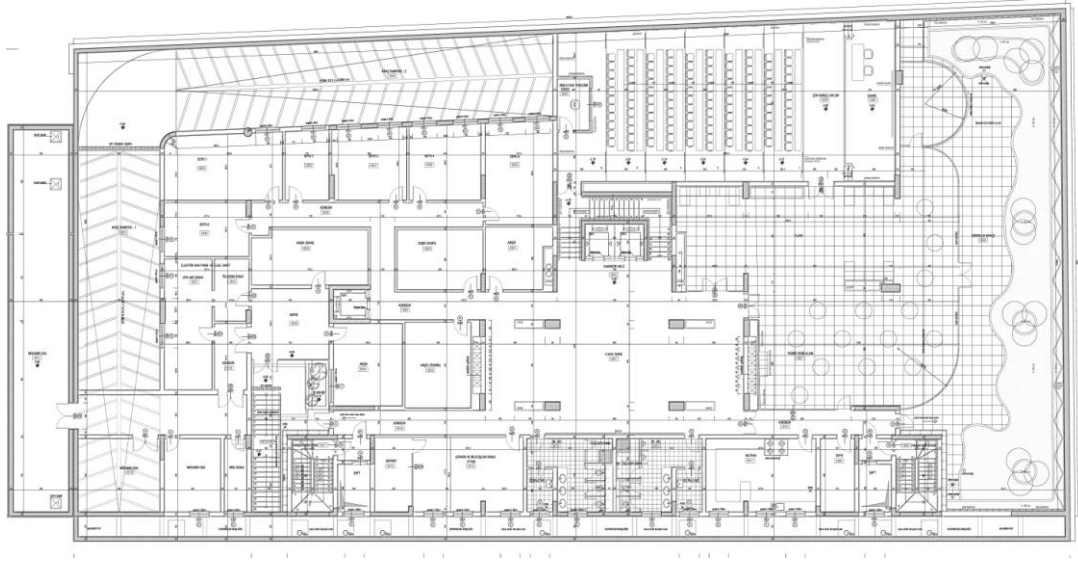
SUSTAINABLE SITES		POSSIBLE: 26	
Ssp1	Construction activity pollution prevention	REQUIRED	
Ssc1	Site selection	1	
Ssc2	Development density and community connectivity	5	
Ssc3	Brownfield redevelopment	1	
Ssc4.1	Alternative transportation - public transportation access	6	
Ssc4.2	Alternative transportation - bicycle storage and changing rooms	1	
Ssc4.3	Alternative transportation - low-emitting and fuel-efficient vehicles	3	
Ssc4.4	Alternative transportation - parking capacity	2	
Ssc5.1	Site development - protect or restore habitat	1	
Ssc5.2	Site development - maximize open space	1	
Ssc6.1	Stormwater design - quantity control	1	
Ssc6.2	Stormwater design - quality control	1	
Ssc7.1	Heat island effect - nonroof	1	
Ssc7.2	Heat island effect - roof	1	
Ssc8	Light pollution reduction	1	
WATER EFFICIENCY		POSSIBLE: 10	
WEp1	Water use reduction	REQUIRED	
WEC1	Water efficient landscaping	4	
WEC2	Innovative wastewater technologies	2	
WEC3	Water use reduction	4	
ENERGY & ATMOSPHERE		POSSIBLE: 35	
EAp1	Fundamental commissioning of building energy systems	REQUIRED	
EAp2	Minimum energy performance	REQUIRED	
EAp3	Fundamental refrigerant Mgmt	REQUIRED	
EAc1	Optimize energy performance	19	
EAc2	On-site renewable energy	7	
EAc3	Enhanced commissioning	2	
EAc4	Enhanced refrigerant Mgmt	2	
EAc5	Measurement and verification	3	
EAc6	Green power	2	
MATERIAL & RESOURCES		POSSIBLE: 14	
MRp1	Storage and collection of recyclables	REQUIRED	
MRc1.1	Building reuse - maintain existing walls, floors and roof	3	
MRc1.2	Building reuse - maintain interior nonstructural elements	1	
MRc2	Construction waste Mgmt	2	
MRc3	Materials reuse	2	
MRc4	Recycled content	2	
MATERIAL & RESOURCES		POSSIBLE: 15	
EQp1	Minimum IAQ performance	REQUIRED	
EQp2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) control	REQUIRED	
EQc1	Outdoor air delivery monitoring	1	
EQc2	Increased ventilation	1	
EQc3.1	Construction IAQ Mgmt plan - during construction	1	
EQc3.2	Construction IAQ Mgmt plan - before occupancy	1	
EQc4.1	Low-emitting materials - adhesives and sealants	1	
EQc4.2	Low-emitting materials - paints and coatings	1	
EQc4.3	Low-emitting materials - flooring systems	1	
EQc4.4	Low-emitting materials - composite wood and agrifiber products	1	
EQc5	Indoor chemical and pollutant source control	1	
EQc6.1	Controllability of systems - lighting	1	
EQc6.2	Controllability of systems - thermal comfort	1	
EQc7.1	Thermal comfort - design	1	
EQc7.2	Thermal comfort - verification	1	
EQc8.1	Daylight and views - daylight	1	
EQc8.2	Daylight and views - views	1	
INTRODUCTION/OTHER		POSSIBLE: 6	
IDc1	Innovation in design	5	
IDc2	LEED Accredited Professional	1	
Introduction/OtherIntroductionOther			
REGIONAL PRIORITY		POSSIBLE: 4	
RPC1	Regional priority	4	
TOTAL		110	
		40-49 Points CERTIFIED	50-59 Points SILVER
		60-79 Points GOLD	80+ Points PLATINUM

LEED sisteminin ‘Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar’ değerlendirme tipi için puanlama tablosu [36]

EK-2. Eser Yeşil Binası mimari uygulama çizimleri

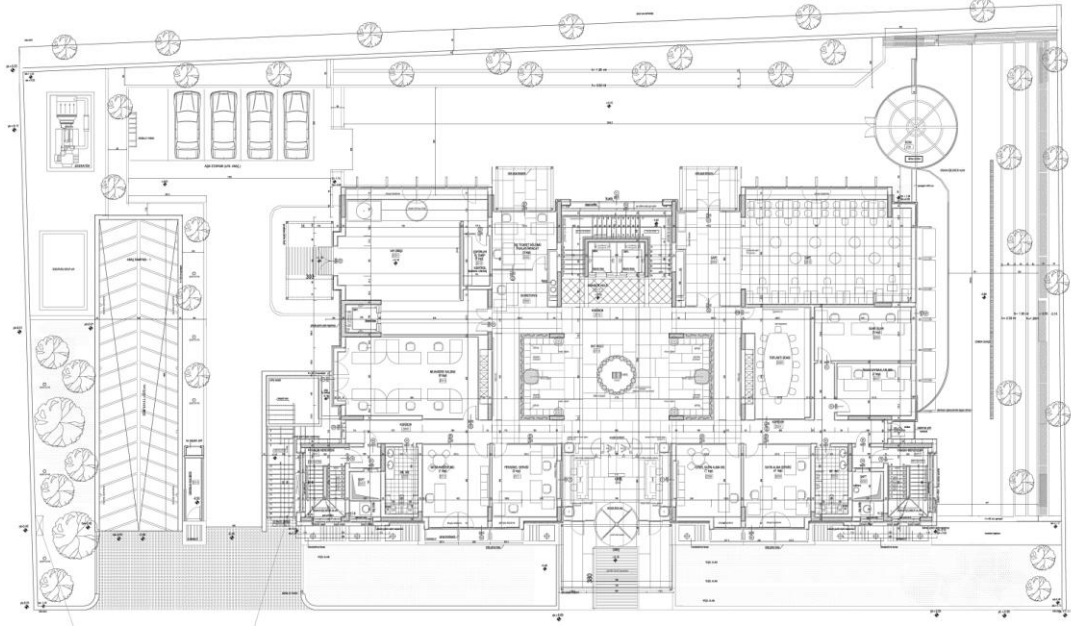


Eser Yeşil Binası -2 bodrum kat planı (ölçeksizdir) [52]

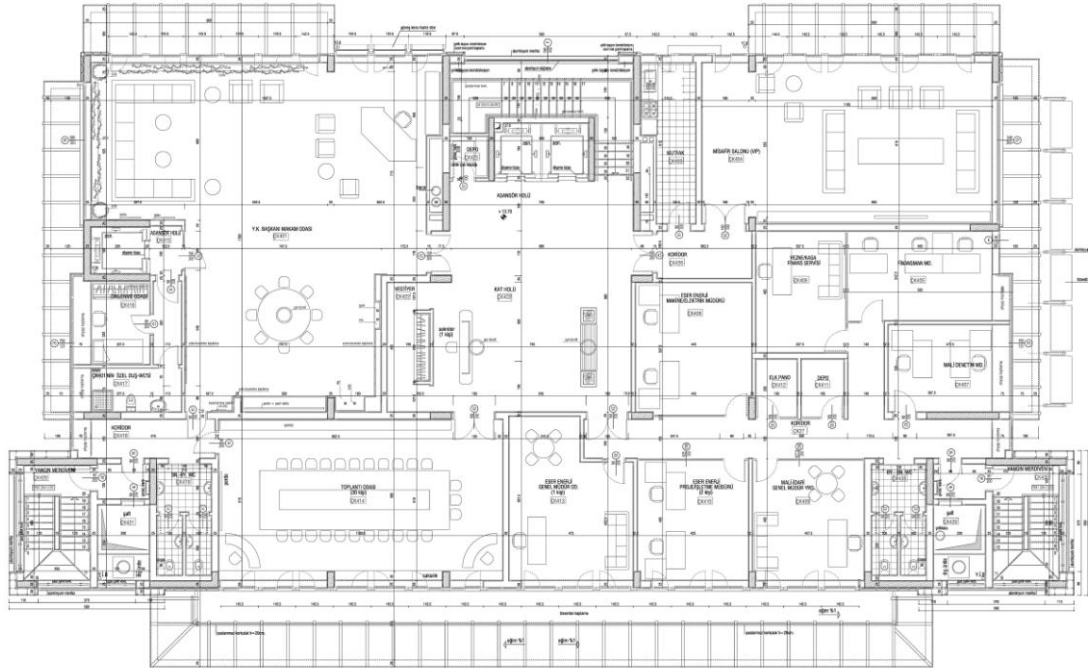


Eser Yeşil Binası -1 bodrum kat planı (ölçeksizdir) [52]

EK-2. (Devam) Eser Yeşil Binası mimari uygulama çizimleri

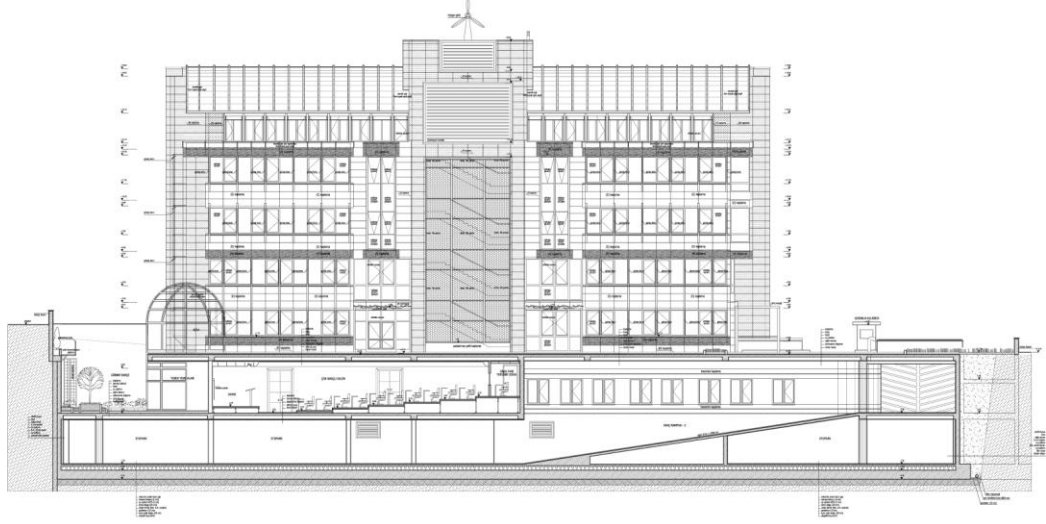


Eser Yeşil Binası zemin kat planı (ölçeksizdir) [52]

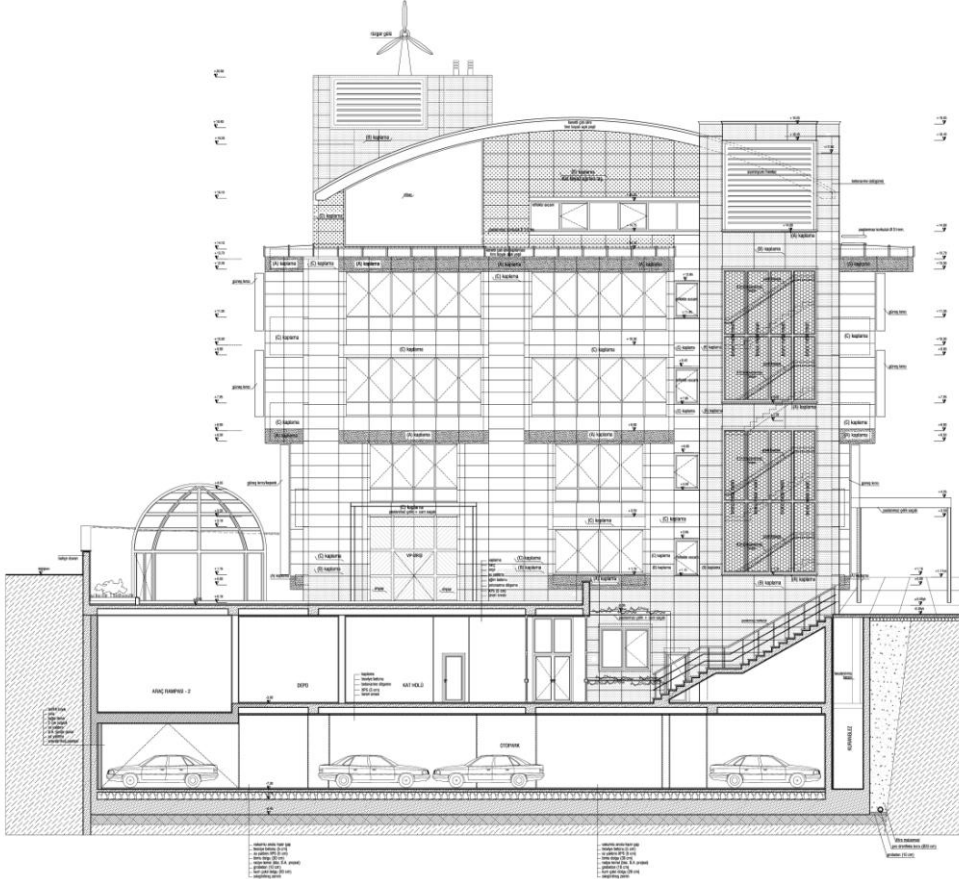


Eser Yeşil Binası 4. kat planı (ölçeksizdir) [52]

EK-2. (Devam) Eser Yeşil Binası mimari uygulama çizimleri



Eser Yeşil Binası doğu (arka) cephesi (ölçeksizdir) [52]



Eser Yeşil Binası kuzey (sol yan) cephesi (ölçeksizdir) [52]

EK-3. Eser Yeşil Binası'nın fotoğrafları



Bina kuzey (sol yan) cephe görünüşü [50]



Bina batı (ön) cephe görünüşü [36]

EK-3. (Devam) Eser Yeşil Binası'nın fotoğrafları



Bina sağ yan cephe görünüşü [50]



Cephedeki fotovoltaiik paneller [50]

EK-3. (Devam) Eser Yeşil Binası'nın fotoğrafları



Bina yemekhane mahali [50]



Bina kat holünden bir görünüş [36]

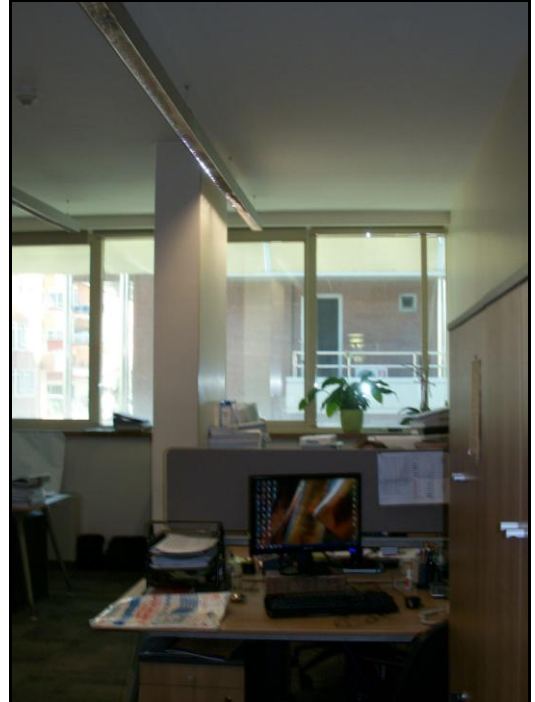
EK-3. (Devam) Eser Yeşil Binası'nın fotoğrafları



Bina kat holünden bir görünüş [36]



Ofis koridorundan bir görüntü [36]



Ofis mahalinden bir görüntü [50]

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SOLMAZ, Gülşah Servet
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 25.02.1986 Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (533) 324 50 15
 e-mail : gulsah_s_solmaz@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Mimarlık Bölümü	2009
Lise	Hacı Ömer Tarman Anadolu Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007	Özkar, Can İnşaat	Stajyer
2008	TH& İdil Mimarlık	Stajyer
2009-2011	Mtm Mimarlık	Mimar
2011-2012	Fon Mimarlık	Mimar
2013	Alpkon Proje Mühendislik	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Hobiler

Fotoğraf Çekmek, Seyahat Etmek, Şiir Yazmak