



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜŞEY YEŞİL CEPHELER VE YEŞİL ÇATILARIN EKOLOJİK KRİTERLER BAKIMINDAN İNCELENMESİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hande Büşra KOBYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Aralık-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜŞEY YEŞİL CEPHELER VE YEŞİL ÇATILARIN EKOLOJİK KRİTERLER BAKIMINDAN İNCELENMESİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hande Büşra KOBYA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fatih CANAN

2017, 119 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Dicle AYDIN
Yrd. Doç. Dr. Fatih CANAN
Yrd. Doç. Dr. Selçuk SAYIN

Günümüzde artan kentleşme ile beraber küresel ısınma, çevre kirliliği, çarpık kentleşmeler, kentsel ısınma gibi birçok olumsuz durum ortaya çıkmıştır. Özellikle 20. ve 21. yy'da bu olumsuz durumların ortadan kaldırılabilmesi için oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Bunlardan çoğu çevreye karşı duyarlı yapılar ortaya çıkarmak için yapılan çalışmalardır. Yüksek teknolojide kullanılan yapı elemanları ve sürdürülebilir malzemeler ile çevreye verilen zararı en aza indiren binalar yapılmaya başlanmıştır. Son dönemlerde ise cephede ve çatıda kullanılan bitkilendirme ile yukarıda belirtilen olumsuzluklar en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Bina cephesinde ve çatıda bitki kullanılarak kent dokusu içindeki biyoçeşitliliğin artması sağlanmıştır. Kullanılan bitkiler havadaki toz ve partikülleri tutarak ortamdaki hava kalitesini olumlu bir şekilde değiştirmiştir. Bitkiler sayesinde karbondioksit oranında azalma ve oksijen oranında artma ile küresel ısınmaya olumlu bir katkıda bulunulduğu ortaya çıkmıştır. Bunların dışında nem oranının yapının bulunduğu bölgede artarak ısı adası etkisini azalttığı gözlemlenmiştir. Bitkiler binanın dışındaki çevre ve trafik gürültüsünü tamponlayarak soğuk rüzgâr etkisini en aza indirip yaşam kalitesini arttırmıştır.

Bu tezde düşey yeşil cephelerin ve yeşil çatıların tanımı yapılarak ülkemizden ve yurtdışından örneklerle türlerine değinilmiş, ekosisteme sağladığı avantaj ve dezavantajlar belirtilmiştir. Ülkemizden dört farklı iklim bölgesinde bulunan dört farklı ilde, düşey yeşil cephe ile yeşil çatıların kullanıldığı konut binası ve geleneksel cephe ile geleneksel çatının kullanıldığı konut binasının yıllık tüketim enerjisi benzetim programı ile hesaplanmıştır. Ulaşılan sonuçlar ile bitkilendirilmiş duvar-bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar-geleneksel çatının dört farklı iklim bölgesindeki etkilerinin karşılaştırılması değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda bazı iklim bölgelerinde düşey yeşil cephe ve yeşil çatı sistemlerinin kullanımı oldukça fazla fayda sağlarken, bazı iklim bölgelerinde bu sistemlerin kullanımı anlamlı sonuçlar ortaya koymamıştır. Örneğin; düşey yeşil cephe ve yeşil çatı sistemlerinin birlikte kullanımı yıllık toplam enerji tüketimine 4. derece-gün bölgesinde bulunan Erzurum ili için en fazla fayda sağlarken, 1. derece-gün bölgesinde bulunan Antalya'da en az fayda sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dikey Bahçeler, Düşey Yeşil Cepheler, Ekoloji, Enerji Verimliliği, Sürdürülebilir Mimari, Yeşil Çatılar

ABSTRACT

MS THESIS

EXAMINATION OF VERTICAL GREEN FACADES AND GREEN ROOFS IN TERMS OF ECOLOGICAL CRITERIA AND EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY

Hande Büşra KOBYA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ARCHITECTURE

Advisor: Assist. Prof. Dr. Fatih CANAN

2017, 119 Pages

Jury
Prof. Dr. Dicle AYDIN
Assist. Prof. Dr. Fatih CANAN
Assist. Prof. Dr. Selçuk SAYIN

Today, with increasing urbanization, many negative situations such as global warming, environmental pollution, distorted urbanization and urban warming have emerged. A lot of work has been done to remove these negative situations, especially in the 20th and 21st centuries. Most of these work is done to reveal sensitive structures concerned with the environment. A new building type has emerged which employs high-tech building elements and sustainable principles, to produce buildings which reduce their negative impact on the environment. In recent periods, the implementation of green roof and green wall systems on buildings has shown to minimize impacts of the above mentioned negatives.

Biodiversity within the urban texture has increased by the use of plants on the roof and walls of buildings. Plants improve air quality of an environment as they remove dust and particles from the air. Thanks to plants, a decrease in the rate of carbon dioxide and an increase in the rate of oxygen has shown to make a positive contribution in fighting global warming. Additional to these outcomes, it has been observed that the humidity ratio in the region where the structure is located is increased and the heat island effect is reduced. Plants buffer the noise of the environment and traffic outside the building and reduce the cold wind effect to a minimum, therefore increasing the quality of life.

In this thesis vertical green facades and green roofs are defined and their types, which are from our country and abroad, are referred to by examples. The advantages and disadvantages to the ecosystem are also mentioned. An evaluation was made of the annual energy consumption of residential buildings with vertical green facades-green roofs, and traditional roof-traditional facades. It was calculated using four different climates in four different climatic regions of our country, Turkey, by simulation program. As a result of this evaluation, the use of vertical green facades and green roof systems in some climatic regions is very beneficial, but in some climatic regions the use of these systems has not produced any meaningful results. For example; the combined use of vertical green facades and green roof systems provides the greatest benefit in Erzurum province, which is located in the 4th degree-day region for total annual energy consumption., while it provides the least benefit in Antalya which is located in the 1st degree-day region

Keywords: Vertical Gardens, Vertical Green Facades, Ecology, Energy Efficiency, Sustainable Architecture, Green Roofing

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana her zaman destek olan, yardımlarını esirgemeyen, sabırla her soruma cevap veren, bilgilerini benimle paylaşan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Fatih Canan'a; her zaman yanımda olan ve beni motive eden iş arkadaşlarım Arş. Gör. Yeliz Emecen ve İç Mimar Canan Yıldız'a; yaptığım her işte arkamda olup daima beni destekleyen, hayatımın her evresinde bana inanan ve güvenen annem Hülya Kobya, babam Haydar Kobya ve kardeşim Furkan Kobya'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hande Büşra KOBYA
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Çalışmanın Amacı 2
1.2. Çalışmanın Kapsamı 2
1.3. Çalışmanın Yöntemi 3
1.4. Literatür Araştırması 3

2. DÜŞEY YEŞİL CEPHELER VE YEŞİL ÇATILAR **8**

2.1. Düşey Yeşil Cepheler 8
2.1.1. Tanımlar (Cephe, ekoloji, sürdürülebilirlik) 8
2.1.2. Düşey yeşil cephenin tanımı 8
2.1.3. Düşey yeşil cephelerin tarihsel gelişim süreci 9
2.1.4. Düşey yeşil cephelerin sınıflandırılması ve örneklendirilmesi 10
2.1.4.1. Yeşil cepheler 10
2.1.4.2. Yaşayan duvarlar 13
2.1.5. Düşey yeşil cephelerin yapısal parçaları 16
2.2. Yeşil Çatılar 17
2.2.1. Tanımlar (Çatı) 17
2.2.2. Yeşil çatının tanımı 17
2.2.3. Yeşil çatıların tarihsel gelişimi 18
2.2.4. Yeşil çatı sistemlerinin temel katmanları 20
2.2.5. Yeşil çatıların sınıflandırılması ve örneklendirilmesi 21
2.2.5.1. Ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatılar 21
2.2.5.2. İntansif (sık) bitki dokulu yeşil çatılar 24
2.2.5.3. Yarı-intansif (yarı-yoğun) yeşil çatılar 26

2.2.5.4. Yeşil çatı türlerinin karşılaştırılması 27
2.3. Düşey Yeşil Cepheler ve Yeşil Çatıların Faydaları 28
2.3.1. Biyolojik çeşitliliğe katkı sağlama 28
2.3.2. CO_2 seviyesini azaltıp, O_2 seviyesini arttırarak, hava kalitesini düzenleme 30
2.3.3. Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması 33
2.3.4. Yağmursuyu yönetimi 35
2.3.5. Termal etkiler: Sıcaklık azaltma 38
2.3.6. Isı izolasyonu sağlanması 42
2.3.7. Gürültü izolasyonu sağlanması 44
2.3.8. Rüzgarı engelleme 45
2.3.9. Gölgelenme sağlanması 46
2.3.10. Enerji tüketiminin azaltılması 48
2.3.11. Görsel ve estetik değeri arttırması 50
2.3.12. Buharlaşmalı soğutma sağlanması 52
2.3.13. Rekreasyon alanı sağlaması 54
2.3.14. Yangın güvenliği sağlama 56
2.3.15. UV ışınlarından koruma 56
2.3.16. İnsan sağlığına olan etkisi 57
2.4. Düşey Yeşil Cepheler ve Yeşil Çatılar ile İlgili Dezavantajlar 58
2.4.1. Düşey yeşil cepheler ile ilgili dezavantajlar 58
2.4.2. Yeşil çatılar ile ilgili dezavantajlar 60
2.5. Düşey Yeşil Cepheler ve Yeşil Çatıların Bakımı 61
2.5.1. Bakım Planlaması 62
2.5.2. Bakım Süreçleri 63

3. DÜŞEY YEŞİL CEPHELER VE YEŞİL ÇATILARIN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 65

3.1. Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesinde Benzetim Programları 65
3.2. Alan Çalışması 66
3.2.1. Benzetim yapılacak olan bina modelinin belirlenmesi 68
3.2.2. Bina modelinin Design Builder programına aktarılması 71

3.2.3. Aktarılan bina modeli için ortak ve farklı seçeneklerin belirlenmesi……72

3.2.4. Oluşturulan seçenekler için her dört ilde yıllık toplam enerji yüklerinin hesaplanması 72

3.2.5. Hesaplanılan değerlerin her dört il ve farklı seçenekler için değerlendirilmesi 81

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 90

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 95

KAYNAKLAR 97

ÖZGEÇMİŞ..... 119

SİMGELER VE KISALTMALAR

BM: Birleşmiş Milletler
TDK: Türk Dil Kurumu
ABD: Amerika Birleşik Devletleri
MÖ: Milattan önce
PVC: Polivinil klorür
VOC: Volatil Organik Bileşikler
UHIE: Urban Heat Island Effect (Kentsel ısı adası etkisi)
HVAC: Heating, ventilating, air conditioning, cooling (Isıtma, havalandırma, iklimlendirme, soğutma)
UV: Ultraviyole
HAP: Hourly analysis program (Saatlik analiz programı)
Csa: Warm temperature, summer dry, hot summer (Kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklim-Akdeniz iklimi)
Cfb: Warm temperature, fully humid, warm summer (Kışı ılık, yazı sıcak her mevsimi yağışlı iklim)
BSk: Arid, steppe, cold arid (Soğuk step iklimi ya da soğuk yarı kurak iklim)
Dfb: Snow, fully humid, warm summer (Kışı şiddetli yazı kısa ve sıcak, her mevsimi yağışlı iklim)
CO_2: Karbondioksit
O_2: Oksijen
°C: Derece
°F: Fahrenheit
W/m²: Watt/metrekare
cm: Santimetre
m: Metre
m²:Metrekare
dB: Desibel
kWh: Kilowatt
J/kg K: Joule/ Kilogram

1. GİRİŞ

Dünya genelinde, kentleşme olgusuyla beraber kırsal bölgelerden kentlere olan göçler artmıştır. Bunun sonucunda, kentlerde yapısal yoğunluk ve yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının tüketimi çok hızlı bir şekilde artmıştır. Yapılı çevrenin yoğunluk olarak artması, kent ortamındaki yeşil alanların azalmasına ve beraberinde birçok olumsuz çevresel gelişmelerin oluşmasına neden olmuştur. Yeşil dokunun azalması ile beraber küresel ısınma artmış, kentlerin sıcaklığında yaz aylarında önemli artışlar gözlemlenmiştir. Çevre üzerinde oluşan baskıların artmasının yanısıra ekonomik, sosyal ve psikolojik açıdan çok sayıda negatif etkiler meydana gelmiştir.

Bu olumsuz gelişmeler karşısında, özellikle 1970'li yıllardan itibaren küresel ölçekte, BM (Birleşmiş Milletler)'in düzenlediği çevre temalı konferanslar ve sivil toplum örgütlerinin çalışmalarıyla bir bilinçlenme dönemi başlamıştır. Düşünmeden kullanılan enerji kaynakları daha bilinçli olarak kullanılmış ve yeni enerji kaynakları bulmak ve üretmek için çaba harcanmıştır. Kentlerdeki enerji verimini artırmanın en iyi yolunun da yapılardaki enerji verimini korumanın olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle yapı kabuğunda, üst örtüsünde ve iç mekanında enerji verimini korumak ve arttırmak için farklı ve yeni yollara başvurulmuştur.

Günümüzde birçok yeni yapı malzemesi yapı sektöründe kullanılmaktadır. Bu malzemelerin bir bölümü çatı ve cephelerde kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılan yüksek kalitede malzemeler ve sürdürülebilir binalar ile ekosistem üzerine olan olumsuz etkiler bir nevi azaltılmaya başlanmıştır. Bunu gerçekleştirmenin yollarından birisinin de çatı ve cephelerde uygulamalar yapmak olduğu ortaya çıkmıştır.

Çatı ve cephelerde kullanılan bitki örtüleri, çevreye duyarlı yapı malzemeleri ve çevreye adapte olabilen yapı elemanları ile sürdürülebilir yapılar ortaya çıkarılmıştır. Kentlerdeki bitki örtüsünün azalması sebebiyle yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler kullanarak enerji verimi sağlandığını görmek bu uygulamaların artmasına neden olmuştur. Bu yüzden cephede ve çatıda bitkilerin kullanımı artmaya başlamıştır.

Düşey yeşil cephe ve yeşil çatı uygulamalarının çok sayıda yararları bulunmaktadır. Bunlar; kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, biyoçeşitliliğin korunması, hava kalitesinin iyileştirilmesi, yağmur suyunun verimli kullanılması, hava sıcaklığının azaltılması, ısı yalıtımı sağlanması, rüzgarın ve gürültünün engellenmesi, gölge oluşturulması, buharlaşma ile soğutmanın sağlanması, enerji tüketiminin azaltılması, rekreasyon alanı yaratılması, UV (ultraviyole) ışınlarının engellenmesi ve insan sağlığına

olan olumlu etkileri şeklinde sıralanabilir. Bu yararlar ekolojik, sosyolojik ve psikolojik açıdan hem çevreye hem de insanlara olumlu etkiler sağlamaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmada, bütün kullanımları ile birlikte düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların ekosisteme sağladığı faydalar belirtilerek bu sistemlerin enerji etkinliklerinin tartışılması ve bunların örneklerle gösterilmesi amaçlanmıştır. Bunu gerçekleştirmek üzere Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesi seçilerek bu bölgeler için önerilecek olan düşey yeşil cephe ve yeşil çatı sistemlerinin ısıtma ve soğutma yüklerinin benzetim programı kullanılarak hesaplaması yapılmıştır.

Tezde ülkemizin dört farklı iklim bölgesinden seçilen Antalya, Konya, Samsun ve Erzurum şehirlerinde, yeşil çatı ve düşey yeşil cephe sistemleri ile uygulanacak olan bir konut binası ve geleneksel olarak tasarlanmış bir konut binasının yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma ile geleneksel olarak tasarlanmış bir konut binası ile yeşil çatı ve düşey yeşil cephe sistemleri kullanılarak tasarlanmış bir konut binasının hangi iklim bölgesinde ve hangi koşullarda daha iyi sonuçlar vereceğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmada düşey yeşil cephe ve yeşil çatı uygulamaları sürdürülebilir kriterler bakımından incelenmiştir. Farklı ülkelerde uygulanmış olan örnekler tanıtılmış, bunların çevreye sağladığı olumlu ve olumsuz yönleri anlatılmıştır.

Bu tezde ilk bölümde çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemine değinilmiş, konu ile ilgili yapılan önceki literatür çalışmaları tanıtılmıştır. İkinci bölümde düşey yeşil cephe ve yeşil çatıların tanımlaması yapılıp, bu sistemlerin tarihçesine, türlerine, özelliklerine, bakımına, avantajlarına ve dezavantajlarına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinden seçilen Antalya, Konya, Samsun ve Erzurum şehirlerinde yeşil çatı ve düşey yeşil cephe sistemleri ile uygulanacak olan bir konut binası ve geleneksel olarak tasarlanmış bir konut binasının yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışma; Antalya, Samsun, Konya ve Erzurum illeri ve bina tipolojisi olarak da konut ile sınırlı tutulmuştur.

Dördüncü bölümde düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar ile ilgili yapılan benzetim sonucunda ulaşılan bulgular açıklanmıştır. Son bölümde ise elde edilen araştırma sonuçları kapsamında düşey yeşil cephe ve yeşil çatı uygulamalarının ekolojik açıdan

olumlu ve olumsuz etkileri tartışılmış ve enerji verimliliğine olan etkileri değerlendirilmiştir.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Tezde iki farklı yöntemden yararlanılmıştır:

- Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların tanıtılması, sınıflandırılması, örneklendirilmesi, avantaj ve dezavantajlarının belirlenip, bu sistemlerin bakımı hakkında bilgi verilmesi için literatür araştırmasından faydalanılmıştır.
- Düşey yeşil cephelerin ve yeşil çatıların enerji verimliliğini değerlendirilebilmek için Design Builder isimli benzetim programından faydalanılmıştır. Bu program ile dört farklı ildeki yıllık toplam ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Benzetim süreci 5 farklı aşamadan oluşmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Benzetim yapılacak olan bina modelinin belirlenmesi
- Bina modelinin DesignBuilder programına aktarılması
- Aktarılan bina modeli için ortak ve farklı seçeneklerin belirlenmesi
- Oluşturulan seçenekler için her dört ilde yıllık toplam enerji yüklerinin hesaplanması
- Hesaplanılan değerlerin her dört il ve farklı seçenekler için değerlendirilmesi.

Tezde benzetim programı ile ulaşılan sonuçlar nicel yöntemlerden deneysel araştırma ve karşılaştırma yöntemi yoluyla değerlendirilmiştir.

1.4. Literatür Araştırması

Bu tez için çeşitli yerli ve yabancı kaynaklardan faydalanılmıştır. Bu kaynaklar içerisinde tezler, kitaplar, bildiriler ve makale çalışmaları bulunmaktadır. Bu kaynakların içeriğinde deneysel çalışmalar ve örnek teşkil edecek yapıların incelenmesi yer almaktadır.

İncelenen kaynakların başlıcaları aşağıda belirtilmiştir:

Akbari (2002), “Shade Trees Reduce Building Energy Use and CO_2 Emissions from Power Plants” isimli makalede kent içerisindeki bitkilerin hava kalitesini olumlu derecede etkileyerek küresel ısınmayı geciktirdiğinden söz etmektedir.

Aksoy ve İçmek (2010), “Çatı Bahçelerinin Kent Yaşamındaki Yeri ve Önemi, İstanbul Kentinden Örnekler” isimli bildiride çatı bahçelerinin toplumsal, ekonomik,

ekolojik, rekreatif işlevleri hakkında bilgi vermiş ve İstanbul kentinden çatı bahçelerine örnekler göstermişlerdir.

Alexandri ve Jones (2006), "Sustainable Urban Future in Southern Europe – What About the Heat Island Effect?" isimli çalışmada Atina'da yapılan bir deney ile bitkilendirme sayesinde kentsel ısı adası etkisinin nasıl azaltılabileceğine değinmektedirler.

Greater London Authority (2008), "Living Roofs and Walls" isimli kaynağı düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar için Londra'ya bir rehber olması açısından oluşturmuştur. Bu rehberde, düşey yeşil cephe ve yeşil çatıların yararlarından bahsedilmiş, uygulama örnekleri incelenmiş ve uygulama önündeki engeller anlatılmıştır.

Avustralya'da 2014 yılında yayınlanan "Growing Green Guide" adlı kitap düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar ile ilgili önemli bir kaynaktır. Bu rehberde, düşey yeşil cephe ve yeşil çatıların tanımlanması, yararları, teknik uygulama detayları, tasarım kriterleri, yapımı, kurulumu ve bakımı yer almaktadır. Bunların dışında uygulama örnekleri de incelenmektedir.

Bass ve Baskaran (2003), "Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas" isimli çalışmada yeşil çatı ve dikey bahçelerin kent içerisindeki yeri ve önemine değinmişlerdir.

Cheng ve ark. (2010), "Thermal Performance of a Vegetated Cladding System on Facade Walls" isimli makalede düşey yeşil cephelerin termal performanslarının değerlendirildiği deneysel bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada bir toplu konut dairesinde uygulanmış olan düşey yeşil cephe sistemi ile iç sıcaklıkların azaldığı ve bu sistemin enerji tasarrufuna büyük oranda katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Cunningham (2001), "Rethinking the Urban Epidermis, a Study of the Viability of Extensive Green Roof Systems in the Manitoba Capital with an Emphasis on Regional Case Studies and Stormwater Management" isimli tezinde ekstansif yeşil çatı sistemlerinin tanımı, özellikleri, tarihi, ve diğer çatı türlerinden farkından söz etmiş ve bu sistemlerin Minnesota ve Manitoba bölgelerinde yağmursuyu yönetimine olan etkisini değerlendirmiştir.

Dinsdale ve ark. (2006) "Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus" isimli çalışmada Queen's Üniversitesi kampüsündeki yapıların yeşil çatı için uygunluğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda çalışmada yeşil çatıların ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan sağladığı olumlu etkilerden de söz edilmiştir.

Erdoğdu (2014), "Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi" isimli yüksek lisans tezinde düşey yeşil sistemlerin tanımını, sınıflandırmasını yapmış ve bu sistemin enerji etkinliğini benzetim programı kullanarak değerlendirmiştir.

Erdoğdu ve Çetiner (2014), 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu'nda "Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi" isimli bildirisinde düşey yeşil cephe sistemlerinin enerji etkinliğini, uygulanan farklı örnekler üzerinde göstermiş ve bir benzetim örneği ile örneklemişlerdir.

Getter ve Rowe (2006), "The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development" isimli çalışmada ekstansif yeşil çatıların sürdürülebilirlik açısından değerlendirmesini yapmış ve yeşil çatıların ekolojik faydalarına değinmişlerdir.

İpekçi ve Yüksel (2012), 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu'nda "Bitkilendirilmiş Yapı Kabuğu Sistemleri" isimli bir bildiri yayınlamış ve bu bildiride uygulanmış olan farklı örnekleri ayrıntılı olarak incelemişlerdir.

Johnston ve Newton (2004), "Building Green, A guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements" isimli çalışmada bitkilerin çatıda ve cephede kullanım alanlarından söz etmişlerdir. Aynı zamanda yeşil çatılar ve düşey yeşil cephelerin çevre için faydalarından bahsederek bu sistemler ile ilgili teknik bilgiler vermişlerdir.

Kabuloğlu Karaosman (2006), "Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi" isimli çalışmasında yeşil çatıların ekolojik açıdan faydalarından söz etmiştir. Bu çalışmada, yeşil çatıların biyoçeşitliliğin korunması, ısı düzenleme etkisi, hava kalitesini iyileştirmesi, gürültü azaltıcı etkisi gibi avantajları incelenmiştir.

Kabuloğlu Karaosman (2012), "Yeşil Çatılar ve Sürdürülebilir Bina Değerlendirme Sistemleri" isimli çalışmada yeşil çatılar ile ilgili standartlar ve sürdürülebilir bina değerlendirme araçlarına değinmiştir.

Kırşan (2015), "Yeşil Çatılar ve Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi" isimli yüksek lisans tezinde yeşil cepheler ve yeşil çatıların tanımını, sınıflandırmasını yapmış ve bu sistemlerin enerji performansını Ankara iklim koşullarında bilgisayar benzetim programı kullanarak incelenmiş ve değerlendirmiştir.

Loh (2008), "Living Walls- a Way to Green the Built Environment" isimli çalışmasında düşey yeşil cephelerin tanımına, türlerine ve avantajlarına değinmiş, aynı zamanda düşey yeşil cephelerin elementlerinden de söz etmiştir.

MacDonagh (2005), "Benefits of Green Roofs Implications" isimli çalışmada yeşil çatıların ekolojik, ekonomik, sosyal ve psikolojik açılardan faydalarına değinmiştir.

Olivieri ve Neila (2014), “Experimental Study of The Thermal-Energy Performance of an Insulated Vegetal Façade Under Summer Conditions in a Continental Mediterranean Climate” isimli makalede düşey yeşil cephelerin Akdeniz ikliminde yaz aylarındaki termal enerji performanslarının değerlendirilmesini deneysel olarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmada düşey yeşil cephelerin ısı yalıtımı açısından olumlu etkiler sağladığı gözlemlenmiştir.

Papadakis ve ark. (2001), “An Experimental Investigation of the Effect of Shading With Plants for Solar Control of Buildings” isimli çalışmada binalarda güneş kontrolü sağlanmasında düşey yeşil cephelerin gölgelenmeye olan etkisini deneysel olarak incelemişlerdir.

Pérez ve ark. (2011), “Green Vertical Systems for Buildings as Passive Systems for Energy Savings” isimli makalede yeşil cepheler ile ilgili deneysel çalışmalar yaparak bu sistemlerin enerji korunumu için faydalarını incelemişlerdir. Akdeniz iklim bölgesinde yapılan bir alan çalışması ile yeşil cephelerin bir rüzgar bariyeri gibi davrandığından ve bitkilerin evapotranspirasyon etkisi sayesinde iç mekandaki ısının azalmasından söz edilmektedir.

Pérez-Urrestarazu ve ark. (2016), “Vertical Greening Systems and Sustainable Cities” isimli makalede düşey yeşil cephelerin avantaj ve dezavantajlarından söz etmiştir.

Scholz-Barth (2005), “Stormwater Management From the Top Down” isimli çalışmada yağmur suyu yönetimine değinmektedir.

Sheweka ve Mohamed (2012), “Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change” isimli çalışmada düşey yeşil cephelerin klima değişimine karşı yeni bir yaklaşım olduğunu vurgulamış ve bu konu için birçok açıdan faydasını incelemişlerdir.

Söğüt ve Şenol (2014), “Kentsel Çevre Kapsamında Yeşil Çatı ve Cephelerin Değerlendirilmesi” isimli bildiride düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların tanımını yapmış ve bu sistemlerin yararlarından söz etmişlerdir.

Timur ve Karaca (2013), “Vertical Gardens” isimli çalışmada dikey bahçelerin tanımı ve sınıflandırmasını yapmış, bu sistemlere farklı ülkelerden farklı örnekler vererek anlatmışlardır. Daha sonrasında dikey bahçelerin ekolojik açıdan faydalarından söz etmişlerdir.

Tohum (2011), “Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil Çatılar” isimli yüksek lisans tez çalışmasında yeşil çatıların tanımı ve sınıflandırılmasını yaparak yeşil çatıların sürdürülebilirlik ve ekoloji açısından değerlendirilmesini yapmıştır.

Tokaç (2009), “Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri için Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi” isimli çalışmada bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin tanımına, tarihine ve faydalarına değinerek bu sistemlere etki eden tasarım girdilerinden söz etmiştir.

Uçurum (2007), “Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi” isimli çalışmada sürdürülebilirlik kavramı ve uygulanmış ekolojik çatı örneklerini incelemiştir.

Wong ve ark. (2010), “Thermal Evaluation of Vertical Greenery Systems for Building Walls” isimli çalışmada düşey yeşil cephelerin termal faydalarını deneysel alanda incelemiş ve çıkan sonuçları grafiklerle göstermiştir.

Yeh (2012), “Green Wall-The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect” isimli çalışmada düşey yeşil cephelerin kentsel ısı adası üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Yüksel (2003), “Dikey Bahçe Uygulamalarının Yurtdışı ve İstanbul Örnekleri ile İrdelenmesi” isimli yüksek lisans tezinde dikey bahçe türleri, yararları, uygulama tekniklerini anlatmış ve Türkiye’de uygulanmış alanlar üzerinden inceleme yapmıştır.

2. DÜŞEY YEŞİL CEPHELER VE YEŞİL ÇATILAR

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar günümüzde kullanımı artan yenilikçi ve sürdürülebilir çözümlerdir. Bu kapsamda tezin ikinci bölümünde öncelikle düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların tanımı yapılıp hakkında bilgi verilmiş, sonrasında bu sistemlerin avantaj, dezavantaj ve bakımına değinilmiştir.

2.1. Düşey Yeşil Cepheler

2.1.1. Tanımlar (Cephe, ekoloji, sürdürülebilirlik)

Düşey yeşil cephelerin tanımına ve sınıflandırılmasına geçmeden önce cephe kavramının tanımı da yapılmalıdır. Cephe, yapının dışını kapatan yüzeylerden her biridir. Bir yapıyı insana en iyi algılatan kavramdır. Hem görsel olarak çok büyük bir etkiye sahiptir, hem de yapıyı ekosisteme karşı olumlu şekilde kullanabilmek için çok önemlidir. Yapının çevre ile temas eden en büyük bölümü cephedir. Dolayısıyla cephe olgusu tasarımda oldukça önemlidir.

Geniş anlamda ekolojinin tanımına baktığımızda canlıların birbiri ve çevreleri ile olan ilişkileri inceleyen bilim dalıdır. Ekolojik mimari terimi ise bir yapının yapımından yok oluşuna kadar geçen süreçte yapının çevreye verdiği zararı en aza indirecek çözüm yollarının aranmasıdır (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Sürdürülebilir tasarım, doğal sistemlerin işleyişine dayalı bir tasarım yaklaşımıdır. (Williams, 2007). Sürdürülebilir mimari terimi ise hem disiplin hem de disiplinin bir ürünü olarak mimarinin sürdürülebilirliği üzerine odaklanmaktadır (Bennetts ve ark., 2003).

2.1.2. Düşey yeşil cephenin tanımı

Düşey yeşil cepheler, yeni bir olgu değildir. İnsanlar yıllardır farklı teknikler kullanarak evlerin duvarlarında ya da bahçe duvarlarında çeşitli bitkiler yetiştirmişlerdir. Bununla birlikte, bu fikir günümüzde popüler hale gelmeye başlamıştır. Artık düşey yeşil cepheler; apartmanlar, müzeler, ofis binaları, oteller, restoranlar ve mağazaların cephelerini zenginleştirmektedir (Helzel, 2012).

Düşey yeşil cephe sistemleri; cephenin toprakta, duvarın kendi üzerinde ya da bitki kutularında yetişen bitki materyalleri ile kaplanmasıyla oluşmaktadır. Bu sistemlerde, cephe temel olarak bitki, yetiştirme ortamı-taşıyıcı katman, filtre katmanı,

kök tutucu katman, su yalıtım katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici katman ve duvar taşıyıcı katmanlarından oluşmaktadır (Köhler, 2008).

Binanın cephesinin dikey bir şekilde bitki ile kaplanmasından dolayı bu sistemlere dikey bahçe sistemleri de denilmektedir.

2.1.3. Düşey yeşil cephelerin tarihsel gelişim süreci

Tarih boyunca, yapı duvarlarında ve balkonlarda bitki yetiştirildiğine dair çeşitli kaynaklarda bilgiler bulunmaktadır. Yine yeşil çatılarda da olduğu gibi yeşil duvarlar (dikey bahçeler) fikri 2500 yıl önce "Babil'in Asma Bahçeleri" ile ortaya çıkmıştır (Lundholm, 2006). Yaklaşık 2000 yıl önce Akdeniz bölgesinde sarayların dar arka bahçeleri, dikey bahçelerin en erken biçimi olan üzümlerle kaplanmıştır (Köhler, 2008). Vikingler, duvar ve çatıları çim ile kaplamışlardır (Susorova, 2013). Bunun dışında Hindistan ve İspanyol evlerinde, 16. ve 17. yüzyılda Meksika'da, Rusya'da ve eskiden Sovyetler Birliği'nin parçası olan diğer ülkelerde ve 18. yüzyılda Fransa'da dikey bahçe örneklerine rastlanmaktadır (Titova, 1990).

İngiltere ve ABD'de 1920'li yıllarda bahçelerin üzerindeki sarmaşıklar kafes sistemleri ile desteklenmiştir. 1988'de yeşil cepheler için paslanmaz çelik kablo sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. 1990'ların başlarında tel halat ağ sistemleri ve modüler panel sistemleri de ABD'de kullanılmaya başlanmıştır (Yüksel, 2013).

Günümüzde ise artan endüstrileşme, çevre kirliliği, küresel ısınma, enerji kaynaklarının tükenmesi ile beraber bilinçlenme artmış ve hayatımızda önemli bir yer kaplayan binalarda çevreye verilen zararı en aza indirmek için yeni ve yararlı yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerden birisi de düşey yeşil cephe uygulamalarıdır.

Düşey yeşil cepheler üzerine yapılan ilk incelemeler botanik özelliklere dayanmaktadır. Bununla birlikte, 1980'lerden beri çevre ekosisteminin geliştirilmesine katkıda bulunan yeşil cephelerle ilgili yeni fikirler ortaya çıkmıştır. 19. yüzyılın sonlarından itibaren bahçe hareketi, yeşil planlamanın kent planlamasına entegrasyonunu işaret etmiştir. Böylece 20. yüzyılın başlarından itibaren Alman Jugendstil hareketi (Art Nouveau) evin bahçeyle entegrasyonunu teşvik etmiştir. Bu dönemde, yeşil cephelerin kullanımının artması için teşvik programları çıkmıştır. Berlin, 1983'ten 1997'ye kadar, 245.584 metrekarelik yeşil cephelerin kurulduğu önemli bir örnek kenttir (Köhler, 2008).

Düşey yeşil cephe sistemlerin avantajlarının başında kentsel ısı adası etkisini azaltması, dış-iç mekan hava kalitesini iyileştirmesi, biyolojik çeşitliliği ve enerji etkinliği

arttırması, ısı-ses yalıtımı özelliği göstermesi ve görsel açıdan olumlu etki sağlaması gelmektedir.

Avrupa'da ve ABD'de yeşil cephelerin kullanımı artmasına rağmen ülkemizde bu sistemlerinin kullanımının oldukça az olduğu görülmektedir. Bunun nedenleri arasında ülkemizde bu sistemlere ayrılan bütçenin azlığı ve bu konuyla ilgili bilincin yerleşmemesi yer almaktadır (Köhler, 2008). Düşey yeşil cephe sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılması, ekosisteme daha az zarar veren binalar ortaya konulması açısından önemli görülmektedir. Bu yüzden ülkemizde de bu konu ile ilgili çalışmalar son dönemlerde artmaya başlamıştır.

2.1.4. Düşey yeşil cephelerin sınıflandırılması ve örneklendirilmesi

Düşey yeşil cephe sistemlerini; taşıyıcı bileşenlerine, yapım tekniğine, büyüme ortamlarına, bitki türlerine ve sulama sistemlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Ancak literatürde en sık rastlanan, yapım tekniğine göre yapılan sınıflandırma tipidir (Erdoğdu ve Çetiner, 2014). Buna göre düşey yeşil sistemler; yeşil cepheler ve yaşayan duvar sistemleri olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bu başlıklar kendi içinde de diğer kategorilere ayrılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Düşey yeşil cephelerin sınıflandırılması (Köhler, 2008; GRHC, 2008a; Yeh, 2012)

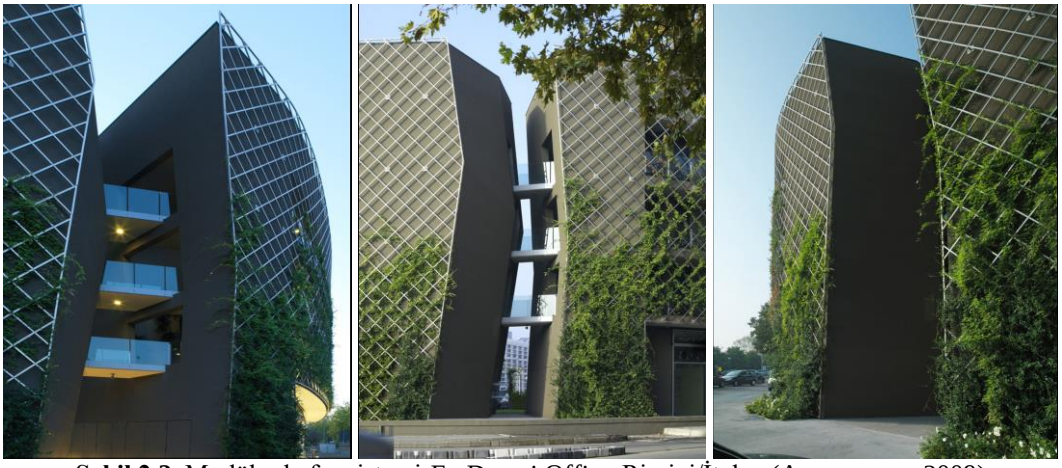
2.1.4.1. Yeşil cepheler

Yeşil cepheler bitki örtüsü ya da tırmanıcı bitkilerle oluşturulan yeşil duvar sisteminin bir türüdür. Yeşil cepheler tıpkı çitler ve sütunlar gibi mevcut duvarlar ya da binalara bağımsız bir yapı olarak monte edilebilmektedir. Üç yeşil cephe sistemi -

Modüler Kafes Panelleri, Grid Sistemi, Tel Kablo Ağ Sistemi- çok sık kullanılmaktadır (GRHC, 2008a).

Modüler kafes panel sitemleri

Modüler kafes panel sisteminin yapı taşı, çelik tel kaynaklı galvanizli örtüden yapılmış; hafif, üç boyutlu panellerdir. Bu sistem duvar yüzeyinde yeşil bir cephe oluşturmak için tasarlanmıştır, yani binaya eklenmiş bitki materyalleri bulunmamaktadır. Bitkiler modüler paneller üzerinde gelişmekte ve bina ile doğrudan ilişkisi bulunmamaktadır (Şekil 2.2). Paneller geniş alanları kapsayacak şekilde istiflenebilir ve geri dönüşebilir çeliklerden yapılmaktadır (Rakhshandehroo ve ark., 2015).



Şekil 2.2. Modüler kafes sistemi-Ex Ducati Office-Rimini/İtalya (Anonymous, 2009)

Izgara ve tel halat ağ sistemleri

Izgara ve tel halat ağ sistemlerinde kablolar ya da tel ağlar kullanılmaktadır. Izgaralar, yoğun yapraklı daha hızlı büyüyen tırmanma tesislerini desteklemek üzere tasarlanan yeşil cephelerde kullanılır (Şekil 2.3 ve 2.4). Tel ağlar, genellikle bu sistemlerin daha yakın aralıklarla sağlandığı, ek desteğe ihtiyaç duyan ve yavaş büyüyen bitkileri desteklemek için kullanılmaktadır (Şekil 2.5). Tel ağ sistemi daha esnektir ve kablo sistemine oranla çok daha fazla tasarım esnekliği sağlar. Her iki sistem için de yüksek gerilimli çelik kablolar, ankrajlar ve yardımcı ekipmanlar kullanılmaktadır. Dikey ve yatay tel halatlar, çapraz kelepçeler vasıtasıyla bağlandığı için çeşitli boyut ve desenlerde tasarımlar sağlanabilir (GRHC, 2008a).



Şekil 2.3. Izgara sistemi-MFO Parkı-Zurich/İsviçre (GRHC, 2008a)



Şekil 2.4. Izgara sistemi-Elektrik Trafo Merkezi-İspanya (Helzel, 2012)



Şekil 2.5. Tel Ağ sistemi-Basel Stücki Alışveriş Merkezi-Almanya (Anonymous, 2017h)

2.1.4.2. Yaşayan duvarlar

Yaşayan duvarlar biyolojik duvarlar ya da dikey bahçeler olarak da adlandırılmaktadır. Yaşayan duvar sistemleri bitkilendirilmiş paneller, dikey modüller ya da bitki örtülerinin birleştirilmiş şeklidir. Bu paneller plastik, polyester, sentetik kumaş, kil, metal ve betondan yapılabilir ve büyük bir çeşitlilikteki bitki türlerini desteklemektedir. Bitki örtüsündeki çeşitlilik ve yoğunluktan dolayı yaşayan duvarlar yeşil cephelere göre daha fazla korunmaya ihtiyaç duymaktadır. Yaşayan duvarlar 3 kısımdan oluşmaktadır. Metal bir sistem, PVC (Polivinil klorür) katmanı ve hava katmanı (toprağa ihtiyaç duymamaktadır). Bu sistem çeşitli bitki türlerini (karışık bitki örtüsü-çok yıllık çiçekler, çalılar, eğrelti otları, vb.) desteklemekte ve farklı iklimsel çevrede iyi bir performans sergilemektedir. Sistemde bakımı kolay olan ve mevcut iklimsel şartlara adapte olabilecek bitki türleri seçilmektedir. Yaşayan duvarların bakımında otomatik sulama sistemi kullanılmaktadır (Yeh, 2012).

Peyzaj duvarları

Bu duvarlar mimari yaklaşımda stratejik bir yaklaşım olarak peyzajın bir evrimidir. Peyzaj duvarları, eğimli alanlar olup öncelikli fonksiyonu gürültüyü azaltmak ve şevli alanları stabile etmektir. Genellikle bitkilerin gelişimi için istiflenmiş beton ya da plastikten yapılmış materyallerin oluşturduğu boşluklarda uygulanmaktadır (GRHC, 2008a) (Şekil 2.6 ve 2.7).



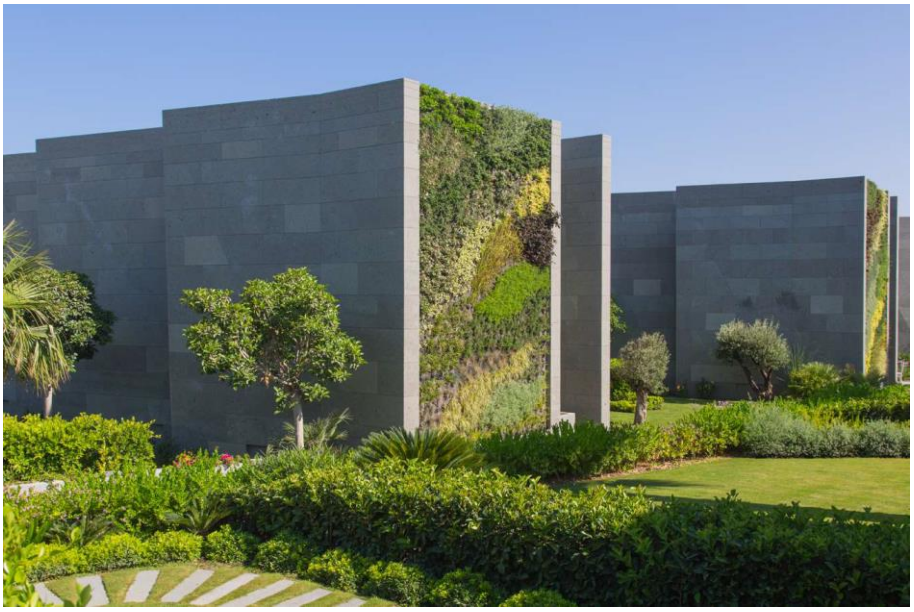
Şekil 2.6. Peyzaj duvarları (Powell, 2017)



Şekil 2.7. Peyzaj duvarları-Sultangazi Belediyesi-İstanbul (Anonim, 2013)

Bitkilendirilmiş duvarlar

Bitkilendirilmiş duvarlar Patrick Balanc'ın öncülüğünde yeşil duvarların eşsiz bir formudur. Bitkinin gelişme ortamını fiziksel olarak desteklemek için sentetik kumaş ve ceplerden oluşan iki katmandan meydana gelmiştir. Kumaş, duvarları yüksek neme karşı korumak için su geçirmez astarla desteklenmiştir. Besinler aşağıdan yukarı doğru hareket eden sulama sistemiyle eşit olarak dağıtılmaktadır (GRHC, 2008a) (Şekil 2.8 ve 2.9).



Şekil 2.8. Bitkilendirilmiş duvarlar-Swissotel-Bodrum/Muğla (Anonim, 2013)



Şekil 2.9. Yaşayan duvar-Caixa Forum-Madrid/İspanya (Kişisel arşiv, 2017)

Modüler yaşam duvarları

Modüler yaşam duvarları; üç boyutlu, sert ve hafif panellerden oluşmaktadır. Bitki malzemeleri doğrudan binaların cephesine bağlanmamaktadır (Şekil 2.10). Paneller genelde çelikten yapılır ve dikdörtgen ya da kare şeklindedir (Şekil 2.11). Büyük parçaları kaplayacak şekilde sabitlenebilir ve birleştirilebilir ve farklı şekilleri oluşturmak için tasarlanabilirler (Rakhshandehroo ve ark., 2015).



Şekil 2.10. Modüler yaşam duvarı (Jodidio, 2012)

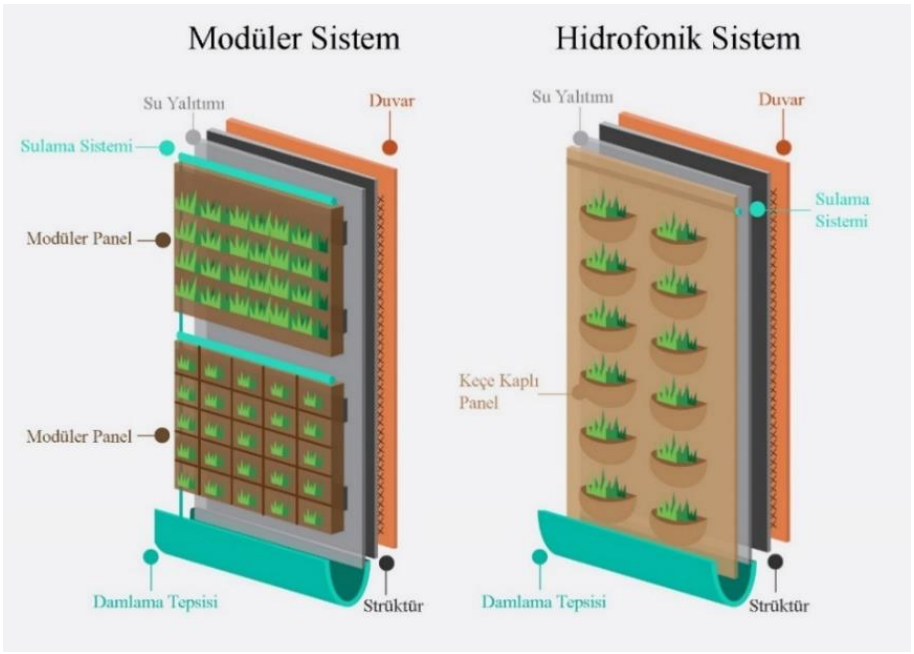


Şekil 2.11. Modüler yaşam duvarı yapı parçaları (GRHC, 2008a)

2.1.5. Düşey yeşil cephelerin yapısal parçaları

Dikey bahçelerin yapısal elemanları şunlardır (Şekil 2.12):

- Metal çerçeve (tel sepetler vb.)
- PVC-dekota yüzey
- Otomatik sulama ve gübreleme sistemi
- Keçe katmanları (geotekstil ürünleri)
- Dış mekanlarda dekoratif amaçlı, iç mekanlarda bitki besleme amaçlı aydınlatma
- İç mekanlarda yeterli nem oluşturmak için sisleme sistemi
- Duvardan akan suyun toplandığı ve drene edildiği kanal
- Otomatik sistemlerin toplandığı sistem odası (MEB, 2016)



Şekil 2.12. Düşey yeşil cephe katmanları (Anonymous, 2014)

2.2. Yeşil Çatılar

2.2.1. Tanımlar (Çatı)

Çatı kavramı Türk Dil Kurumu'nda "Bir yapının, bir evin damını kuran parçaların bütünü" olarak tanımlanmaktadır. Çatı, bir yapının üzerini örten o yapıyı ve içindekileri dışarıdaki etkilere karşı koruyan, kapatan bir yapı elemanıdır.

2.2.2. Yeşil çatının tanımı

Yeşil çatılar, kentsel çevreyi daha yaşanabilir, konforlu ve sürdürülebilir hale getirmektedir. "Yaşayan malzemeler" kullanılarak kentsel tasarım için yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir.

Yeşil çatı en basit tanımı ile bina çatısında bitkilendirme işlemi yapılmasıdır. Bilimsel bir tanımlamaya göre ise yeşil çatı sistemi; ekolojik çatı, yaşayan çatı, kahverengi çatı, çatı bahçesi olarak çeşitli tanımlamalar ile ifade edilmektedir. "Ekolojik çatı" ve "yaşayan çatı" terimleri genellikle Avrupa ve ABD yazınında sıklıkla kullanılmaktadır. "Kahverengi çatılar" terimi ise İngiltere de sıkça kullanılan bir terimdir. Ayrıca, "çatı bahçesi" en eski ve ortak terim olarak, insanların ikamet etmesi için düşünülmüş ve tasarlanmış bir boşluk alan olarak tanımlanabilmektedir (Erkul ve Sönmez, 2014).

Yeşil çatılar; çatı bahçeciliği, bitkilendirilmiş çatı teknolojisi, yaşayan çatılar veya eko çatılar olarak da tanımlanabilir (Kabuloğlu Karaosman, 2006). Bitkilendirilmiş çatı terimi çatıda yapılmış olan bitkilendirme uygulamalarının tümüne verilen genel bir kavramdır (Coffman, 2007).

Çatı bahçesi terimi aslında yeşil çatı kavramından oldukça farklıdır. Ancak buna rağmen iki terim birbirinin yerine kullanılabilmektedir. Çatı bahçesi genel anlamıyla rekreasyon ve eğlence amacı ile kullanılan, içerisinde yemek ve oturma alanları bulunduran otomatik sulama ve aydınlatma sistemleri de içeren insan ve doğayı yeniden buluşturan mekanlardır (Tohum, 2011).

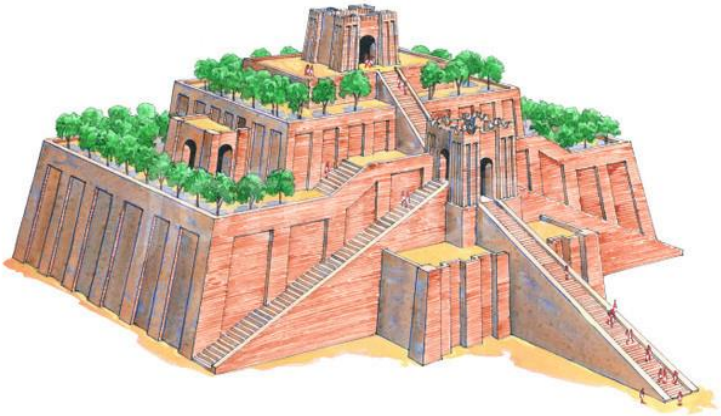
Eko-çatı ve yaşayan çatı kavramları sıcak ve soğuk ile ilgilidir. Bu nedenle bu kavramlar ekolojik bir durumun ifadesidir. Bu iki terim Batı ABD'de kullanılmaktadır (Coffman, 2007).

Yeşil çatılar ise çatı bahçesinin aksine sürdürülebilirliği ön planda tutarak, mümkün olan en ekonomik ve en verimli şekilde bina alanının yeşil doku ile

kaplanmasını amaçlamaktadır. Bu sayede bina genelindeki ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması sağlanmaktadır (Tohum, 2011).

2.2.3. Yeşil çatıların tarihsel gelişimi

Yeşil çatıların ilk örneklerinin milattan önceye kadar dayandığı düşünülmektedir. Kullanılan ilk örnekler MÖ 2000'lerde yapılmış olan Ur şehrindeki Ziggurat piramidine (Şekil 2.13) benzeyen tapınak ve mabetlerdir (Magill, 2011). O zamandan günümüze kadar kullanılagelen bu yapılar insanlar, çevre ve yapı açısından olumlu etkiler sağladığı için sıklıkla tercih edilmiştir.



Şekil 2.13. Ziggurat piramidine benzer mabet veya tapınak (Anonymous, 2016)

Gerçek anlamdaki teras bahçesi ise bugün dünyanın yedinci harikası olarak bilinen, Kral Nebuchaddnezzar'ın karısı Semiramis için MÖ 605 yılında inşa ettirdiği Babil'in Asma Bahçeleri (Şekil 2.14) ile gerçekleştirilmiştir (Cunningham, 2001).



Şekil 2.14. Babil'in Asma Bahçeleri (İbrişim, 2012)

Pompeii'de esnaflar üst katlardaki balkonlarda üzüm yetiştirmişlerdir. Bu dönemde eski tarihçi Pliny yeşil çatılar için ithal edilecek ağaçlar hakkında yazılar yazmıştır. Romalılar, Augustus ve Hadrian'daki türbeler gibi kurumsal yapıların üstüne ağaçlar yerleştirmiş, Vikingler ise rüzgar ve yağmura karşı korumak için evlerinin duvarlarını ve çatılarını bitkilendirmişlerdir (Peck ve ark., 1999).

İzlanda'da bulunan altı kiliseden biri olan Vidimyri'deki kilisede olduğu gibi (Şekil 2.15), çatılar genellikle tamamen çimlendirilmiştir. 1834'te inşa edilen bu bina, anıt olarak korunmuş ve halen bir kilise olarak işlev görmektedir (Anonymous, 2017a).



Şekil 2.15. Vydimyri'deki kilise-İzlanda (Anonymous, 2017b)

Bu uygulamalardan sonra ünlü mimarlar da bu sistemi kullanmaya başlamışlardır. Başta Le Corbusier olmak üzere Frank Lloyd Wright gibi birçok mimar yeşil çatıları yapılarında kullanmışlardır.

Yeşil çatılar bugün Avrupa ve dünya çapında yaygın şekilde yer almaktadır. Ancak, yeşil sistemlerin tam anlamıyla sürdürülebilir çatı tasarım alternatifi haline gelmesi modern Almanya'da gerçekleşmiştir. Bu sistemler deneme-yanılma, tekrarlanan malzeme testleri ve endüstri standart ve prensiplerinin gelişimi sonucu evrilmiştir (Velazquez, 2005).

2.2.4. Yeşil çatı sistemlerinin temel katmanları

Yeşil çatı sistemleri çeşitli katmanlardan oluşmaktadır. En alt katmanı çatı konstrüksiyonu olarak kabul edersek, diğer katmanlar sırasıyla su yalıtımı, kök tutucu tabaka, nem tutucu tabaka, filtre ve drenaj tabakası, bitki taşıyıcı tabaka ve bitkilerdir.

Bitkiler: Bitkilendirilmiş çatıda kullanılacak olan bitkinin seçimi çatı sistemi tipine göre değişiklik göstermektedir. Yoğun bitkilendirilmiş çatı sistemlerinde çatının büyük ağaçlar ve çalılar kullanılarak estetik bir değer kazanması sağlanırken, seyrek bitki dokulu yeşil çatı sistemlerinde kendi kendine yetişebilen ve varlıklarını sürdürülebilen bitkiler tercih edilerek ekolojik fayda sağlanması amaçlanmıştır (Tokaç, 2009)

Substrat (Bitki Taşıyıcı Tabaka): Yeşil çatı sistemlerinde kullanılan lava, bims esaslı ürünler, geri dönüşümlü, dayanıklı ürünler seçilen bitkinin besin gereksinimlerini sağlayarak ve canlı kalmasına yardımcı olmaktadır (Erkul ve Sönmez, 2014).

Filtre ve Drenaj Tabakası: Üst katmanlardan gelen yağmur sularını depolar ve aynı zamanda bitkilerin çürümesini önlemek için suyun drene edilip atılmasını sağlar (Erkul ve Sönmez, 2014).

Mekanik Etkilere Karşı Koruyucu ve Nem Tutucu Tabaka: Kök tutucu katmanları, su yalıtım membranlarını, çatı konstrüksiyonu ve diğer katmanları çürümeye ve mekanik etkilere karşı korurlar (Erkul ve Sönmez, 2014).

Kök Tutucu Tabaka: Bitki köklerini diğer katmanlardan ayırmak ve diğer katmanların zarar görmesini engellemek için kullanılan katmandır.

Su Yalıtımı ve Çatı Konstrüksiyonu: Yeşil çatıdaki en önemli katmanlardan birisi de su yalıtımı ve sağlam bir altyapıdır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Yeşil çatıların temel katmanları (Anonymous, 2017d)

2.2.5. Yeşil çatıların sınıflandırılması ve örneklendirilmesi

Yeşil çatılar yetişme ortamının derinliği, bitki türleri, ekili yüzey alanı ve dikey yükler göz önüne alındığında ekstansif (seyrek), intansif (yoğun) ve yarı intansif yeşil çatılar olarak incelenmektedir (Lanham, 2007). Aşağıda yer alan başlıklarda bunlar detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

2.2.5.1. Ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatılar

Seyrek bitkilendirilmiş çatı türünde tercih edilen bitki türleri bakım gerektirmeyen, doğal yollarla kendisi yetişebilen ve üreyebilen türlerdir. Bu çatılar yaklaşık 8-10 cm derinliktedir ve bu tip çatılara sadece bakım için erişim sağlanmaktadır (Şekil 2.17). Modüler, sürekli ve gevşek serimli sistemlerin bazılarının çeşit çeşit bitki türlerini tuttuğu kanıtlanmış olsa da daha fazla bitki çeşitliliği oluşturmak, çok sığ yeşil çatılar için zorluk teşkil edebilmektedir (Tolderlund, 2010).



Şekil 2.17. Ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatı-Chicago City Hall-Chicago (Anonymous, 2017c)

Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatı tipinde kullanılan bitkiler yüksek sıcaklık, kuraklık, rüzgar ve donmayı tolere edebilir nitelikte olmalıdır. Genel yanlış bir kanı, yeşil çatı ortamının sağlanacağı çatının düz olması gerektiği üzerinedir. Ancak düz çatılarda drenaj sorunları ortaya çıkacağından, % 1,5-2 gibi yumuşak bir eğim bu çatılarda doğal drenajı sağlamaktadır (Velazquez, 2005).

Seyrek bitkilendirilmiş yeşil çatıların hem avantajları hem de dezavantajları bulunmaktadır (Çizelge 2.1). Hem bitkilendirme açısından sınırlı olması hem de üzerinde yürünemediği için rekreasyon alanı olarak kullanılamaması en büyük dezavantajlarındandır.

Avantajlardan bazıları ise şunlardır: düşük ağırlığa sahip olması, düşük bakım ve düşük sulama (iklim bağlı olarak) gerektirmesi, düşük sermaye ile yapılabilmesi ve büyük alanlar için kullanılabilmesidir. Ayrıca değiştirilmesi kolaydır ve retrofit projeler için daha uygun olabilmektedir (Tolderlund, 2010).

Çizelge 2.1. Ekstansif Yeşil Çatıların Avantajları ve Dezavantajları (Peck ve ark., 1999)

Ekstansif Yeşil Çatıların Avantajları
Yükü hafif olduğu için çatının herhangi bir güçlendirmeye ihtiyacı yoktur.
Büyük alanlar için tercih edilen bir sistemdir.
0 ila 30 derece eğime sahip çatılar için tercih edilen bir sistemdir.
Bakımı kolaydır.
Sık sulama ve drenaj sistemi gerektirmez.
Diğer sistemlere göre düşük derecede teknik uzmanlık gerektiren sistemlerdir.
Bitkiler kendiliğinden gelişip büyüyebilmesi için kendi haline bırakılabilir.
Diğer sistemlere göre nispeten daha ucuzdur.
Ekstansif Yeşil Çatıların Dezavantajları
Bu sistemlerde bitki seçimi daha sınırlıdır.
Rekreasyon alanı için pek tercih edilmez.

Seyrek bitkilendirilmiş çatı sistemleri genellikle ekolojik amaçlar için yapılmaktadır. Oluşturulan çatılar genellikle kullanıma açılmamaktadır. Üzerinde insan yürümesine olanak vermeyecek şekilde engelleyici elemanlar bulunmaktadır. Büyük ağaçlar ve çalılar yerine daha çok tek yıllık bodur bitkiler kullanılmaktadır (Şekil 2.18). Üzerinde yoğun bir bitki dokusu bulunmadığı için de binaya sağlayacağı estetik veya sosyal katkı, yoğun bitkilendirilmiş çatı sistemine göre daha azdır (Doug ve ark., 2005)

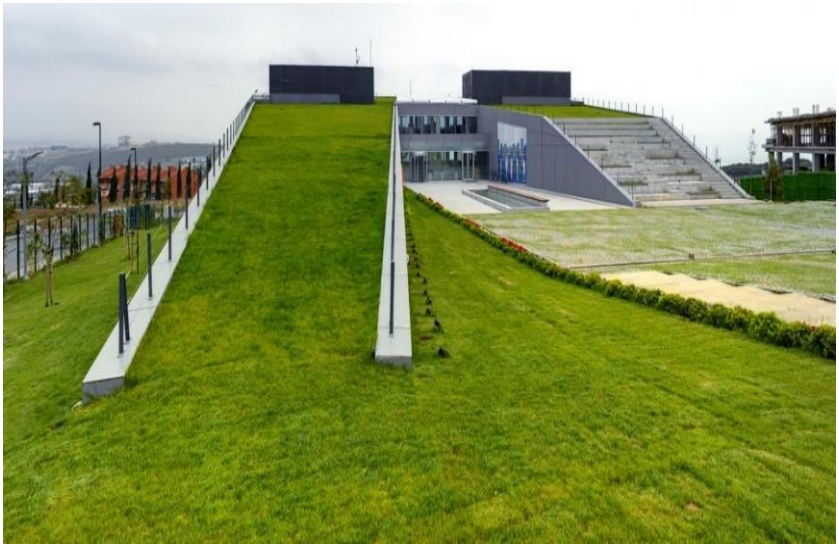


Şekil 2.18. Ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatı-Cook+Fox Office-New York (Luckett, 2009)

Türkiye'den İstanbul'da bulunan 'Meydan Alışveriş Merkezi' ve Kocaeli'deki 'Turkcell Ar-ge Binası' ekstansif yeşil çatılara örnek verilebilmektedir (Şekil 2.19 ve 2.20).



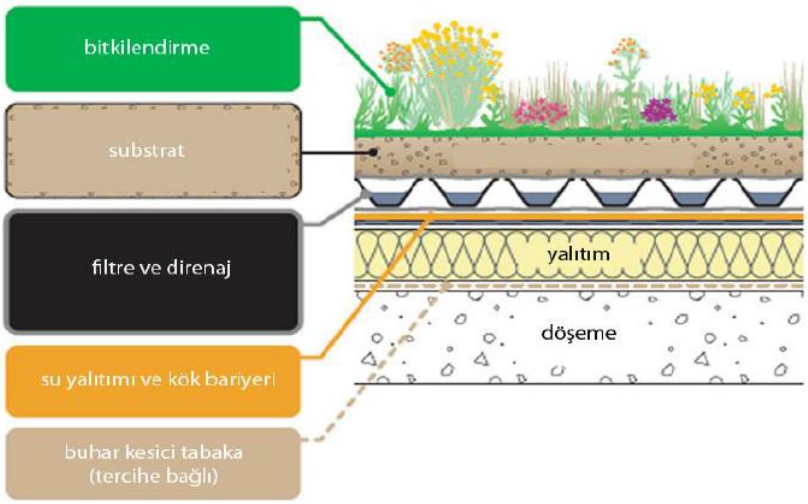
Şekil 2.19. Ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatı-Meydan Alışveriş Merkezi-İstanbul (Anonim, 2017)



Şekil 2.20. Ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatı-Turkcell Ar-ge Binası-Kocaeli (Vitra, 2014)

Ekstansif bitki dokulu yeşil çatıların katmanları şunlardır:

- Bitkisel toprak ve bitki örtüsü
- Substrat (Bitki taşıyıcı tabaka)
- Filtre ve drenaj katmanı
- Astar üzerine polimer bitümlü su yalıtımı örtüsü
- Isı yalıtım levhası
- Buhar kesici tabaka
- Döşeme (Şekil 2.21)



Şekil 2.21. Ekstansif (seyrek) yeşil çatı profili (Aytin ve Ovalı, 2016)

2.2.5.2. İntansif (sık) bitki dokulu yeşil çatılar

Sık bitkilendirilmiş yeşil çatı sistemleri 15 cm'den daha fazla bitki büyüme katmanı bulunan ve dolayısıyla daha fazla bakıma ihtiyaç duyan yeşil çatılardır (Getter ve ark., 2009). Bu tip çatılar kalın bir bitki toprağı ve geleneksel bahçe bitkilerinden oluşmaktadır. İnsan trafiğine ve dolayısı ile sık bakım ihtiyacına göre tasarlanırlar. Genellikle yürüyüş yolları ve teras uygulamalarıyla birleştirilerek konfor ortamları oluşturmak amacı ile yapılmaktadır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. İntansif (yoğun) yeşil çatılar-Waldspirale-Almanya (Anonymous, 2017d)

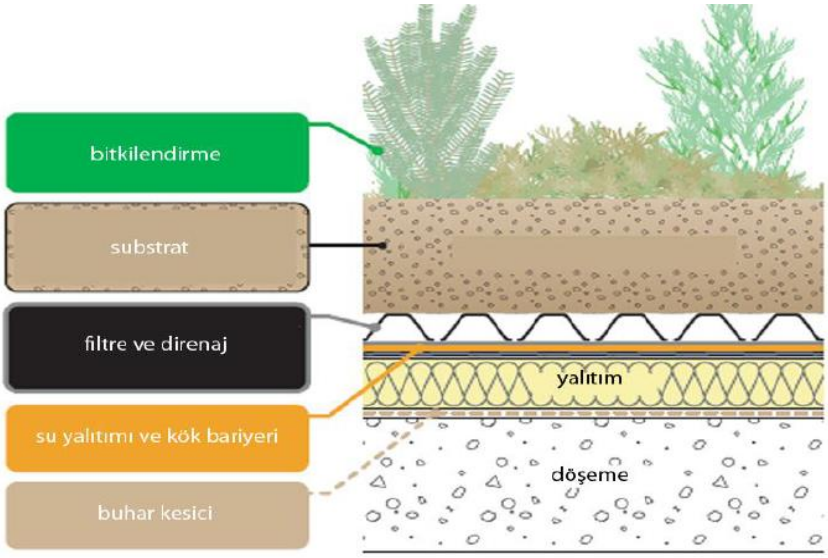
İntansif çatılarda üzerinde yürünebildiği için rekreasyon alanı olarak kullanılmasını en büyük avantaj olarak gösterebiliriz. Bu tip çatılarda seyrek bitkilendirilmiş çatılara göre daha geniş çeşitliliğe sahip bitkiler (çiçekli çalılar, sebzeler, hatta ağaçlar) kullanılabilir. Fakat bu sistemler yapımdan sonra çok fazla bakım gerektirir ve oldukça maliyetlidir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. İntansif çatıların avantaj ve dezavantajları (Peck ve ark., 1999)

İntansif Yeşil Çatıların Avantajları
Çok fazla bitki çeşitliliği sağlamaktadır.
İyi derecede yalıtım sunmaktadır.
Görsel açıdan çekicilik yaratmaktadır.
Sistemi toprak zeminmiş gibi göstermek mümkündür.
Çatının çeşitli amaçlarla kullanımına olanak sağlamaktadır. (Bitki üretimi veya çeşitli amaçlar için alan oluşturma)
İntansif Yeşil Çatıların Dezavantajları
Çatı üzerinde oldukça ağır bir yük oluşturmaktadır.
Sulama ve drenaj sistemleri gerekmektedir.
Yüksek maliyet gerektirmektedir.
Karışık bir sistem olduğundan uzmanlık gerektirmektedir.

İntansif bitki dokulu yeşil çatı katmanları şunlardır:

- Bitkisel toprak ve bitki örtüsü
- Substrat (Bitki taşıyıcı tabaka)
- Filtre ve drenaj katmanı
- Ayırıcı katman
- Astar üzerine polimer bitümlü su yalıtımı örtüsü
- Isı yalıtım levhası
- Buhar kesici katman
- Döşeme (Şekil 2.23)



Şekil 2.23. İntansif (yoğun) yeşil çatı profili (Aytin ve Ovalı, 2016)

2.2.5.3. Yarı-intansif (yarı-yoğun) yeşil çatılar

Yarı intansif (yarı-yoğun) yeşil çatılar; ekstansif ve intansif yeşil çatının karışımıyla oluşturulan yeşil çatı sistemleridir (Şekil 2.24). Yaygınlığı ise oldukça azdır. Bu yüzden tam anlamıyla bilinmemektedir (Lanham, 2007) .



Şekil 2.24. Yarı intansif yeşil çatılar-ASLA-Washington (Anonymous, 2017e)

İstanbul'daki Zorlu Center Alışveriş Merkezi yarı intansif yeşil çatılara örnek verilebilmektedir (Şekil 2.25).

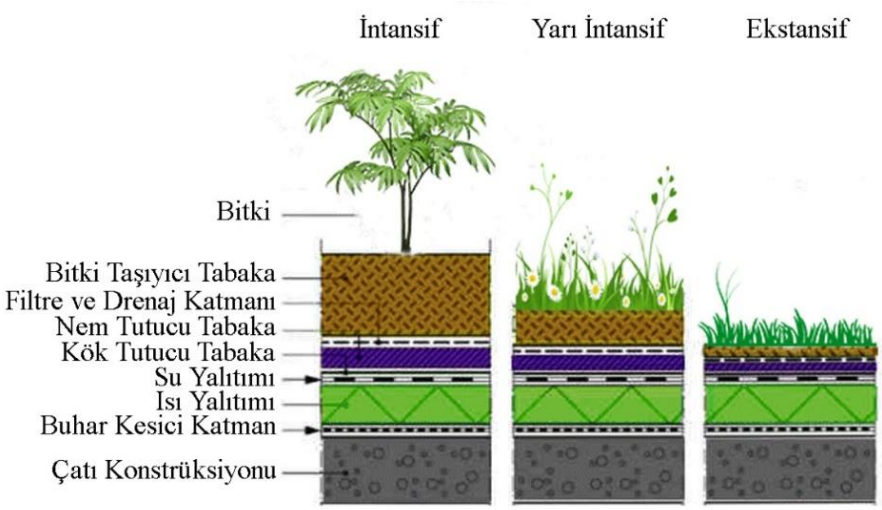


Şekil 2.25. Yarı intansif yeşil çatı-Zorlu Center Alışveriş Merkezi-İstanbul (Anonymous, 2017f)

2.2.5.4. Yeşil çatı türlerinin karşılaştırılması

Bilinen çatı türleri karşılaştırıldığı zaman her birinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Ekstansif çatıların maliyeti, bakımı, sulaması düşük iken bitki yetişme derinliği azdır. Aynı zamanda üzerinde yürünemeyen bir çatı tipidir. Bunların dışında bir dezavantajı da her türlü bitkinin kullanılamamasıdır.

İntansif türlerde yapım maliyeti oldukça yüksektir. Bakıma ve sulamaya fazla ihtiyaç duyar avantajlı yönü ise üzerinde yürünebilir ve bitki yetiştirme derinliğinin fazla olmasıdır. Bu yüzden de her türlü bitki bu çatılarda tercih edilebilir. Bu türlerin karşılaştırılması daha ayrıntılı olarak aşağıda gösterilmektedir (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Yeşil çatı sistemlerin karşılaştırılması (Anonymous, 2017g)

2.3. Düşey Yeşil Cepheler ve Yeşil Çatıların Faydaları

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler kullanıldığı yapıya ve çevreye karşı oldukça fazla fayda sağlamaktadır. Bunlar bulunduğu bölgedeki biyoçeşitliliğe katkıda bulunma, CO_2 seviyesini azaltıp O_2 seviyesini artırarak havanın kalitesini düzenleme, kentsel ısı ada etkisinin azaltılmasına yardımcı olma, yağmur suyu yönetimine sağladığı katkılar, sıcaklık azaltma, ısı yalıtımı sağlanması, rüzgarın engellenmesi, ses yalıtımı sağlanması, gölge etkisi, enerji tüketimini azaltması, görsel değeri arttırması, rekreasyon alanı sağlaması, yangın güvenliğine etkisi, UV ışınlarına karşı koruma ve insan sağlığına olan etkisidir.

2.3.1. Biyolojik çeşitliliğe katkı sağlama

Kentlerin giderek büyümesi ve genişlemesi beraberinde doğal kaynakların tükenmesine ve ekolojik olarak olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Kentlerde habitatlar oluşturularak biyoçeşitliliğin sağlanması, önemli bitki ve hayvan türlerinin arttırılması ile bu önlenebilmektedir.

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler, nadir veya önemli bitki ve hayvan türleri için yeni kentsel habitatlar sağlayarak biyoçeşitliliği artırıp katkıda bulunabilir (Şekil 2.27). Yeşil çatılar ayrıca kentsel 'ekolojik çöller' boyunca bir bağlantı veya koridor sağlayabilir, omurgasızların ve kuşların göç etmesine de yardımcı olabilirler (Anonymous, 2014).



Şekil 2.27. Melbourne Üniversitesi'ndeki Burnley kampüsü (Anonymous, 2014)

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler biyoçeşitliliğe bitki toplulukları, omurgasızlar ve kuşlar konusunda destek sağlamaktadır. Yeşil çatılarda veya düşey yeşil

cephelerde birçok bitki türü yetiştirmek mümkündür. Böylece bu sistemler bitki topluluklarının genişlemesine ve yeni bitkilerin türemesini geliştirerek biyolojik çeşitliliğin oluşumuna katkı sağlamaktadır (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Minifie Park Erken Öğrenme Merkezi'ndeki biyoçeşitlilik çatısı-Melbourne (Anonymous, 2014)

Yapılar üzerindeki bitki toplulukları omurgasız hayvanlar ve kuşlar için bir besin kaynağı oluşturmaktadır. Aynı zamanda bu sistemler omurgasız canlılar, böcekler ve kuşlar için barınak olanağı sağlamaktadır. Bu sistemlere yapay olarak hayvan barınakları bile yerleştirilerek canlılar için bir yaşam alanı oluşturulabilir. Bu özellikleri ile yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler omurgasız hayvanların ve böceklerin çeşitlenmesi ve yaşama devam etmeleri açısından oldukça önemlidir (Şekil 2.29).



Şekil 2.29. Ekstansif yeşil çatı üzerindeki arı (GSA, 2011a)

Birçok ülkede yapılan bir dizi çalışmada, bitki ve hayvanlara sağlanan faydalar daha belirgin bir şekilde belirlenmiştir. Doğu Avrupa'da çatılarda ve savaş zamanında kullanılan tepelerde kendiliğinden büyüyen 135 tür yüksek bitki oluşmuştur (GLA, 2008b).

2002'de English Nature[1] 136 omurgasız hayvanın bulunduğu sekiz yeşil çatı üzerine Londra bölgesinde bir araştırma yapmıştır. Bir dizi olağandışı ve nadir tür bulunmuştur, özellikle bazıları kuru yaşam alanlarıyla ilişkili olup Londra bölgesinde daha önce görülmemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre geleneksel yeşil çatı sistemleri, ilginç bir omurgasız faunasını desteklemektedir; sıradan omurgasız hayvanlar için sığınak sağlamamaktadır (Jones, 2002).

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler potansiyel olarak kuşlar için de büyük yararlar sağlamaktadır. Araştırmalar, genel yeşil çatıların daha yaygın türler için yaşam alanı sağladığını, bununla birlikte kent dokusu içindeki habitatları taklit etmek için özel olarak tasarlanan çatıların ise sıra dışı türlere fayda sağladığını göstermektedir (GLA, 2008b) (Şekil 2.30).



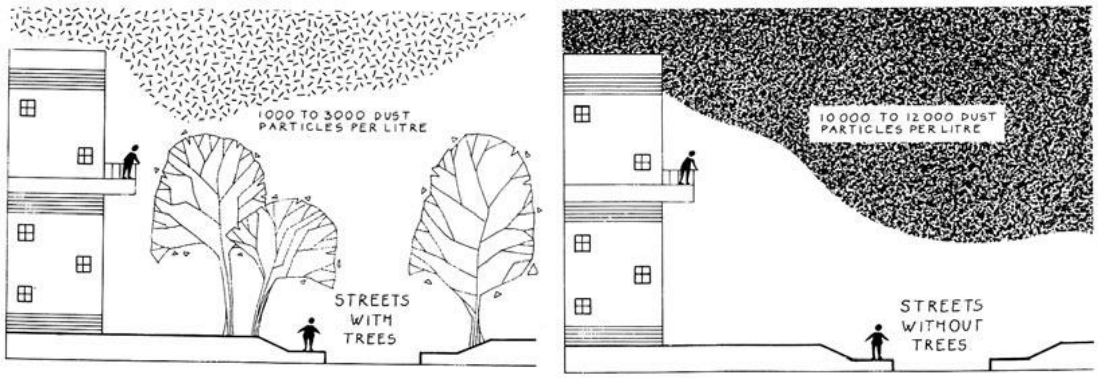
Şekil 2.30. Ekstansif yeşil çatı üzerindeki kuş (GSA, 2011a)

2.3.2. CO_2 seviyesini azaltıp, O_2 seviyesini arttırarak, hava kalitesini düzenleme

Kentlerdeki yoğunluk arttıkça kullanılan araçlar yüzünden ozon ve partiküllerin çevreye olan kirletici etkileri artmaktadır. Bu kirliliğin azaltılabilmesi için bazı önlemler

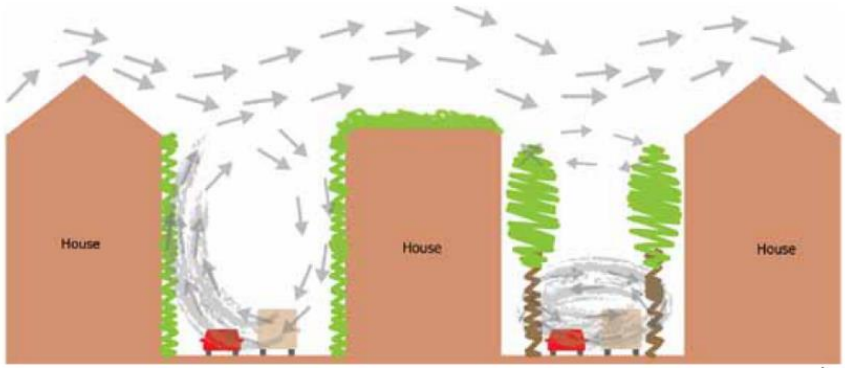
[1] Jeoloji ve doğal yaşam koşullarını korumayı amaçlayan devlet kuruluşudur.

gerekmektedir. Eğer kent dokusundaki bitki dokusu arttırılırsa bu kirlilik için bir çözüm yolu olabilir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Bitki dokusunun şehir içindeki havayı temizleme etkisi (Johnston ve Newton, 2004)

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler havadaki kirli gazların uzaklaştırılmasına katkıda bulunmaktadır. Yaprakları yüksek yoğunluğa sahip olan bitki türleri ve küçük partikülleri tutabilen dokulu yapraklara sahip bitki türleri ile partikül ve tozların giderilmesine yardımcı olurlar. Daha geniş ölçekte baktığımızda yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler daha az fotokimyasal ürettikleri için genel çevre ısısının yükselmesini de engellemektedir (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. Hava kalitesinin iyileştirilmesi (Mir, 2011)

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler karbondioksit emisyonlarından ve yoğun trafikten kaynaklanan kirli havayı bitkiler sayesinde tutarak havayı temizlemektedir (MacDonagh, 2005). Bunun dışında bitkiler fotosentez ile havadaki karbondioksit gazını ve suyu parçalayarak glikoz ve oksijen üretirler. Dolayısıyla iç mekanlarda da dikey bahçelerin kullanılması ile insanların solunum sonucu ürettikleri karbondioksit gazının oksijene dönüştürülmesi açısından oldukça önemlidir. Bitkiler fotosentez tepkimesi ile beraber karbondioksit gazını oksijene dönüştürerek atmosferdeki oksijen miktarını

arttırmaktadır, yani havayı temizlemektedirler. Bunun yanı sıra VOC (Volatil Organik Bileşenler) gibi havadaki zararlı toksinleri de absorbe ederek havayı filtrelediği de gözlemlenmiştir (Yüksel, 2013).

Kirletici maddeleri absorbe etmek veya emmek için mevcut yüzey alanlarındaki herhangi bir artış, hava kalitesinin iyileştirilmesi için potansiyele sahip olduğundan, daha sığ yeşil çatılar veya otsu türlerle dikilmiş duvarlar ve cepheler önemli fayda sağlamaktadır. Kirletici madde yakalama derecesi, yaprak yoğunluğuna ve yaprak yüzeylerinin karmaşıklık derecesine bağlı olarak değişmektedir (Anonymous, 2014).

Yapılan birçok araştırmada kötü hava kalitesinin, yani kirli havanın insanlar üzerinde çok fazla olumsuz etkileri olduğu ispatlanmıştır. Bu rahatsızlıkların başında astım olmak üzere solunum yolları rahatsızlıkları ve kardiyovasküler rahatsızlığı gelmektedir. 1991-1996 yılları arasında Melbourne'de gerçekleştirilen Çevresel Koruma Kurumu (Environmental Protection Authority) tarafından yapılan bir araştırmada, yüksek nitrojen dioksit, karbon monoksit, ozon ve partiküllerin (duman ve toz gibi) astım da dahil kardiyo-solunum sistemi hastalığına bağlı ölüm oranı arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Bu ilişki sıcak havalarda, ozon seviyelerinin yükselmesi durumunda daha da fazladır (Anonymous, 2014). Düşey yeşil cephe ve yeşil çatı sistemleri astım ve diğer solunuma bağlı hastalıkların azalmasında önemli bir rol oynamaktadırlar (MacDonagh, 2005).

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cephelerin yukarıda gördüğümüz faydalarından başka estetik açıdan kullanımı da mümkündür. Özellikle dikey bahçelerin iç mekanda kullanımı, hem estetik açıdan zengin bir sergileme elemanı hem de iç mekan hava kalitesini arttırıcı özellik taşıyan bir pasif iklimlendirme aracı niteliği kazandırmaktadır. Dikey bahçelerin iç mekanlarda kullanılması, iç mekanın hava kalitesini arttırmasından dolayı bazen bio-duvarlar olarak da adlandırılmaktadır (Loh, 2008).

İç ortamlarda, bitkilerin uçucu organik bileşikleri havadan azaltmak için önemli bir kapasiteye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.33 ve 2.34). Halılar ve diğer yumuşak mobilyalar ile ofis ekipmanları bu gazlı kirleticilerin ortak kaynağıdır. Yeşil bir duvar gibi bitki örtüsünün dahil edilmesi, kapalı ortamın hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olabilir (Anonymous, 2014).



Şekil 2.33. İç mekanda kullanılan dikey bahçe (Helzel, 2012)



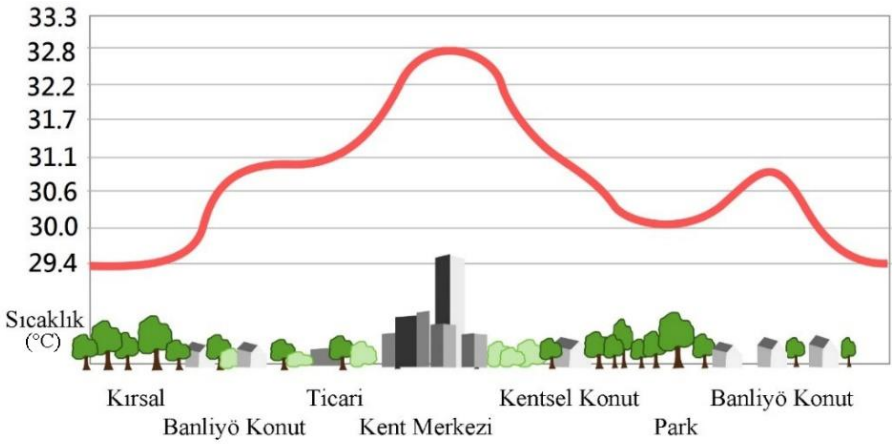
Şekil 2.34. İç mekanda kullanılan dikey bahçe (Jodidio, 2012)

2.3.3. Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması

Yoğun kentleşmenin ve endüstrileşmenin iklim değişimine etkisi üç farklı şekilde olmaktadır. Birincisi, doğal bitki dokusunun zarar görerek yerini koyu renkli ısı emme oranı daha yüksek yüzeylere bırakması; ikincisi, şehir dokusunun bozulması ve yüzeylerin rüzgar etkisinden mahrum kalması ve üçüncüsü ise nüfus artışına bağlı olarak fosil yakıt kullanımının artmasıdır (Tokaç, 2009).

Kentsel alanlar çevredeki kırsal alanlardan daha yüksek bir ortalama sıcaklığa sahip olabilir, sıcaklıktaki bu fark UHIE (Urban heat island effect-Kentsel ısı adası etkisi)

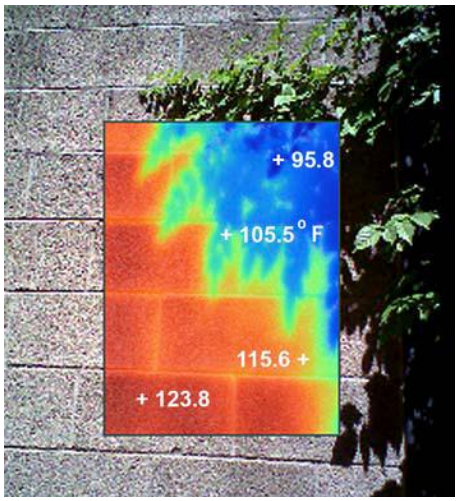
olarak adlandırılır ve kentleşme yoluyla yeşil alanın azalması ve yüksek termal kütle sağlayan sert yüzeylerin miktarı buna neden olur. Çatıların ve cephelerin sert yüzeyleri yaz sıcağını emer ve gece boyunca atmosfere yayar. Bu da kentsel ısı adası etkisini şiddetlendirir (GLA, 2008b). Diğer bir deyişle, kentsel ısı adası etkisi, kent alanlarındaki doğal vejetasyonun kaldırımlar, binalar ve diğer yapılar ile yer değiştirmesi sonucu oluşan sıcaklık artışıdır (Şekil 2.35).



Şekil 2.35. Kentsel ısı adası etkisi (Madan, 2017)

Şehir içerisinde oluşan bu yüksek sıcaklıklar sis oluşumunu arttırmakta ve buna bağlı olarak da astım ve diğer solunum hastalıkları riskini arttırmaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Yeşil duvarlar ve yeşil çatılar bir şehri soğutmanın en etkili yoludur. Bitkiler ısı adası etkisi ile mücadele eder ve bu etkiyi buharlaşma süreci boyunca çok fazla ısı emerek büyük oranda azaltır (Yamada, 2008; Yeh, 2012) (Şekil 2.36).



Şekil 2.36. Kentsel ısı adası etkisi (Greenscreen, 2015)

Yeşil cepheler ve çatılar, üzerindeki bitkilerin yaprakları ile gölgeleme etkisi sağlamaktadır. Aynı zamanda kentsel ısı adası etkisini azaltmada oldukça önemli bir role sahiptir. Araştırmacılar, yüksek yoğunluklu bir şehirde, kentin %50-60'ında yeşil çatı uygulanması halinde yaz mevsimi sıcaklıklarının 5 °C civarında düşürülebileceğini öngörmektedir (Luckett, 2009). Dolayısıyla yeşil alanların bulunduğu alanlardaki hava sıcaklığı, bulunmayan alanlara oranla daha yaşanabilir ve daha konforludur (Yüksel, 2013). Aynı zamanda daha soğuk şehirler elektriğe ve soğutmaya da daha az ihtiyaç duyacağı için elektrik sistemleri üzerindeki talebi düşürerek karbon emisyonunun da azalmasına katkıda bulunmaktadır (Luckett, 2009).

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar kentsel alanda yok olan doğal bitki dokusunun yerini alarak kentsel alandaki aşırı ısınmanın önüne geçmektedir. Bitkilerin gölgeleme sağlaması, evapotranspirasyon[2] yoluyla buharlaşma yapması ve depolama özellikleri sayesinde sıcaklık artışı engellenebilmektedir. Bunun yanı sıra bina iklimlendirmesi için harcanan enerjiden de tasarruf edilebilmektedir.

2.3.4. Yağmursuyu yönetimi

Kentsel gelişim beraberinde iklim değişikliğini getirmekte ve bu da aşırı yağışlar, taşkınlar ve sellere neden olmaktadır (Söğüt ve Şenol, 2014). Bunun sonucunda hem maddi zararlar hem de can kayıpları yaşanmaktadır (Getter ve Rowe, 2006).

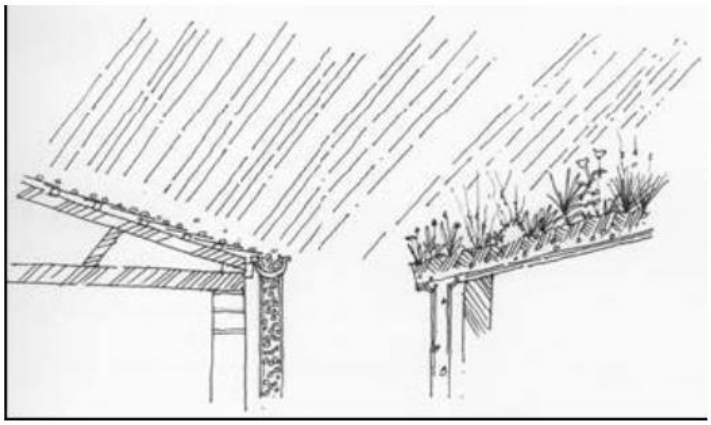
Ülkemizde de çeşitli yerleşim birimlerinde akışların kontrol altına alınamaması ya da drenaj eksikliği sonucu bu tip afetler olmaktadır. Yağış sonucu ortaya çıkan taşkınlarda çeşitli maddi kayıpların yanı sıra can kayıpları da yaşanmaktadır. Bu sel felaketlerinin oluşmasında ülkesel ölçekte orman alanlarının çok azalması, kentsel alanlardaki altyapı eksiklikleri ve etkin bir yeşil alan sistemi olmaması rol oynamaktadır (Söğüt ve Şenol, 2014).

Kentsel alanlarda geçirimsiz yüzeylerin %40'ları aştığı noktada yeşil çatılar, yağmursuyu akışının azaltılmasında çok önemli bir role sahip olmaktadır (Torres, 2010). Yeşil çatıların en önemli faydalarından birisi yağmur suyunu tutarak kanalizasyon sistemine akışını geciktirmesidir. Sert ve geçirimsiz yüzeyler arttıkça daha az su toprağa geçebilmektedir. Dolayısıyla bu da kanalizasyon ve tahliye sistemlerine daha fazla yük anlamına gelmektedir. Yeşil çatılar burada devreye girmektedir, çünkü yağışların büyük bir bölümü çatılara düşer ve burada kalır, toprak tarafından emilir, bitkiler tarafından

[2] Bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte toplam su kaybıdır.

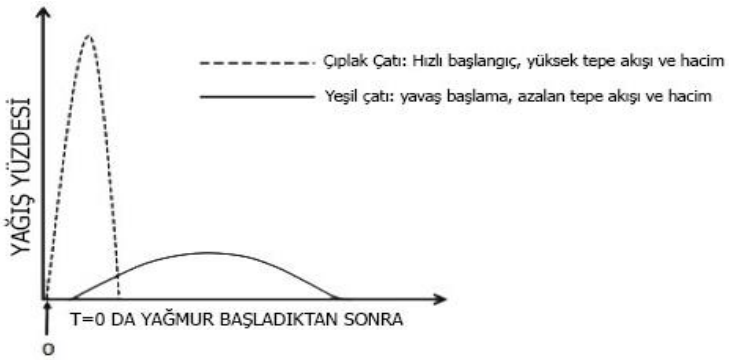
kullanılır ve sonra buharlaşır. Zemine hiç ulaşmaz. Daha fazla yağışta daha fazla su drene edilir. Çoğu zaman su baskınları önlenir (Scholz-Barth, 2001). Dolayısıyla yeşil çatılar sayesinde geçirimsiz çatı yüzeylerini geçirimli hale getirmek mümkün olmaktadır.

Yeşil ve geleneksel çatılar karşılaştırıldığında, yağmursuyu yönetimi önemli bir ayırt edici faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Geleneksel çatılar gelen suyun direkt olarak akmasına izin verirken, yeşil çatılar suyun çoğunu kullanır ve kalan kısmını yavaş yavaş yer altına bırakır (Şekil 2.37) (MacDonagh, 2005).



Şekil 2.37. Geleneksel çatı ve yeşil çatı yağmur suyu karşılaştırması (Aytin ve Ovalı, 2016)

Geleneksel bir çatının yağmursuyu yönetimindeki etkisi; yağmur, yağdığında çatıya düşer ve oradan da kanalizasyona akar. Yağmur durduktan sonra ise çatı yüzeyinde kalan su buharlaşır. Yeşil bir çatıda ise bitki örtüsü ve bitki alt tabakası yağmuru tutar, yağan yağmurun bir kısmı yapraklarda buharlaşır ancak alt tabakaya inen yağmur suyu aşağıya doğru süzülür. Bu suyun bir kısmı depolanır, bir kısmı dışarı atılır. Bu sebeplerden dolayı yeşil çatıda yağmursuyu yönetimi için harcanan süre diğer çatılara oranla daha fazla olmaktadır (Şekil 2.38) (Anonymous, 2014).



Şekil 2.38. Geleneksel bir çatıda ve yeşil çatıda yağmursuyu akışında harcanan süreyi karşılaştıran teorik grafik (Anonymous, 2014)

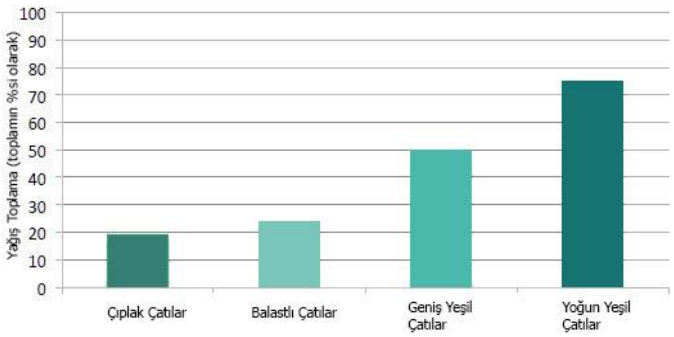
Yağmursuyu yönetimi için çatılarda ve cephelerde bitki örtüsünün kullanılmasının faydalarından birisi bitki örtülerinin yüzey alanını arttırmasıdır. Böylece suyun hızı ve hacmi azalır. Bitki örtüsünün yüksekliği, kullanılan bitkinin türü ve yapraklarının genişliği de yağmursuyu yönetimi için önemli etkenlerdendir.

Yeşil çatılar yağmur suyunu ortam ve drenaj tabakalarında tutarak akmasını engellemektedir. Aynı zamanda su bitkiler tarafından da fotosentez gibi kimyasal işlemlerde kullanılmak için de alınmaktadır. Ve bu alınan su, evapotranspirasyon yolu ile havaya buhar şeklinde verilmektedir. Alınan yağmur seviyesi ve dışarıya verilen buhar seviyesi birçok etkene göre de değişiklik gösterebilmektedir. Drenaj için kullanılan materyaller ve bu materyallerin kalınlıkları bunu etkilemektedir.

Yaz mevsiminde bir yeşil çatının yüzey akışlarını %70-80 oranında azaltabildiği görülmüştür. Yağışlar uzun süreli olduğunda ya da yoğun bir şekilde yağdığında yeşil çatıların akışı önleme etkisi daha da fazlalaşmaktadır. Ayrıca ekstansif çatılar, intansif çatılara göre %20 daha az su tutma oranlarına sahiplerdir (Anonymous, 2014). Orta batı ABD'de yeşil çatıların, yağmur sularının %75'ini bitki ortamında tuttuğu, kışın soğuk dönemlerde bile bu kontrolün olduğu, yazın ortalama absorbsiyon oranının %70-100, kışın ise %40-50 düzeyinde olduğu belirlenmiştir (MacDonagh, 2005).

Sonuç olarak; suyun gözenekli alanlar ve emici malzemeler tarafından tutulduğu, bitkiler tarafından fizyolojik süreçlerde buna terleme de dahil olmak üzere kullanıldığı ve yetişme ortamı tarafından alıkonulduğu gözlemlenmektedir (Torres, 2010).

Şekil 2.39, bir dizi çatı türü boyunca yağış tutma hakkında yayınlanmış verilerin analizinin sonuçlarını göstermektedir. Veriler, çıplak çatılar, çakıl balastlı çatılar, sığ yeşil çatılar ve derin (yoğun) yeşil çatılar için analiz edilmiştir. Daha derin alt katmanlı yeşil çatıların ortalama olarak en yüksek yağış miktarını koruduğu gözlenmektedir (Anonymous, 2014).



Şekil 2.39. Farklı yeşil çatı türleri tarafından korunan yağış miktarı (Anonymous, 2014)

Yağmur suyu tutma oranları; yağmur şiddetine, belirli bir zamanda birim yağış miktarına, süreye, yeşil çatı yetişme ortamı derinliğine ve yağmurun hangi mevsimde yağdığına bağlı olarak değişim göstermektedir (Forbes, 2010).

Bunun dışında yağıştan gelen atık suların bahçenin alt kısmında boşaltılan özel bir tepsiye toplandığı ve alternatif olarak geri dönüştürülüp, kullanılabildiği gri su sistemleri de bulunmaktadır. Bu sistem ile hemen hemen tüm su bitkiler tarafından tüketilmektedir ve oldukça az atık oluşmaktadır (Timur ve Karaca, 2013). Parkville Grattan Caddesi'ndeki Peter Doherty Enstitüsündeki bu yeşil çatı, gri su arıtma sistemi olarak işlev görmektedir (Şekil 2.40).



Şekil 2.40. Parkville Grattan Caddesi'ndeki Peter Doherty Enstitüsündeki yeşil çatı (Anonymous, 2014)

Yeşil çatıların yanında düşey yeşil cephelerin de devreye girmesi depolamada ve suyun kanalizasyona akışını yavaşlatmadaki etkiyi arttırmaktadır. Düşey yeşil cephelerin daha büyük alanları kaplaması nedeniyle aşırı yağışlarda su akışını yavaşlatmadaki etkileri de daha fazla olmaktadır (Söğüt ve Şenol, 2014).

2.3.5. Termal etkiler: Sıcaklık azaltma

Termal yararlar, kentlerde oluşan ısı adası etkilerinin azaltılması ve küresel ısınmaya karşı geliştirilen önlemleri içindeki yeri ile ısıtma-soğutma için harcanan enerjide tasarruf kapsamında ele alınabilir.

Yeşil çatıların, duvarların ve cephelerin önemli bir yararı, bina ısıtma ve soğutma gereksinimlerini azaltma potansiyelidir. Yeşil duvarlar ve cepheler, binanın yüzeyini doğrudan gölgeleyerek yaz aylarında ısı kazancını azaltabilir. Yeşil çatılar, çatı yüzeyindeki ısı ve ısı dağılımını azaltır ve ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemlerinin performansını artırır. Geleneksel çatılara karşı yeşil çatılara sahip binalar,

araştırma verileri ve modelleme çalışmalarının sonuçlarına göre, binaların soğutulmasını sağlayarak enerji tasarrufuna büyük katkıda bulunmaktadır (Anonymous, 2014).

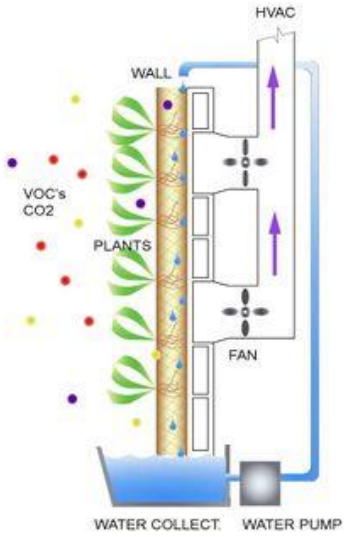
Çizelge 2.3'de de görüldüğü üzere çatı yüzeyine ulaşan sıcaklıklar yaşam kalitesini olumlu yönde etkileyecek şekilde yazın daha serin, kışın daha sıcaktır.

Çizelge 2.3. Yeşil çatılar ve geleneksel çatıların ısınma durumlarının karşılaştırılması (Söğüt ve Şenol, 2014)

	Kış	Yaz
Ortalama sıcaklık (°C)	0	18.4
Geleneksel çatı membranın altındaki sıcaklık (°C)	0.2	32
Yeşil çatı tabakasının altındaki sıcaklık (°C)	4.7	17.1

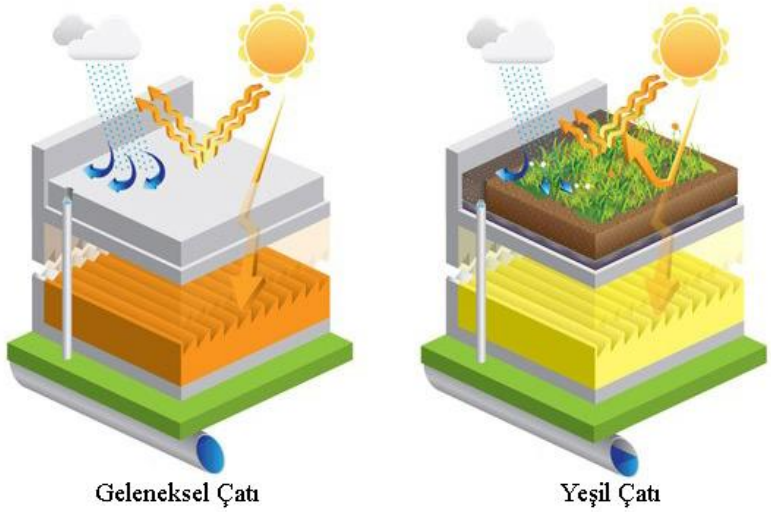
Yeşil çatılar sıcaklığı etkilemenin yanında nemi de etkilemektedir. Kentlerdeki ortalama yaz sıcaklıkları son on yılda artmıştır. Yüksek sıcaklıklar, klimalar için daha fazla elektrik gerektirmektedir ve bu da yer seviyesinde ozon gibi kirleticileri arttırmaktadır. Bu tür kirleticilerin artması da insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava temiz olsa bile, kuru hava, yüksek sıcaklık dönemlerinde kişinin nefes almasına etki edebilmektedir. Yeşil çatıda bulunan bitkiler yağışları yakalayarak tutar ve böylece nemin artmasını sağlar. Dolayısıyla nefesle ilgili zorlukları da azaltır (MacDonagh, 2005).

Ortam sıcaklığı ve nem ölçümleri, yeşil cephenin orta alanda, daha düşük sıcaklık ve daha yüksek nem ile karakterize bir mikroklima oluşturduğunu da teyit etmektedir (Şekil 2.41). Bu gerçek, yeşil cephelerin rüzgar bariyeri olarak hareket ettiğini ve bitkilerin buharlaşma etkisini gösterdiğini de doğrulamaktadır (Perez ve ark., 2011).



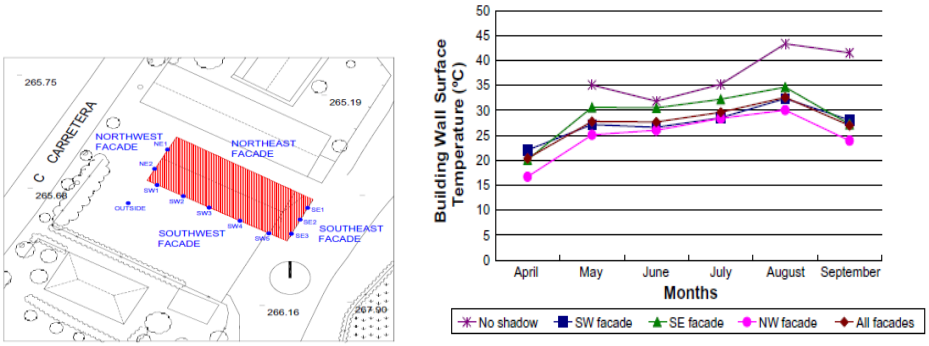
Şekil 2.41. Yeşil cephelerde mikroklima etkisi (Anonymous, 2017i)

Geleneksel çatı yüzeyleri güneş ışığını absorbe ettiği için ısınır. Gündüz absorbe ettiği radyasyonu da gece atmosfere tekrar verir. Yeşil çatılarda ise bu gerçekleşmez. Geleneksel çatılar zayıf yalıtım ve zayıf havalanma nedeniyle klima kullanımını arttırmaktadır. Yeşil çatılar ise enerji kullanımını soğuk bir çatı yüzeyi oluşturdukları için azaltırlar. Geleneksel çatılarda günlük sıcaklık dağılımında çatı daima daha sıcaktır. Örneğin bitümlü su geçirmez tabaka yüzeyi geceleri sıfır derecenin biraz üzerinde ısınırken, güneşli yaz günlerinde 50 °C'yi geçecek kadar ısınır. Kışın düşük sıcaklıklarda da tersi söz konusudur. Bu durum binalarda ısıtma ve soğutma için kullanılacak enerjiyi arttırmaktadır. Yeşil çatılar da geleneksel çatılarla aynı enerjiyi alır, fakat bunları terleme ve fotosentez için kullanır. Yaşayan bir sistem olarak yeşil çatılar su depolar (vejetasyon tabakasını oluşturan bitkiler tarafından), enerjiyi depolayan bir kütleye sahip olduğu için de ısıyı çatı yüzeyine ulaştırmaz, solar radyasyonu fotosentez için absorbe eder, aynı zamanda solar radyasyonu yüksek oranda yansıtır (Şekil 2.42) Yeşil çatılar enerji dengesinin oluşmasında önemli rol üstlenirler, böylece bina ve yakın çevresinde sıcaklığın artmasını engellerler (GLA, 2008b).



Şekil 2.42. Geleneksel ve yeşil çatıların termal etkiler açısından karşılaştırılması (Anonymous, 2017j)

Golmes (Lleida, İspanya)'da yapılan bir araştırmada bir binanın (Şekil 2.43) bütün cepheleri bitkilerle kaplanarak termal bir analiz yapılmıştır.



Şekil 2.43. Golmes'da yapılan deneyin bölgesel analizi ve ölçülen duvar sıcaklık değerleri (Perez ve ark., 2011)

Analiz sonucunda yukarıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır. Şekil 2.43 binanın ölçülen duvar yüzey sıcaklığını göstermektedir. Tüm yönlerde, güneşli alan değerleri, gölge bulunan alanlardaki değerlerden çok daha yüksektir. Güneşli bölgelerdeki yüzey sıcaklığı, gölgeli alanlardan ortalama 5,5 °C daha yüksektir. Bu fark Ağustos ve Eylül aylarında en yüksektir ve Eylül ayında kuzeybatı tarafında maksimum 17,62 °C değerine ulaşmıştır (Perez ve ark., 2011). Normal değerlere bakıldığında eğer bu binanın cephesi düşey yeşil cephe yapılmasaydı Eylül ayındaki sıcaklık değerinin 20,7 °C olması gerekirdi (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Golmes deneyinde normal iklime göre oluşan değerler (Perez ve ark., 2011)

Month	T	TM
January	5.3	9.6
February	7.9	13.7
March	10.8	17.5
April	13.2	19.8
May	17.3	24.0
June	21.4	28.5
July	24.7	32.2
August	24.5	31.6
September	20.7	27.3
October	15.3	21.2
November	9.3	14.2
December	6.0	9.8
Year	14.7	20.8

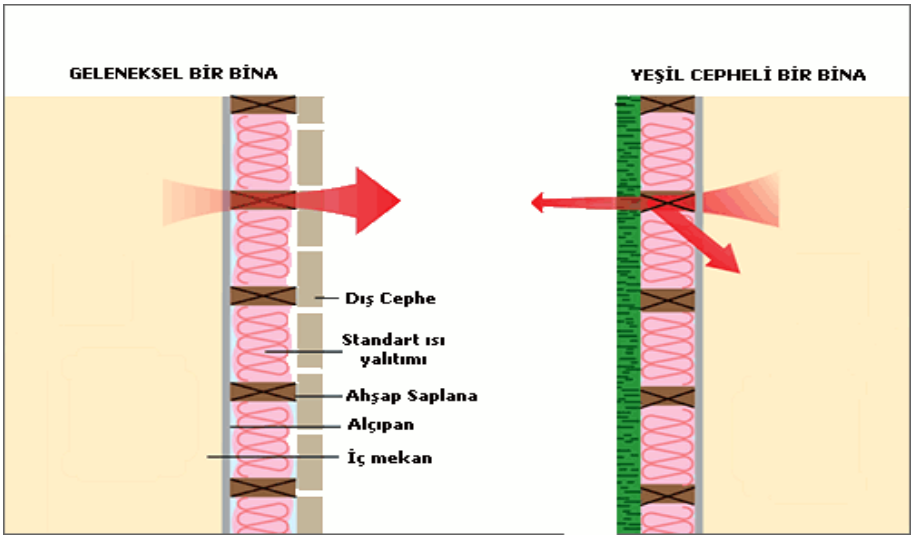
T – Monthly/annual temperature average (°C).

Bunların dışında birçok araştırma ile yeşil çatıların ve düşey yeşil cephelerin sıcaklığı azaltma etkisi kanıtlanmıştır. Tahran'da (İran) tüm çatıların yeşil çatı olması durumunda ısı adası oluşumunda sıcaklığın 7 °C azalacağı öngörülmüştür (Mahdeloei ve ark., 2012). Aynı zamanda Toronto Üniversitesi'nde 1996 yılından beri dikey yeşil sistemlerinin yüzey sıcaklıkları farklı ortamlarda gözlenmiştir. Bu sonuçlar, dikey bitki örtüsü olan alanların, genellikle kentsel alanlarda bulunan açık renkli tuğladan,

duvarlardan ve siyah yüzeylerden daha serin olduğunu göstermektedir (Bass ve ark., 2003). Belediye Sarayı'nın yeşil çatısı altında, Chicago Şehri tarafından gerçekleştirilen bir simülasyonda da hava sıcaklığının her bir derecede bir Fahrenheit azalmasının, soğutma enerjisi kullanımında %1,2'lik düşüş ile sonuçlandığını göstermiştir. Çalışma, Chicago'daki binaların 10 yıllık bir süre zarfında yeşil çatılarla donatılmasının, soğutma maliyetlerini düşürerek yıllık 100 milyon dolar tasarruf sağlayacağını göstermiştir (MacDonagh, 2005).

2.3.6. Isı izolasyonu sağlanması

Yeşil çatılar yaz aylarında binayı soğutarak, kış aylarında da yalıtarak klima gereksinimleri ve enerji tüketimini azaltmaktadır. Bitkilerle kaplı cepheler de duvar sıcaklığını ve bina soğutma yükünü azaltmaktadır (Johnston ve Newton, 2004) (Şekil 2.44).



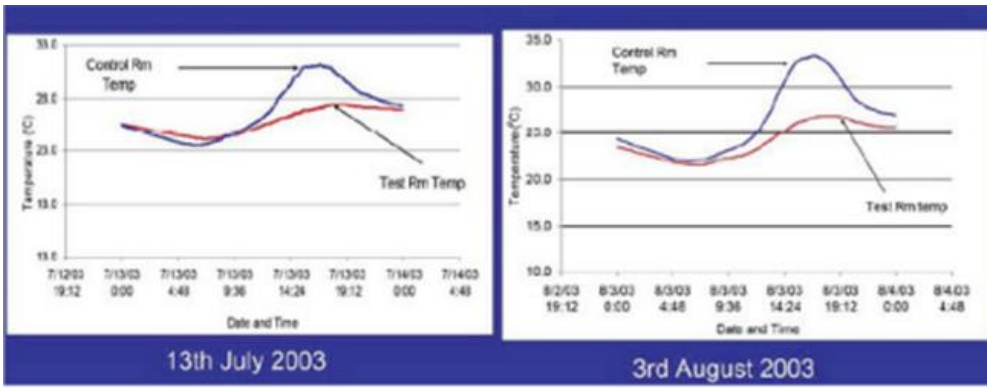
Şekil 2.44. Geleneksel ve yeşil cepheli binaların ısı izolasyonu açısından karşılaştırılması

Geleneksel bir cephenin sarmaşıklarla kaplı olduğu varsayılarak yapılan çalışmada yalıtım etkisinin kuzey cephesinde %25 oranında bir iyileşme sağlayabileceği görülmüştür (Köhler, 2008). Aynı zamanda sarmaşıkla kaplı iki katlı bir binanın batı cephesinde duvardaki ısı akışı dağılımı, sarmaşıkların soğutma etkisini araştırmak için deneysel olarak ölçülmüştür. Bitkilendirilmiş duvarın açık bir yaz gününde batıya bakan duvardan geçen soğutma yükünü %28 oranında azalttığı görülmüştür (Di ve Wang, 1999).

Bir başka çalışmada dikey yeşillendirme sistemlerinin gölgeleme etkisinin, soğutma için kullanılan enerjiyi yaklaşık %23 azalttığı ve fanlar tarafından kullanılan

enerjiyi de %20 azalttığı ve yıllık enerji tüketiminde % 8'lik bir azalma sağladığı görülmüştür (Bass ve ark., 2003). Buna ek olarak, düşey yeşil cepheler, binanın hemen dışındaki sıcaklığı 5,5 °C azaltmasıyla klima için gerekli enerji miktarını %50 oranında düşürebileceği için, gelen güneş enerjisinden duvarları ve pencereleri gölgelendirerek klima yükünü de %70 oranında azaltabilmektedir. Araştırmalar, duvara bitişik olarak yapılan yaprak dökmeyen bitkilerin, duvar yüzeyindeki konveksiyonu %75'e kadar ve ısınmayı da %25'e kadar azaltabildiğini göstermiştir (Peck ve ark., 1999).

Brighton Üniversitesi'nde Miller ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen "Bioshader" deneyinde, bir çift cidarlı yeşil cephe bir ofis odasına yerleştirilip, bitki bulunmayan başka bir ofise kıyaslanmıştır. Kapalı sıcaklık düşüşleri 3,5-5,6 °C şeklinde ölçülmüştür (Şekil 2.45) (Miller ve ark., 2007).



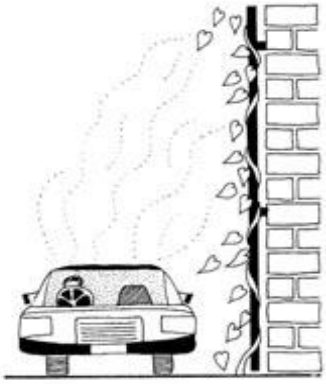
Şekil 2.45. Bioshader deneyinde ortaya çıkan sıcaklık çizelgeleri (Miller ve ark., 2007)

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar, yalıtım sağlamaktadır, ancak bunun etkinliği yaşayan duvarın türüne, yapısına ve binanın genel enerji performansına bağlı olarak değişmektedir (Peck ve ark., 1999). Bu bağlamda alandaki havanın yenilenmesi, yeşillik yoğunluğu ve cephe açıklıklarının tasarımı düşünülmelidir. Yaşayan duvarlar için yalıtım kapasitesi alt tabaka kalınlığına da bağlı olabilir (Perez ve ark., 2011). Sarmaşıklar, maksimum soğutma etkisi sağlayan türlerden biridir (Al-musaed ve ark., 2007).

Sonuç olarak, mümkün olan tüm cepheler dikey yeşillendirme sistemleri ile uygulandığında, çeşitli şehirler için %35 ila %90 arasında değişen enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Aynı zamanda yapılı çevrede termal konforda önemli gelişmeler sağlama potansiyeli ve soğutma yükü taleplerinde azalma olduğu da görülmektedir (Alexandri ve Jones, 2008).

2.3.7. Gürültü izolasyonu sağlanması

Kent içindeki gürültü kirliliği huzurumuz ve sağlımız için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Trafik ve diğer gürültü, şehir içindeki kaldırım, yol, bina cepheleri gibi sert yüzeylerden yansır. Fakat aynı durum bitkilendirilmiş yeşil alanlar için söz konusu değildir (Kabuloğlu Karaosman, 2006) (Şekil 2.46).



Şekil 2.46. Gürültü izolasyonu sağlanması (Johnston ve Newton, 2004)

Bitkilerin ses yalıtım özelliği çok fazla olmamakla beraber otoyollarda, parklarda ses bariyeri olarak kullanılmakta ve sert yüzeylere kıyasla ses emici olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında yapılan araştırmalar sayesinde yeşil çatıların geleneksel çatılara kıyasla iç mekana daha az ses geçirdiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bitki kullanılarak uygulanan yeşil çatılar ve cepheler kent içerisinde ve havalimanı, otoyol kenarlarında estetik bir ses bariyeri olarak kullanılmaktadır (Loh, 2008).

Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler, bitki örtüsü sayesinde sesi yansıtmak yerine içine alarak gürültüyü azaltıcı bir etki sağlamaktadır (Seçer Kariptaş, 2010). Yeşil çatılar ve düşey yeşil cepheler iç mekana ulaşan sesi 40 desibelden fazla azaltabilmektedir, özellikle havaalanları, otoyolların veya endüstriyel alanlarda kentsel yaşam kalitesini artırmaktadırlar (MacDonagh, 2005). Özellikle düşük frekanslı seslerde, kusursuz bir ses yalıtımına sahiptir. Seyrek bitkilendirilmiş bir yeşil çatı, sesi 40 desibel civarında düşürebilirken, yoğun bitkilendirilmiş bir çatı ise sesi 46-50 desibel civarında düşürebilmektedir (Peck ve ark., 1999). Yeşil çatılar ve düşey yeşil cephelerde kullandığımız toprak tabakasının ve bitki materyallerinin ses yutuculuk özelliği bulunmaktadır (Aksoy ve İçmek, 2010).

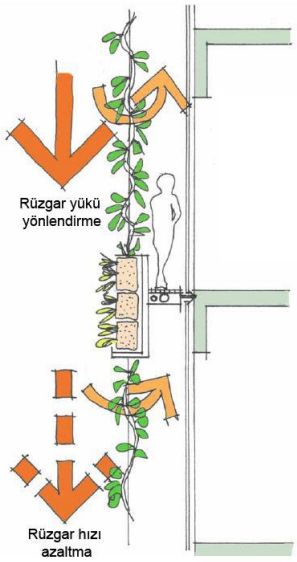
Düşey yeşil cepheler ve çatıların gürültü azaltmasındaki etkileri bazı etkenlere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Gürültü etkisini azaltan faktörler;

- Seçilen bitkiler,
- Bitki örtüsünün kapladığı alan,
- Bitki büyüme katmanın derinlik ve içeriğidir (Tohum, 2011).

2.3.8. Rüzgarı engelleme

Bir binanın enerji verimliliğini arttırmanın bir yolu da rüzgarı engellemektir. Kışın soğuk rüzgar binaların içindeki sıcaklığın düşürülmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Hava geçirmez binalarda bile, rüzgar düzenli izolasyonun etkinliğini azaltmaktadır (Şekil 2.47) (Perez ve ark., 2011). Dinsdale ve arkadaşları (2006) bitki örtüsüyle (yeşil çatılar ve yeşil duvarlar) soğuk rüzgarın korunmasının, ısıtma talebini %25 oranında düşürdüğünü göstermiştir (McPherson ve ark., 1988).



Şekil 2.47. Düşey yeşil cephelerin rüzgarı engellemesi (Hopkins ve Goodwin, 2011)

Düşey yeşil cephe sistemleri rüzgar bariyeri gibi davranmakta ve bu nedenle rüzgarın binanın cephelerine etkisini bloke etmektedir. Bu etki yeşillik yoğunluğuna, geçirgenliğine, cephe yönüne, rüzgârın yönü ve hızına bağlıdır. McPherson ve arkadaşları (1988) tarafından, dört farklı iklimi temsil eden dört ABD şehrindeki benzeri konutların enerji performansı üzerine bitki örtüsünden kaynaklanan ışıma ve rüzgar azalmasının etkilerini test etmek için bir bilgisayar simülasyonu yapılmıştır. Soğuk iklimler için bitkilerle yapılan tasarımların kış rüzgarlarını azaltacağını, güney ve doğu duvarlarına güneş erişiminin sağlandığını göstermişlerdir (McPherson ve ark., 1988).

Çalı ve ağaçlar ile yapılan önceki çalışmalarda, kışın enerji tüketiminin binada üretilen gölge yüzünden arttığını, ancak iklim değişikliğinin etkisiyle nihayetinde enerji

tüketiminde binanın duvarı ile yeşil cephe arasındaki boşluk ve rüzgar hızında önemli düşüşlerin bulunduğu tespit edilmiştir (Bass, 2007). Kışın yeşil bir bitki örtüsü yapı cephesindeki rüzgar akışını azaltmaktadır. Buna ek olarak, dış duvarların ısı yayılımı yoğun bitki yaprakları ile yalıtılmakta ve böylece bina soğumasını önlemeye yardımcı olmaktadır (Perini ve Rosasco, 2013).

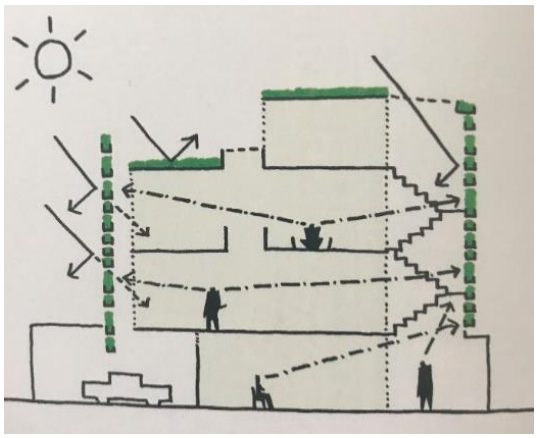
2.3.9. Gölgelenme sağlanması

Cephe üzerindeki bitkiler yapı yüzeyine gölge düşürmekte ve aynı zamanda buharlaşma süreci ile çevreyi serinletmektedir. Düşey yeşil cepheler, güneşe maruz kalan duvar yüzeylerine kıyasla duvar yüzey sıcaklığını 25 °F (14 °C) kadar düşürmektedir (Tilley ve ark., 2012). Ağaçlarla yapılan önceki deneyler, ağaçlar tarafından gölgelenen alana gelen güneş radyasyonunun, o bölgede önemli ölçüde daha düşük olduğunu göstermektedir (Papadakis ve ark., 2001).

Yeşil çatı bitkileri, yaprakları ile gölge etkisi sağlar, böylece özellikle seyrek dokulu bitkilendirilmiş alanlarda ısı adaları etkisini düzeltmeye de yardım eder (Kabuloğlu Karaosman, 2006). Düşey yeşil cepheler de bina cephesinde önemli ölçüde gölgelenme sağlamaktadır (Şekil 2.48 ve 2.49). Geçmişten günümüze kullanılan sarmaşık bitki türünün binanın en çok güneş alan cephesinde büyüyerek yaz mevsiminde önemli derecede gölgelenme sağladığı da görülmektedir (Loh, 2008).



Şekil 2.48. Gölgelenme etkisi-Şirket Genel Merkezi-Şangay (Helzel, 2012)



Şekil 2.49. Güneş ışınlarının bitkilendirilmiş çatı ve cepheden yansıması (Jodidio, 2012)

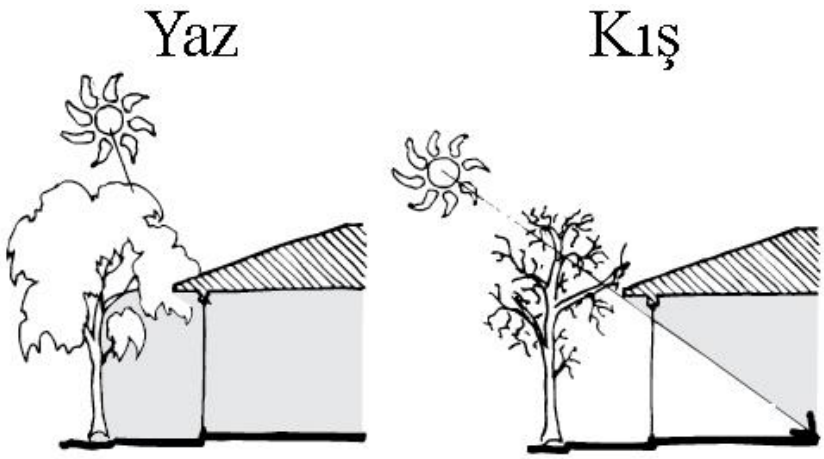
Yapılan çeşitli araştırmalar ve deneylerle de bitkilerin gölgelenmeye etkisinin oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir. Japonya, Hoyano'da yapılan bir araştırmada, yeşil cepheye sahip bir bina ile geleneksel bir binanın cephelerindeki fark 10 °C'ye ulaşmıştır. Yine Kanada'da, dikey bahçeler ile iç mekandaki sıcaklıkta düşüşler yaşandığı gözlemlenmiştir (Loh, 2008) (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. Gölgelenme etkisi (Jodidio, 2012)

Brighton Üniversitesi'nde Miller ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen "Bioshader" deneyinde (2007), bir çift cidarlı yeşil cephe bir ofis odasına yerleştirilmiş ve bitki bulunmayan başka bir ofisle kıyaslanmıştır. Çift cidarlı yeşil cepheli ofis bloğunun içindeki gölge etkisinin diğer ofis bloğuna kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür (Miller ve ark., 2007). Geleneksel yeşil cepheler üzerine yapılan deneylerde Köhler (2007 ve 2008) bu gölge etkisinin büyüklüğünün yaprak yoğunluğuna bağlı olduğunu bulmuştur (Köhler, 2008).

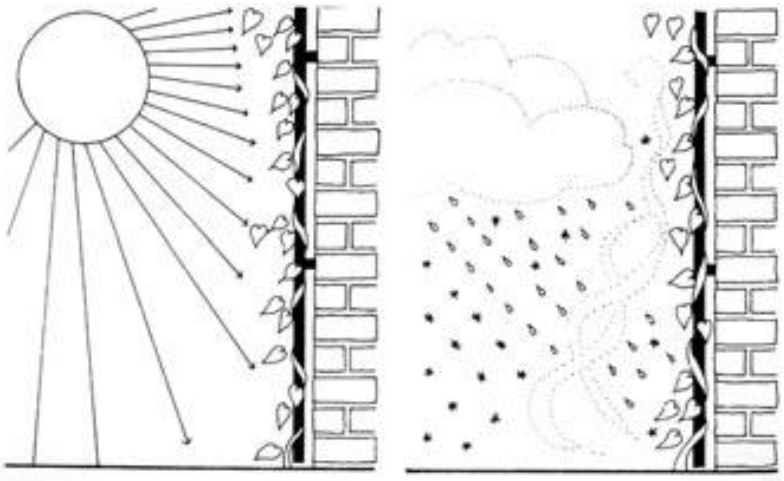
Aynı zamanda düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar binada pasif iklimlendirme sağlayarak enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır. Yapılan simülasyon programıyla ölçülen değerler yaz mevsiminde enerji tüketiminin %23 oranında düşürülebildiğini göstermiştir. Yazın gölgelenme sağlayan bitkiler kış aylarında da yapraklarını dökerek binanın güneşten faydalanmasını sağlamaktadır (Şekil 2.51) (Loh, 2008).



Şekil 2.51. Yaprak yoğunluğunun gölgelenmeye etkisi (McGee, 2013)

2.3.10. Enerji tüketiminin azaltılması

İklim değişikliği nedeniyle, iklimlendirme için enerji tüketiminin 21. yüzyılda dünyanın birçok yerinde daha büyük bir endişeye yol açacağı beklenmektedir (Bass, 2007). Yapılan çalışmalar sayesinde düşey yeşil cephelerin ve yeşil çatıların, yapılar için önemli bir ısı yalıtım katmanı olduğu ve bu sayede yazın binayı soğutarak, kışın ise sıcak tutarak enerji tüketimini ciddi oranda azalttığı kanıtlanmıştır (Şekil 2.52).



Şekil 2.52. Düşey yeşil cephelerin kışın ve yazın dış hava koşullarından koruma etkisi (Johnston ve Newton, 2004)

Düşey yeşil cephelerde bitki katmanı, binaların en çok günışığı alan cephesinde büyüyerek, bu cephe üzerinde önemli miktarda gölgeleme sağlamakta ve özellikle sıcak mevsimlerde soğutma görevi üstlenmektedir. Bu sayede binaların iklimlendirilmesi için harcanan enerjiden tasarruf sağlayarak binaların ısıl performansını arttırarak enerji tüketimini de azaltmaktadır (Loh, 2008).

Binanın cephelerinde ısı kazancını/kaybını arttıran hava hareketinin etkisi yeşil duvarlarla hafifletilebilir, böylece bina enerji kullanımının düşürülmesine yardımcı olur. Artan termal performans, binanın ısıtılması veya soğutulması için enerji gereksinimlerini düşürebilir ve böylece sera gazı emisyonlarının da düşürülmesini sağlar (Loh, 2008).

Çalışmalar, doğrudan bir batı duvarı üzerinde büyüyen sarmaşık gibi bir asma güneş koruyucusunun, duvarın etkili gölgelendirilmesini sağladığını ve dolayısıyla duvarı daha düşük ısı emilimine ve iç sıcaklıkların daha düşük olmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir (Hoyano, 1988). Örneğin, Tokyo'da Hoyano tarafından yapılan bir çalışmada, bitkili ve bitkisiz duvar yüzeyleri arasında 10ºC'lik bir sıcaklık farkı kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Pekin'de bir batı duvarı üzerindeki bitkilerin soğutma etkisi, açık bir yaz gününde %28 oranında binanın iç mekanına soğutma yükü transferini azalttığı görülmüştür (Di ve Wang, 1999). Bir diğer araştırmada, daha soğuk bir iklime sahip Kanada'da gerçekleştirilen bilgisayar simülasyon modelleri, yeşil duvarlarla sağlanan gölgelenmenin yaz aylarında iç sıcaklıkları önemli ölçüde düşürdüğünü ve enerji maliyetlerini %23 oranında düşürdüğünü göstermektedir (Bass ve ark., 2003).

Yeşil duvarların yeşil çatılara oranla kış aylarında enerji tüketiminde büyük bir etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Bass, 2007). Fakat düşey yeşil cephelerin dışında yeşil çatıların da enerji tüketimini azaltma yönünden faydaları bulunmaktadır.

Del Barrio (1998) yeşil çatıların ısıl davranışlarını matematiksel analizle araştırmış ve bu çalışmanın ana sonucunda yeşil çatıların etkin bir şekilde ısı yalıtkanları gibi davrandığını bulmuştur (Del Barrio, 1998). Kanada Ulusal Araştırma Konseyi (2003) çalışmalarında, yeşil bir çatının ısı akışını azaltabileceği gösterilmiştir. Yaz aylarında %70 ila %90, kışın ise %10 ila %30 oranında çatının içinden geçerek binalardaki alan koşullandırma enerjisi talebini %75'e kadar düşürmektedir (Liu ve Bass, 2005). Eumorfopoulu (1998) ayrıca ekili bir çatının ısıl davranışını incelemek için hesaplamalar yapmış ve yeşil çatıların, binaların termal performansına katkıda bulunabileceği sonucuna varmıştır. Bu çalışma, ekili çatı tarafından emilen toplam güneş radyasyonunun %27'sinin yansıdığını, %60'ının bitkiler ile toprak tarafından emildiğini ve %13'ünün toprağa karıştığını göstermiştir (Eumorfopoulou ve Aravantinos, 1998). Onmura ve ark. (2001),

Japonya'daki dikilmiş bir çatı üzerinde bir alan ölçümü yapmışlardır. Bir yeşil çatı bahçesinin evaporatif soğutma etkisi ile bahçenin altındaki odalarda ısı akışında %50'lik bir azalma sağladığı ortaya konulmuş ve bu araştırma ile ayrıca gün boyunca yüzey sıcaklığında 15 °C gibi bir azalma sağladığı kanıtlanmıştır (Onmura ve ark., 2001). Alcazar ve Bass, (2005), Madrid'de yeşil bir çatı kurulmasının, ısıtma yükünde %0,5 düşüş ve soğutma yükünde %6'lık bir azalma ile toplam enerji tüketimini %1 oranında azalttığını bildirmişlerdir (Alcazar ve Bass, 2005).

Yapılan bir başka çalışma (2006) ile, binanın çevresi ve çatısının bitki örtüsü ile kaplanmasıyla soğutma taleplerinde %84 gibi bir azalma sağlanacağı görülmüştür (Alexandri ve Jones, 2006).

2.3.11. Görsel ve estetik değeri arttırması

Bitkiler bir alanın olumsuz algılarını düzeltmek, binaların genel profilini güçlendirmek ve şehrin başlıca görsel, ekonomik ve sosyal koşullarını önemli ölçüde geliştirmek için kullanılan en ucuz ve en hızlı yoldur. Düşey yeşil cephelerin ve yeşil çatıların uygulanması, binalardaki görsel etkiyi arttırmaktadır. Dolayısıyla binaların mülk değerleri de artar ve onları tanınabilir simgeler haline getirir (Şekil 2.53).



Şekil 2.53. Quai Branly Müzesi-Paris/Fransa (Blanc, 2006)

Düşey yeşil cephelerin kullanımı, sürdürülebilir bina fonksiyonlarının geliştirilmesi için ileri malzemeler ve teknoloji içeren (Köhler, 2008) ve kentsel manzarayı dönüştürmenin oldukça etkili bir yoludur (Wong ve ark., 2010). Yaşayan

duvarlar görsel açıdan hoşgörüyü sağlar, yeşil ve organik bir cilt yaratır. Büyük otopark yapıları, kampüs binaları, tekrarlayan cepheleri olan kentsel sokaklar, halka açık park binaları, toplu taşıma barınakları, perakende binaların hepsi estetik bir gelişme yaratmak için yeşil duvarlarla tasarım yapma olanağı sağlamaktadır (Şekil 2.51). Desenler, ritimler ve şekillerin uygulanması, bitki dokularının kullanılması ve doğayla tasarım estetik iyileşmeye katkıda bulunmaktadır (Mir, 2011). Eski yapıların restorasyonunda ya da yeni tasarımlarda yeşillendirici unsurları uygulayan yaratıcı mimari çözümler, kentlerimizin estetik yönünü geliştirmektedir (Elinç ve ark., 2013) (Şekil 2.54).



Şekil 2.54. Fransa'daki köprünün önceki ve sonraki hali (Timur ve Karaca, 2013)

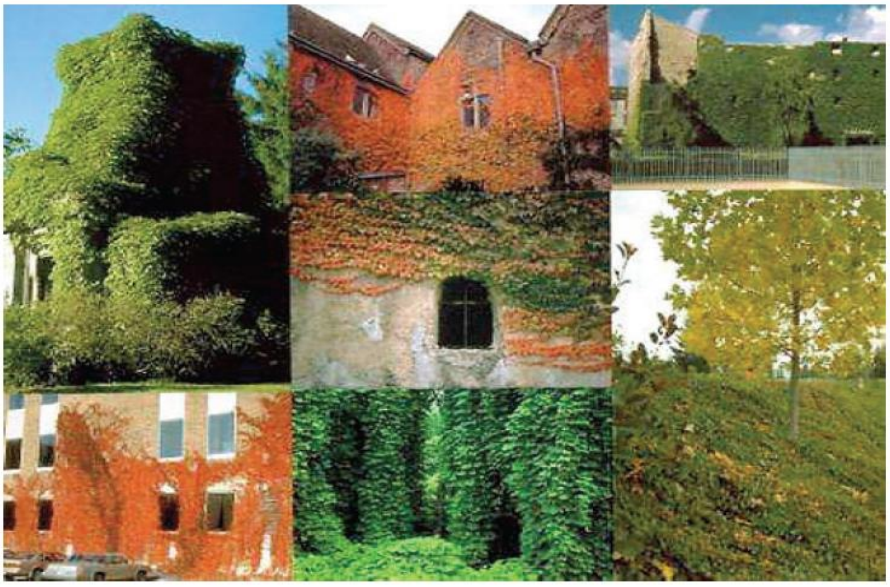
Örnek olarak, White ve Gatersleben (2011), estetik etkiyi, yeşil çatıları ve cepheleri evlere yerleştirerek algılanan restorasyon düzeyini değerlendirmek için bir araştırma yapmıştır. Çalışmanın sonuçları, bina ile entegre bitki örtüsüne sahip evlerin, daha çok tercih edildiğini ve bitki örtüsüz olanlardan daha güzel, estetik olarak hoşa giden ve onarıcı olduğunu göstermektedir (White ve Gatersleben, 2011).

Bu sistemler mevcut müşterilerin takdir ettiği ekolojik ve estetik değeri sağlamaktadır. Buna ek olarak, bu sistemlerin yoğun olarak inşa edilmiş ve nüfusun yoğun olduğu şehirlerde olumlu bir şekilde alabileceği yerel yeşil girişimlerin kentsel topluluklar arasında yaygınlaştırılmasının yararları konusunda artan bir sosyal farkındalık seviyesi vardır. Gerçekten de sosyal bileşenler, bu teknolojiler kentsel yeşillenme hareketleri içindeki yeşil seçenekler portföyüne dahil edildiğinde geliştirilebilir. Kentsel topluluklar arasında yeni kentsel yeşillendirme kavramlarının başarıyla uygulanmasına yönelik girişimlerin sayısı, örneğin yeşil çatılarda sebzelerin yetiştirilmesinin başarısı gibi kazanımlar giderek artmaktadır (Whittinghill ve Rowe, 2012).

Yaşayan duvarların estetik olarak yalnızca binanın kendisine değil oturduğu genel ortama katkıda bulunacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Tasarım sürecinde

mümkün olan en erken aşamada mimarların, peyzaj mimarlarının ve ekolojistlerin katılımı, en büyük görsel avantajı elde etmek açısından kritik öneme sahiptir.

Yeşil bir duvar tasarımı düşünülürken, verilen saha koşulları altında başarılı olacak bitki türlerini dikkatlice seçmek önemlidir. Bu önlemler, yeşil bir duvarın estetik algısını büyük ölçüde etkileyebilir. Aşağıda, geniş renk ve doku aralığı gösteren farklı mevsimlerdeki çeşitli yeşil duvarlar gösterilmektedir (GRHC, 2008a) (Şekil 2.55).



Şekil 2.55. Yeşil cephelerin görsel etkileri (GRHC, 2008a)

Duvarlara monte edilmiş ve ayakta duran yeşil duvarlar, mekanik teçhizatı, servis alanlarını, depo erişimini ve bina sistem gereksinimlerinin diğer yönlerini gizlemek için kullanılabilirler. Bu sistemler, iç mekan uygulamaları ve çatıdaki ortamlara entegrasyon için de kullanılabilmektedir. Yeşil cepheler ve yaşayan duvarlar için kullanılan bitki malzemeleri çiçekli olabilir, mevsim değişikliğiyle renk değiştirebilir veya yaprak dökebilir. Böylece görsel karakterini önemli ölçüde değiştirir (GRHC, 2008a).

Kentlerde doğa dostu yeşil alanların artmasıyla beraber halkın yaşam kalitesi de artar. Bu yeşil alanlar kent estetiğine katkıda bulunmakla beraber insanlar için hem sosyal hem de psikolojik olarak olumlu bir etki sağlar (MacDonagh, 2005).

2.3.12. Buharlaşmalı soğutma sağlanması

Su buharlaştırma yöntemi ile binalarda soğutma sağlanabilmektedir. Bu yöntem oldukça ucuz ve etkilidir. Bir binanın çatısında veya cephesinde kullanılan bitki örtüsü ile de bu buharlaşma (evapoterleme yoluyla) daha etkili bir şekilde sağlanmaktadır.

Evapo-terleme, kentsel alanlardaki bitkisel çatıların ve cephelerin en önemli çevre yararlarından biridir. Bu, kentsel hidrolojiyi etkiler, yüzeylerin sıcaklığını düşürür ve yağmur suyunun akışını yönetir (Stec ve ark., 2005). Ağaçlarla ilgili yapılan araştırmalarda da yeşil dokunun yüzey ve çevre sıcaklığını buharlaşma yoluyla soğutmada etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Papadakis ve diğerleri (2001), ağaçlar tarafından buharlaştırılan suyun kuru havada m^3 başına 1-2 kg su ile mutlak nem oranını artırabileceğini bildirmiştir (Papadakis ve ark., 2001). Cheng (2010) tarafından yürütülen deneysel bir yaklaşım, vejetasyonun çim tabanlı dikey bahçe modüllerinden oluşan dikey yeşillendirme sisteminin termal performansına etkisini değerlendirmiştir. Bu, bitkisel kaplamanın iç sıcaklıkları düşürdüğünü ve güneş enerjisindeki ısı transferini geciktirdiğini ve dolayısıyla klima tüketimini azalttığını göstermektedir. Yani, soğutma etkisi canlı bitkiler tarafından kaplanan alanla ve büyüme ortamındaki nemle yakından ilişkilidir (Cheng ve ark., 2010).

Ayrıca, Brighton Üniversitesi'nde yürütülen Bioshader deneyi ile bürodaki nem seviyesinin her zaman bu mekanizma olmaksızın ofisten daha yüksek olduğunu doğrulamıştır; yani bitki örtüsünün kullanılması, kapalı ortamdaki kuru ortam için çok fazla nem sağladığını ortaya koymaktadır (Miller ve ark., 2007). Bioshader deneyinde, düşey yeşil cephe ile büro nem seviyesinin, bu mekanizma bulunmayan ofisten Temmuz'dan Ekim'e kadar %5 ila %14 daha yüksek olduğu görülmüştür (Miller ve ark., 2007; Ip ve ark., 2010).

Aynı zamanda buharlaşmalı soğutma yöntemi ile soğutulan yapılarda yapının enerji tüketimi de azalmaktadır. Bu, binanın özellikle sıcak aylarda klima masraflarını önemli derecede azaltmasıyla doğrudan ilgilidir. Bitkiler sayesinde hem buharlaşma sağlanırken hem de gölgelenme sağlanmaktadır ki bu da bina içerisindeki ısı düzeyini ve nem oranını istenilen seviyede tutar. Böylece soğutma için gerekli olan klima masraflarından tasarruf edilir.

Wong'a (2009, 2010) göre binaların dış cephesine uygulanan izolasyon, özellikle yaz aylarında iç izolasyonlardan çok daha etkilidir; düşey yeşil cephe sistemleri, gelen güneş enerjisini gölgelendirme yoluyla iç mekana düşürmenin iki katına etki eder ve buharlaşmalı soğutma vasıtasıyla binaya ısı akışını düşürür, hem de enerji tasarrufunu arttırır (Wong ve ark., 2009; Wong ve ark., 2010).

Yapraklardaki buharlaşmalı soğutma, bitki türüne ve maruziyetine bağlıdır. Ayrıca iklim koşulları da bunu etkilemektedir. Kuru ortamlar veya rüzgar etkisi, bitkilerin buharlaşma suyunu arttırabilmektedir (Perez ve ark., 2011).

2.3.13. Rekreasyon alanı sağlaması

Kentler büyüdükçe ve geliştikçe insanların ortak bir şeyler yapabileceği alanlar azalmaktadır. Günümüzde kent merkezleri oldukça yoğun, kalabalık ve gürültülü yerler haline dönüşmektedir. Bu yüzden insanların rekreasyon için kullanabilecekleri alanların sayısı sınırlı hale gelmiştir.

Geçtiğimiz on yıl içinde, birçok batı kenti, kentsel dolgu projeleri yoluyla kent yenilenmesine tanık olmuşlardır. Şehrin alışveriş, çalışma ve toplu taşıma araçlarının kolaylığı için genişleyen alt bölümler değiştirilmiştir. Kentsel ortam, insanların çalışma, yaşam, alışveriş ve oyun için kullandığı yerler haline gelmiştir (Kuo ve Sullivan, 2001; Sullivan ve ark., 2004). Araştırmalara göre, bahçeler ve parklar gibi doğal ortamlar insanların stresle baş etmelerine ve stresle ilişkili olmayan diğer ihtiyaçları karşılamalarına yardımcı olmak için önemlidir (Şekil 2.56) (Ulrich, 1984). Portland'da bir yeşil çatıda yapılan aktiviteler arasında köpek gezdirme, çamaşır kurutma, yemek pişirme, yeme-içme, hatta havai fişek patlatma eylemleri olduğu gözlenmiştir (GLA, 2008b).



Şekil 2.56. Dolaşım sağlanan yeşil çatı uygulaması-Tu Delft Kütüphanesi-Hollanda (Anonymous, 2011b)

Yeşil çatıların rekreasyon alanı sağlamadaki potansiyelleri oldukça yüksektir. Özellikle üzerinde yürünebilen (intansif) çatılarda insanlar için bir sosyalleşme mekanı oluşturulabilmektedir. Yeşil çatılar, aşağıdaki kullanımları sunabilir (Anonymous, 2017k):

- Özel topluluk bahçeleri (Yerel kooperatifler vb.)
- Ticari bahçeler (Restoran terasları vb.)
- Kamusal bahçeler (İşyerleri ve kamusal mekanlar)

- Rekreasyon alanları (Çocuk oyun alanları, dolaşım alanları)

Kent plancıları ve peyzaj mimarları kentlerdeki yeşil alanların rekreasyonel eylemler için uygun olmasına önem vermektedir. Kent içerisindeki yeşil alanlara kıyasla çatı bahçeleri bu özelliği daha az sağlasa da yüksek katlı yapılar için çatı bahçeciliği yöntemi daha uygun görülmektedir (Söğüt ve Şenol, 2014). Kentsel sakinler için ek yeşil alan yaratarak, inorganik bir çevre olarak algılanabilecek yeni yaşam alanı sağlanmaktadır. Aynı zamanda standart binalar arasında yeşil bir çatı görsel imaj yaratır. Kent manzarasında yeşillenmenin stres ve hastanın iyileşme süresini azalttığı, mülk değerlerini artırdığı ve suçların azaltılması ile bağlantılı olduğu da bilinmektedir (Kuo ve Sullivan, 2001; Sullivan ve ark., 2004).

Yeşil çatılarda (özellikle intansif çatı türlerinde) 30 cm'ye kadar varan toprak kalınlığında tarım yapılmaktadır. Birçok sebze ve bitki bu çatılarda yetiştirilebilmektedir. Bu da ekonomik olarak bir katkı sağlamaktadır (Şekil 2.57) (GRHC, 2008a). Özellikle ortam olarak indirgenebilir veya mikrobiyolojik aktivitelerle parçalanabilir atıklar kullanılırsa, çevre kirliliğini azaltma yönünde de etkili olmaktadır. Belçika fabrikalarında geliştirilen, biyolojik olarak indirgenebilir atık materyallerle oluşturulan doğal çimler ve yabani çiçeklerin olduğu 8000 m² civarında yeşil çatı oluşturulmuştur. Üretilen bu atık havuzlarda bekletilmekte, daha sonra filtrelenerek yeşil çatılarda kullanılmaktadır. Bu materyal sulamada etkili olduğu kadar, bitkiye besin sağlamada da bir kaynak olarak değerli bulunmaktadır (Söğüt ve Şenol, 2014).



Şekil 2.57. Güney Avustralya'da bir tarım bahçesi (Anonymous, 2014)

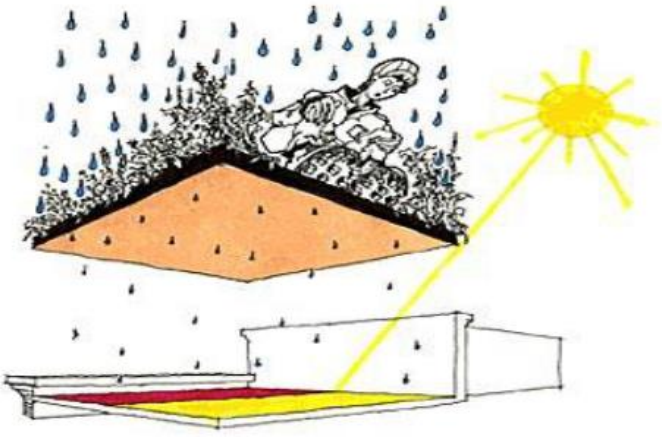
2.3.14. Yangın güvenliği sağlama

İyi tasarlanmış bir yeşil çatı, yangının yayılmasını önlemede başarılı olabilir. Bazı bitkiler diğerlerine göre daha az ateşe dayanıklı olsalar da (mevsimsel olarak kurumuş otlara karşı önemli miktarda su tutan sulu meyveler gibi), organik madde katmanları yangının yayılmasının önlenmesinde etkili olmaktadır. Tüm çatılarda yanıcılığın sınırlandırılması için gerekli yangın söndürme işlemlerini yapmak ve sağlamak önemlidir. Tüm yeşil çatılar yerel yangın kodlarına uygun olmalıdır. Ayrıca, bazı yeşil çatıların, çatı üzerindeki bitkilerin çimlenmesini sağlamak için mevsimlik bir yanma gerektirdiğini belirtmek gerekir. Bu, yerel itfaiyenin gözetiminde yapılmalı ve güvenlik sağlanmalıdır (Tolderlund, 2010). Son 25 yılda Almanya ve İsviçre'de bu standartlarda milyonlarca metrekare yeşil çatı kurulmuştur (GLA, 2008b).

Yangınla ilgili bakım planlarına bakılırsa, yeşil çatı, duvar veya cephede bulunan bitki örtüsünün yangın tehlikesi oluşturmadığından emin olunmalıdır. Kuruyan ya da ölen bitkilerin bakımları iyi yapılmalıdır, bu bitkiler temizlenmelidir. Bitki kabuğu aralarına açıklıklar verilerek yangın direnci arttırılabilir. Düzenli şekilde bakımı yapılan, temizlenen ve sulanan düşey yeşil cephe ve çatılarda yangın riski çok düşüktür.

2.3.15. UV ışınlarından koruma

Bitkiler UV ışığının miktarını da azaltır ve bina dayanıklılığı üzerinde pozitif bir etkiye neden olur (Hasan ve ark., 2012)(Şekil 2.58).



Şekil 2.58. Ultra viyole ışınlarından koruma (Dinsdale ve ark., 2006)

Yeşil çatılar yapıyı güneşin UV ışınlarından korur, yapı düşük veya yüksek sıcaklıklara daha az maruz kalır böylelikle su yalıtım sisteminin ömrünü uzattığı için

yenileme maliyetinin azalmasını sağlar. Yeşil çatı sistemindeki bitki toprağı, ısı yalıtımına katkıda bulunduğu için enerji maliyetlerinde de azalma olur (GLA, 2008b).

2.3.16. İnsan sağlığına olan etkisi

Açık alanlar, parklar, bahçeler, doğa ile iç içe olan mekanlar insanların stresten uzaklaşabileceği mekanlardır. Bu mekanlar sağlıklı kişiler için olduğu gibi hasta insanlar için de önemli yerlerdir. Bu durum bazı çalışmalarla da kanıtlanmıştır. Yeşil alanları ziyaret eden hastaların çoğunda ilaca gereksinim duymadan iyileşme görülmüş ya da diğer hastalara oranla daha hızlı bir iyileşme sağlanmıştır (Kabuloğlu Karaosman, 2006) (Şekil 2.59).



Şekil 2.59. Gutman kütüphanesindeki yeşil duvarlar-Boston/Amerika (Timur ve Karaca, 2013)

Açık alanın erişilebilirliğinin ve doğal ortam görünümlerinin insan sağlığı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır. Araştırmalar doğal bir çevreye görsel erişimin bile stres, hastalık izni ve rahatsızlıkların azalması ile sonuçlandığını ve genel sağlık, iş doyumu ve üretkenliği iyileştirdiğini göstermiştir (Ulrich, 1984).

Geleneksel halka açık parklar ve açık alanlar, serinletici ve huzurlu manzaralar, rekreasyon alanı ve yaz aylarında serin gölge alanları ve gıda üretimi için fırsatlar sunmaktadır. Bu ortamlar, sosyal etkileşim ve topluluk oluşturma potansiyeline sahiptir. Fiziksel, psikolojik sağlık ve refah için oldukça önemlidirler. Doğaya maruz kalma, insanların odaklanma, stresle baş etme, yaratıcı fikirler üretme ve uçucu, antisosyal davranışları azaltma becerisini geliştirmektedir (Townsend ve Weerasuriya, 2010).

Düşey bahçeler, doğal manzaranın restoratif etkisinin izleyicinin dikkatini çektiğini, farkındalıklarını kendilerinden ve endişe verici düşüncelerden yönlendirdiğini ve meditasyon benzeri bir durum ortaya çıkardığını göstermiştir. Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar doğa ile ruhsal ve fiziksel bir bağ kurarak kent yaşamının fizyolojik ve psikolojik baskılarını hafifletmeye yardımcı olmaktadır. Yeşil bir duvarın güzelliği zihnimizi gençleştirebilir ve fiziksel yorgunluk büyük ölçüde azaltılır. Ofiste bitki varlığı stresi azaltır, aynı zamanda işçilerin verimliliğini artırmaya da yardımcı olur (Peck ve ark., 1999).

2.4. Düşey Yeşil Cepheler ve Yeşil Çatılar ile İlgili Dezavantajlar

Yukarıda belirttiğimiz tüm bu yararlarına rağmen düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların dezavantajları da bulunmaktadır. Düşey yeşil cepheler ile ilgili dezavantajlar; tasarım, kurulum ve kurulum yapıldıktan sonra bakımı ile ilgili sorunlardır. Yeşil çatıların beraberinde getirdiği olumsuzlukların en önemlileri arasında çatı yükünün artması ve periyodik bakım masrafları sayılabilmektedir.

2.4.1. Düşey yeşil cepheler ile ilgili dezavantajlar

Düşey yeşil cepheler ile ilgili ana kaygıları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Yanlış seçilen bitki türü ve yanlış uygulanan bitki yoğunluğundan kaynaklı oluşan dezavantajlar,
- Düşey yeşil cephe sistemleri uygulamalarında ortaya çıkan maliyet,
- Uygulamadan sonraki bakım ve işletme süreci,
- Düşey yeşil cephenin her daim suya ihtiyaç duyması,
- Biyoçeşitliliği arttırmasının yanı sıra böcek, sürüngen vb. hayvanları barındırarak hijyen açısından olumsuzluk yaratması,
- Bazı durumlarda bina cephesini kaplayarak doğal manzarayı kapatması.

Tasarım yapılırken seçilecek olan bitki türleri, kullanılacak olan bitki yoğunluğu (yani birim alan başına bitki sayısı), seçilecek olan cephe sisteminin özellikleri, bu cephenin estetik bir değer taşıması için düşünülmesi gereken kriterlerden birkaçıdır. Bitkilerin ölüm hızları da estetik değerin korunmasında önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden ölüm oranları yüksek olan bitki türlerinin bu sistemde kullanılması ek bir maliyet getirebilmektedir (Pérez-Urrestarazu ve ark., 2015).

Yeşil cephe tasarımı, bina çevresiyle entegrasyon, sürdürülebilir bir malzeme seçimi, çevresel etki ve büyüyen ortam ile bitki örtüsü arasındaki simbiyoz dahil olmak üzere bir çok yönden dikkate alınmalıdır (Perini ve Rosasco, 2013).

Ticari sistemler, yeşil cephe sistemlerinin duvara sabitlenmesi için birden fazla çözüm kullanmaktadır. En yaygın olanlardan biri, yeşil cephe sistemleri ile duvar arasında 3-10 cm genişliğinde bir hava boşluğu bırakarak, çok noktalı olarak duvara tutturulmuş küçük bir yardımcı metal yapının kurulmasıdır. Bu hava hacmi, nem ve ısı transferi açısından izolasyonu arttıran ilave bir koruma görevi görmektedir. Bununla birlikte, bazı diğer sistemler, gerekli izolasyonu sağlayan bir su geçirmez tabaka içerdiği için doğrudan duvara yapıştırılabilir. Son zamanlarda, ağırlıklarının düşük olması nedeniyle destek yapısı daha az ve duvara yapışan daha ince kumaş sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu önemli bir gelişmedir, çünkü destek yapılarının maliyeti, toplam kurulum maliyetinin yüzde 7 ila 10'u arasında değişebilir ve daha ağır sistemlerde bu oran yüzde 12'ye çıkmaktadır (Pérez-Urrestarazu ve ark., 2015).

Son birkaç yılda, farklı kentsel yeşillendirme çözümleri sunan firmaların sayısı önemli ölçüde artmıştır, bu nedenle yeşil cephe sistemlerinin tasarımı, kurulumu ve bakımı için fiyat aralığı giderek genişlemiştir (Perini ve Magliocco, 2012). Dolayısıyla, yeşil cephe sistemlerinin maliyeti ile ilgili geleneksel endişe giderek daha da önemsiz hale gelmektedir.

Düşey yeşil cephelerde estetik değerin kazanılması ayrıca önem verilmesi gereken bir konudur. Su tüketimi, bazı yerlerde bu kaynağın giderek artan sıkıntısı nedeniyle önemli bir unsur olmaktadır. Bitki transpirasyonu ve substrat buharlaştırma süreçlerinde kullanılan bu sistemlerin ihtiyaç duyduğu su miktarı, hava sıcaklığı ve nemi, gelen güneş enerjisi, hava akış hızı, bitki örtüsü türü ve yüzey özellikleri ile sıkı sıkıya ilişkilidir (Franco ve ark., 2012). Bu nedenle, iyi tür seçimi, kuraklığa açık bölgelerdeki su ihtiyacını en aza indirgemek için önemli bir tasarım parametresidir. Ayrıca, sulama suyunun devri daim yaptırılması veya geri beslenen gri su ve yağmur suyu ile karıştırılması, gerekli su miktarını önemli ölçüde azaltabilir. Bununla birlikte, yağış yakalama ve/veya sulama suyu geri dönüşümü için su depolama tanklarının uygulanması, malzeme maliyetlerini ve yeşil cephe sistemlerinin kurulumunu önemli ölçüde arttırabilir (Pérez-Urrestarazu ve ark., 2015).

Bu sistemlerin çoğunun enerji ihtiyacı yüksek değildir. Ayrıca, güneş panelleri yapısına tutturulması gibi kolay uygulanan çözümler, sistemin çalışması için gerekli enerjiyi sağlayabilir. Her durumda yeşil cephe sistemleri tarafından sağlanan ek yalıtım

sayesinde sağlanan enerji tasarrufu ile binanın enerji dengesi olumlu olmaktadır (yani, bu sistemler kurulursa ekstra enerji gerekmeyebilir) (Bass ve ark., 2003).

İşletme ve bakım süreçleri de belli bir maliyet gerektirmektedir. Bu maliyetlerin durumu birçok etkene göre değişiklik gösterebilmektedir. Bunlar sistemin karmaşıklık derecesi, bitkinin özellikleri, bitkinin yoğunluğu vb. değişkenlerdir.

Fakat iyi bir tasarım da bakım işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Bunun dışında nitelikli işçiler, özellikle inşaat aşamalarında istihdam edilmelidir. Kurulum süreci, ekipman maliyeti ve bakım konularında, saygın tedarikçilerin ve montajcıların düzenlenmiş bir listesinin hazırlanması hakkında ayrıntılı bilgi veren bilgi tabloları, bazı dezavantajların giderilmesine de yardımcı olabilmektedir (White ve Gatersleben, 2011).

Bahsedilen maliyetlere rağmen, yukarıda belirtilen faydalar dikkate alındığında, bu girişimlerin ekonomik olarak uygulanabilirliğini çeşitli çalışmalar desteklemiştir (Clark ve ark., 2008; Veisten ve ark., 2012; Pulselli ve ark., 2014). Perini ve Rosasco (2013) ayrıca, ekonomik teşviklerle ilk yatırım maliyetlerini azaltılabileceğinin ve bu sayede yeşil cephe sistemlerinin daha geniş bir alana yayılmasına olanak tanıdığını belirtmektedir (Perini ve Rosasco, 2013). Pazar açısından bakıldığında, şirketler, kurulum işlemini kolaylaştırarak ve sistem performansını iyileştirerek (örneğin, bitki ölüm oranını düşürerek) daha ucuz ve çevre dostu malzemelerle hem başlangıç hem de bakım maliyetlerini düşüren yeni ürünler geliştirerek bakım gereksinimlerini azaltmaktadırlar (Pérez-Urrestarazu ve ark., 2015).

2.4.2. Yeşil çatılar ile ilgili dezavantajlar

Yeşil çatı kurulumunu önleyen ana zorluk, muhtemel bir projenin yapımında bir dezavantaj oluşturabilecek yeşil bir çatı kurulumu ve bakımı ile birlikte maliyettir (Juric, 2016).

Bunun dışında yeşil çatılar ile ilgili dezavantajlar aşağıdaki gibidir:

- Uygulama ve uygulama sonrası bakım maliyetleri iyi planlanmazsa sorunlar oluşabilmektedir. O nedenle fazla sulama ve bakım gerektirmeyen türlerin seçilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir (Anonim, 2015).
- Kullanılan bitkinin ilave kütlesi ve su, bir binanın yapısal desteğine büyük yük bindirmektedir. Mevcut binalarda yoğun yeşil çatıların kullanılması genellikle mümkün değildir (Mentens ve ark., 2006). Fazla miktarda ilave ağırlığı destekleyebilen binaların eksikliği ve bu ağırlığı destekleyebilecek binaların

takviye edilmesi için katlanılan maliyetten ötürü uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Currie ve Bass, 2008).

- Tolerans hesabı iyi yapılmadığı zaman kışın yağmurun yağıp da büyüme ortamı içerisine hapsolması ve gece don olayının olması sıkıntı yaratabilmektedir. Yük hesaplarının sadece kuru düzeneğe göre değil suya doymuş sistemin ağırlığı da göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir (Anonim, 2015).
- Yeşil çatılar; Almanya, Kanada ve ABD gibi iklim bölgelerinde başarılı bir şekilde oluşturulmuştur, ancak bir iklimde yeşil çatıya özgü tasarımın uygulanması, bölgesel farklılıklar içeren başka bir yerde uygulanmayabilir. İklim koşulları, özellikle yağış ve aşırı sıcaklıklar, belirli türlerin kullanımını kısıtlayabilir veya sulamanın kullanımını zorunlu kılabilir. Yeşil çatıların her biri uygulanacak olan yerde topluluğun kullanım ve yapısına yönelik ve sürdürülebilir tasarımda başarılı olabilmesi için çevredeki iklim dikkate alınarak, kendi amacı için özel olarak düşünülmüş bir tasarım gerektirmektedir (Oberndorfer ve ark., 2007).
- Yeşillenmenin yoğun olduğu kısımlarda yüksek rüzgar hızlarında hiç bir sıkıntı olmazken, seyreldiği kısımlarda toprak ya da taş düşük rüzgar hızlarında dahi uçup gidebilmektedir (Anonim, 2015).

2.5. Düşey Yeşil Cepheler ve Yeşil Çatıların Bakımı

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar uygulama sonrasında da bakım gerektirmektedir. Bu sistemlerin yapıldığı binanın bulunduğu iklim, konum, sistemde kullanılan bitki türü ve yoğunluğu da bu bakımın derecesini etkilemektedir. Bu canlı varlıkların yaşamlarına devam edebilmesi için en önemli kural su kaynaklarının tükenmemesidir. Kurulum ve kurulum sonrası aşamalarda hem yeşil çatıların hem de düşey yeşil cephelerin sulama bakımı çok iyi yapılmalıdır. Aynı zamanda bitkiler haricinde kullanılan kablo ve halat sistemlerinin de bakıma ihtiyacı olmaktadır. Bu sistemlerin de bakımı sağlanmalıdır.

Bunun dışında şiddetli rüzgarlara karşı da önlemler alınmalıdır. Özellikle sulama ve drenaj sistemleri düzenli olarak kontrol edilmelidir (Şekil 2.60). Yeşil çatılar için yaşam döngüsü en az 10 yıl olmalıdır, sonrasında ise bazı bitkiler büyük revizyona ihtiyaç duymaktadır (Köylü, 1997).



Şekil 2.60. Minifie Erken Öğrenme Merkezi yeşil çatısında sulama borusunun döşenmesi-Melbourne (Anonymous, 2014)

Yeşil çatılar bazı sistemler kullanıldığında sık bakım gerektirebilmektedir. Kendi kendine yaşayabilen bitkilerin kullanılması durumunda bu gereksinim azalabilir. Yeşil çatının bakımında kullanılmak üzere küçük malzemeler için uygun depolar olmalıdır. Toprak, bazı ağaçlar ve çalıların gerektiğinde değiştirilmesi gerekmektedir. (Köylü, 1997).

2.5.1. Bakım Planlaması

Bir yeşil çatının ya da yeşil cephenin bakım planı aşağıdakilerin net bir tanımını içermelidir (GLA, 2008b):

- Bakım amaçları (tasarım amacına ya da çatının, duvarın, cephenin gelişiminin temelini oluşturan çevre düzenlemesi veya çevresel hedeflere dayalı olarak oluşturulmuştur),
- Bir alanın bitki ve yaprak tarafından tam olarak kapsanması için zaman çizelgesi gibi performans hedefleri,
- Binayı işletmede görev alan çeşitli personelin sorumlulukları, görevin türü ve kapsamı, ortaya çıkışı ve süresi,
- Eğitim gereklilikleri ve güvenlik teçhizatı ve
- Mevcut kaynaklar.

Kurulum sırasında ve sonrasında yeşil çatılara ve düşey yeşil cephelere bakım kolaylığı sağlamak için şunlar dikkate alınmalıdır (Tolderlund, 2010):

- İnşaat sonrasında teçhizat ve teftiş için erişim,
- Çok fonksiyonlu sulama zamanlayıcılarına kolay erişim,

- Suya erişim,
- Drenajsız bir sistem kullanılıyorsa hem denetleme hem de bakım için temizlik yapılmalıdır. Çatı altındaki drenaj sistemi için uzun vadede, bitki kökü bölgesinin altına göç eden, büyüyen orta ve organik madde ile tıkanma potansiyeli vardır. Boşaltma sistemine, atık suyuna, kanalizasyona vs. temizleme için erişim olanağı önemlidir.

2.5.2. Bakım Süreçleri

Bakım süreci bir dizi kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidir (Anonymous, 2014):

1. Kurulum bakımı, kurulumdan sonraki ilk 1-2 yıl boyunca gerçekleşmektedir, tasarım amacını ve sonuçlarını tam olarak gerçekleştirmek için taahhütte bulunmaktadır. Bitki örtüsü için bu; budama, yabani ot kontrolü, sulama gibi sağlıklı ve canlı bitki büyümesini sağlamak için görevleri içermektedir.

2. Rutin veya tekrarlanan bakım, çatının, duvarın veya cephelerin asgari düzeyde veya istenen standartta görünüş, işlevsellik ve güvenlik açısından korunmasını sağlamak için yapılan düzenli çalışmaları içerir. Bitki örtüsü için, bu, yabani otların temizlenmesi, budama, yaprak çöpünün çıkarılması ve bazı durumlarda biçme gibi görevleri içerebilir (Şekil 2.61).



Şekil 2.61. Melbourne Üniversitesi Burnley Kampüsü'nde (Anonymous, 2014)

3. Çevrimsel bakım, altyapıyı koruyan daha az aralıklarla planlanan müdahalelerdir. Altta yatan bina yapısının ve yeşil çatı, duvar veya cephe sisteminin belirli bileşenlerinin bakımını içermektedir.

4. Reaktif ve koruyucu bakım, sistemin bazı bileşenleri aniden sorun olduğunda yapılan bakımdır. Sorun, saptanamayan bir uzun vadeli problem (ağaç köklerine bağlı tıkanmış kanalizasyon gibi) veya aşırı hava olaylarından kaynaklanan ani hasar (yağmur suyu akışı gibi) olabilir. Mart 2010'da şiddetli bir dolu fırtınasından sonra Venny, Kensington'da parçalanan etli bitki örtüsüne reaktif bakım yapılmıştır (Şekil 2.62).



Şekil 2.62. Venny, Kensington'da parçalanan etli bitki örtüsü (Anonymous, 2014)

5. Yenileme bakımı, tasarım amacını değiştiren işleri içermektedir. Bu, bir tasarım sorununun düzeltilmesi yoluyla, değişim arzusunu tetikleyen bir binanın mülkiyet değişikliğinden sonra ortaya çıkabilir.

3. DÜŞEY YEŞİL CEPHELER VE YEŞİL ÇATILARIN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Uygulama çalışmasının yapılacağı üçüncü bölüm kapsamında, daha önce detaylı bir şekilde anlatılan düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların enerji verimliliğinin hesaplanabilmesi için benzetim programından yararlanılmıştır. Yapılan analizler için Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinden iller seçilmiştir. Seçilen bu iller için dört farklı parametre kullanılarak yıllık ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile düşey yeşil cephelerin ve yeşil çatıların dört farklı iklim bölgesine etkilerinin irdelenmesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu analizlerin yapılabilmesi için kullanılan benzetim programı Design Builder'dır. Bu doğrultuda, öncelikle Design Builder ile ilgili bilgi verilip, daha sonrasında uygulama çalışmasının aşamaları detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

3.1. Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesinde Benzetim Programları

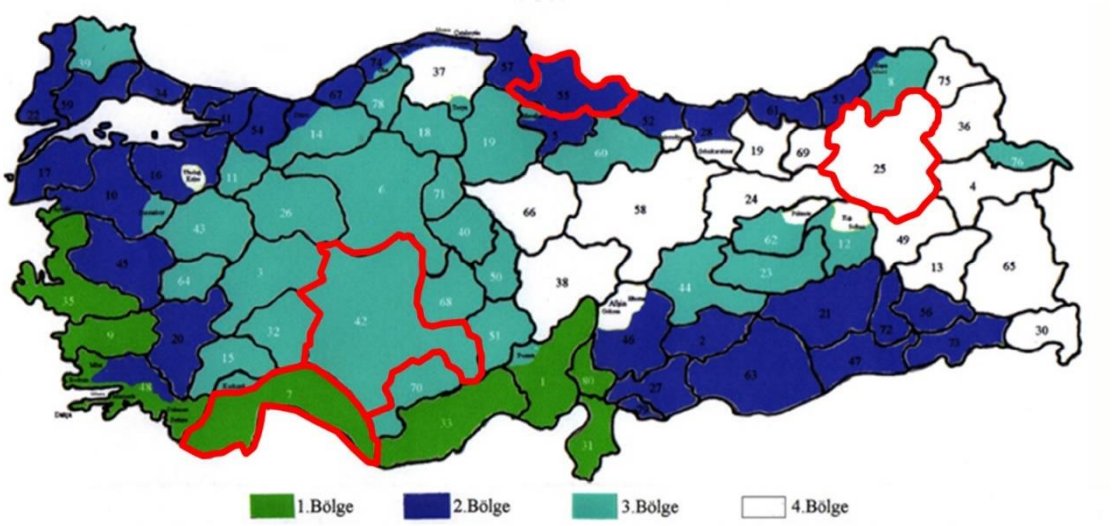
Bugün ülkemizde, EnergyPlus başta olmak üzere HAP (Hourly analysis program) en çok bilinen enerji simülasyon programlarıdır. EnergyPlus, proje aşamasında ya da mevcut binaların ısıtma, soğutma ve havalandırma yüklerinden kaynaklanan enerji tüketimlerini, dinamik olarak hesaplayan bir simülasyon programıdır. EnergyPlus; DOE-2 ve BLAST programları temel alınarak geliştirilmiş, yüksek hesaplama kapasiteli bir bina enerji simülasyon programıdır. EnergyPlus sayesinde tasarım aşamasında olan yeni binaların veya iyileştirme yapılması düşünülen mevcut binaların enerji performansı, inşaattan önce görüntülenebilmekte ve böylece mimar veya mühendis olası senaryoların hepsini test ederek proje için en uygun olanını seçebilmektedir (Aktacir ve ark., 2011).

Çalışmada kullanılmış olan benzetim programı Design Builder, yapı tasarımlarını enerji, karbon, aydınlatma ve konfor bakımından performans ölçmek ve kontrol etmek için geliştirilmiş EnergyPlus tabanlı bir yazılım aracıdır (Altensis, 2015).

Design Builder; binanın enerji, karbon salınım, aydınlatma ve konfor denetimi için geliştirilmiş bir görsel benzetim programıdır. Design Builder kullanılarak EnergyPlus için gereken IDF dosyaları oluşturulmakta, bina modeli hazırlanabilmekte ve enerji analizi için model üzerinde gerekli düzeltmeler yapılabilmektedir. Ülkemizde EnergyPlus ve Design Builder programlarının kullanımına yönelik olarak bazı firmalar tarafından çeşitli kurslar düzenlenmektedir (Aktacir ve ark., 2011).

3.2. Alan Çalışması

Alan çalışması için Türkiye'nin 1. iklim bölgesinde bulunan Antalya, 2. iklim bölgesinde bulunan Samsun, 3. iklim bölgesinde bulunan Konya ve 4. iklim bölgesinde bulunan Erzurum illeri seçilmiştir. Benzetim yapılırken kullanılan hava verileri 2000-2009 yıllarına ait olduğu için iklim bölgesine göre illerin seçimi yapılırken 2009 yılında revize edilen TS 825 'Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' kabullerinden yararlanılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Türkiye derece gün bölgeleri haritası (TSE, 2009)

Bu dört ilin seçilmesindeki amaç farklı iklim bölgelerinde düşey yeşil cephe ve yeşil çatı sistemlerinin, binaların yıllık enerji performanslarına olan katkılarını tespit etmektir. Aynı zamanda geleneksel olarak inşa edilmiş bir konut binası ile düşey yeşil cephe ve yeşil çatı sistemleri kullanılarak inşa edilmiş bir konut binasının enerji performansları da karşılaştırılmıştır.

1.derece gün bölgesinde bulunan Antalya ili Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde, 36.86 enleminde ve 30.73 boylamında yer almaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Csa sınıfında yer almaktadır. Yani Akdeniz ikliminde, kışları ılıman ve yazları sıcak geçen bir iklime sahiptir. Antalya'da yılın ortalama sıcaklığı 18,3 °C'dir. En sıcak ay olan Temmuz ayında ortalama sıcaklık 27,8 °C'dir. En soğuk ay olan Ocak ayında ise ortalama sıcaklık 10 °C'dir. Antalya'da ortalama yağış miktarı 1061,7 mm^3 olup, en çok yağış alan ay 254 mm^3 ile Aralık'tır. En az yağış alan Temmuz ayında ise ortalama yağış miktarı 2,5 mm^3'tür (Anonymous, 2017l).

2.derece gün bölgesinde bulunan Samsun ili Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde, 41.17 enleminde ve 36.20 boylamında yer almaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına

göre Cfb sınıfında yer almaktadır. Yani deniz kıyısı ikliminde, kışları ılıman, yazları sıcak ve yağışlı geçen bir iklime sahiptir. Samsun'da yıllık ortalama sıcaklık 14,4 °C'dir. En sıcak ay olan Ağustos ayında ortalama sıcaklık 22,8 °C'dir. En soğuk ay olan Ocak ayında, ortalama sıcaklık 6,7 °C'dir. Samsun'da yıllık ortalama yağış miktarı 723,9 mm^3, en fazla yağış alan ay olan Kasım ayında düşen yağış miktarı ise 96,5 mm^3'tür. En az yağış alan Ağustos ayında ortalama yağış miktarı 30,5 mm^3'tür (Anonymous, 2017l).

3.derece gün bölgesinde bulunan Konya ili Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde, 37.58 enleminde ve 32.33 boylamında yer almaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre BSk sınıfında yer almaktadır. Yani soğuk step ikliminde bulunmaktadır. Konya'da yıllık ortalama sıcaklık 11,6 °C'dir. En sıcak ay olan Temmuz ayında ortalama sıcaklık 22,8 °C'dir. En soğuk ay olan Ocak ayında ortalama sıcaklık -0,6 °C'dir. Konya'da yıllık ortalama yağış miktarı 320 mm^3'tür. En çok yağış alan Mayıs ayındaki yağış miktarı 45,7 mm^3'tür. En az yağış alan ay olan Ağustos ayı ortalaması ise 5,1 mm^3'tür (Anonymous, 2017l).

4.derece gün bölgesinde bulunan Erzurum ili Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde, 39.55 enleminde ve 41.16 boylamında yer almaktadır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Dfb sınıfında yer almaktadır. Yani kışları oldukça soğuk, yazları ise kısa ve sıcak geçmektedir. Erzurum'da yıllık ortalama sıcaklık 4,4 °C'dir. En sıcak ay olan Temmuz ayında, ortalama sıcaklık 17,8 °C'dir. En soğuk olan Ocak ayında ortalama sıcaklık -11,1 °C'dir (Anonymous, 2017l).

Türkiye İstatistik Kurumu oranlarına göre, kullanma amacına göre 37,9 milyon m^2 ile en yüksek paya iki ve daha fazla daireli ikamet amaçlı binalar sahip olmuştur. Bunu 3,2 milyon m^2 ile ikamet amaçlı binalar dışındaki diğer binalar izlemiştir (TÜİK, 2016a). Bu bağlamda uygulama çalışması için seçilmiş olan bina modeli konut tipidir. Bu bina tipinin seçilmesindeki amaç Türkiye'de en fazla yoğunluğu bulunan bina modeli olmasıdır.

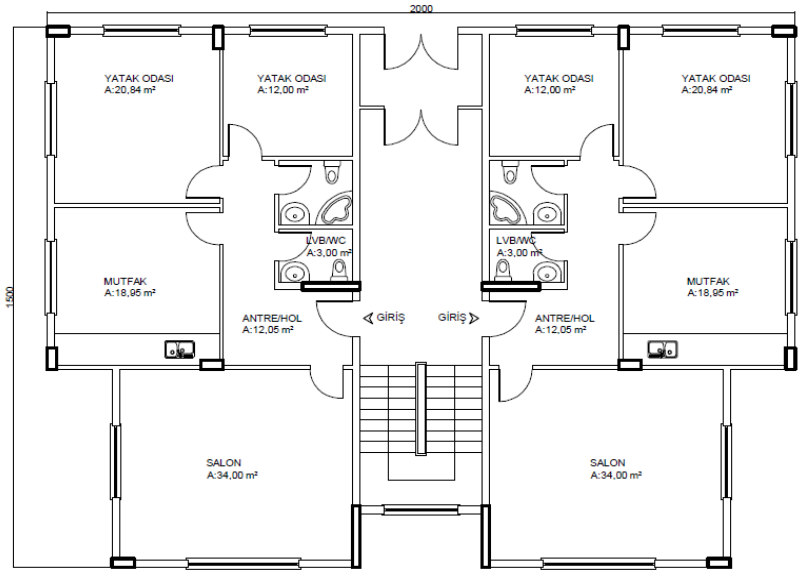
Benzetim süreci 5 farklı aşamadan oluşmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Benzetim yapılacak olan bina modelinin belirlenmesi
- Bina modelinin Design Builder programına aktarılması
- Aktarılan bina modeli için ortak ve farklı seçeneklerin belirlenmesi
- Oluşturulan seçenekler için her dört ilde yıllık toplam enerji yüklerinin hesaplanması
- Hesaplanılan değerlerin her dört il ve farklı seçenekler için değerlendirilmesi

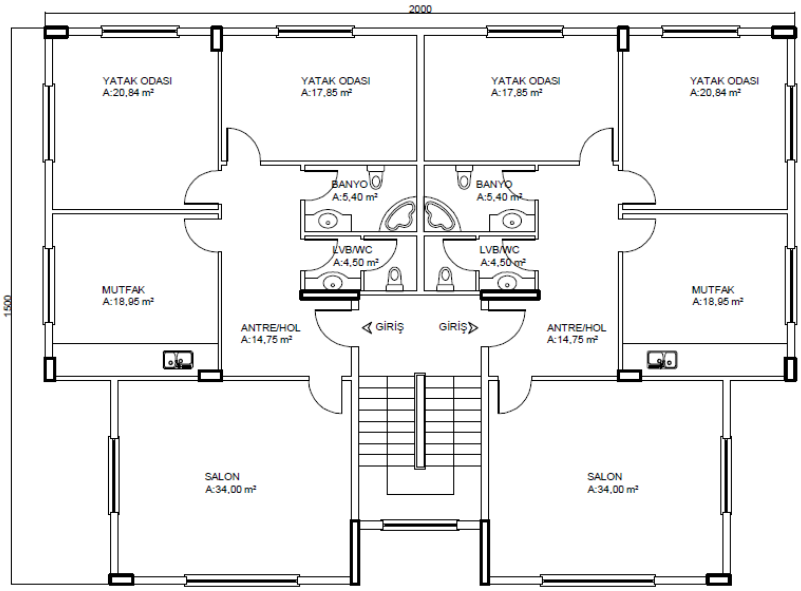
3.2.1. Benzetim yapılacak olan bina modelinin belirlenmesi

Seçilen bina modeli için ilk olarak bütün parametreler için ortak olan özellikler belirlenmiştir. Dört farklı il için benzetim yapılırken oluşturulan modeller için büyüklük, yönlenme, form, saydamlık oranı, iç bölme duvarlar, işlev, kullanıcı sayısı ve ekipmanlar aynı tutulmuştur. Kullanılan dış cephe malzemesi ve düz çatı üzerinde kullanılan katmanlaşma değişken özellik olarak düşünülmüştür. Varsayılan modelin yakın çevresinde hiçbir engelin yer almadığı düşünülmüştür. Oluşturulan modelin yönlenmesi ise her bölge için aynı düşünülmüştür.

Oluşturulan bina modeli aşağıda görüldüğü gibi iki daireden oluşan toplamda 280 m² olan üç katlı bir apartman yapısı olarak düşünülmüştür (Şekil 3.2 ve 3.3).



Şekil 3.2. Oluşturulan bina modeli zemin kat planı

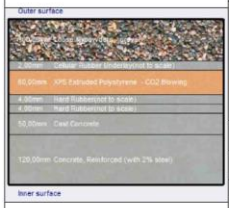


Şekil 3.3. Oluşturulan bina modeli birinci kat planı

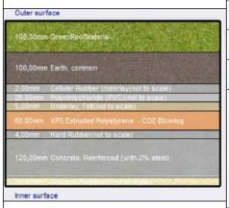
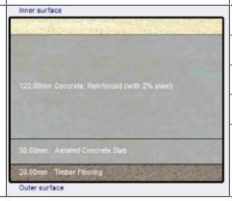
Oluşturulan modelde iç mekan bölücü duvarları, kapılar ve pencereler de hesaba katılmıştır. Kat yüksekliği döşeme katmanı ile beraber 300 cm olarak hesaplanmıştır. Pencere ebatları 200 ya da 300 cm genişliğinde ve 150 cm yüksekliğinde varsayılmıştır. Her katta 13 olmak üzere bina toplamında 39 adet pencere açıklığı bulunmaktadır. Kullanılan modelde çatı tipi düz çatı tipi olarak belirlenmiştir. Kullanıcı sayısı her daire için 3 kişi olarak düşünülmüştür. Bina toplamında bu sayı 18 olarak hesaplanmıştır.

Oluşturulan model için geleneksel duvar, bitkilendirilmiş duvar, geleneksel çatı, bitkilendirilmiş çatı, ara kat döşeme ve zemine oturan döşeme katmanları ve özellikleri çizelge 3.1 ve 3.2'de gösterilmektedir. Belirlenen ısı yalıtım kalınlıkları da bu çizelgede gösterilmektedir. Bitkilendirilmiş duvar için yaşayan duvar tipi, bitkilendirilmiş çatı için ise ekstansif (seyrek) bitki dokulu yeşil çatı tipi seçilmiştir.

Çizelge 3.1. Bina elemanlarına ait katmanlaşma modeli ve malzeme özellikleri

	Katmanlaşma	Malzeme	Kalınlık (cm)	Isıl İletkenlik Değeri (W/m K)	Özgül Isı (J/kg K)	Yoğunluk (J/kg K)
Normal Dış Duvar		1.Dış Sıva	3	0,72	840	1760
		2.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		3.Isı Yalıtımı	4	0,034	1400	35
			6			
			7			
		4.Tuğla Duvar	19	0,84	800	1700
		5.İç Sıva	2	0,40	1000	1000
Bitkilendirilmiş Dış Duvar		1.Bitki	10	1,00	1000	1900
		2.Toprak (Substrat)	10	1,28	880	1460
		3.Yün Keçe	0,5	0,04	1360	1360
		4.PVC Levha	1	0,17	900	1390
		5.Hava Boşluğu	5	-	-	-
		6.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		7.Isı Yalıtımı	4	0,034	1400	35
			6			
			7			
		8.Tuğla Duvar	19	0,84	800	1700
		9.İç Sıva	2	0,40	1000	1000
Normal Teras Çatı		1.Çakıl	10	0,36	840	1840
		2.Filtre	0,2	0,10	1360	400
		3.Isı Yalıtımı	7	0,034	1400	35
			12			
			10			
			6			
		4.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		5.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		6.Eğim Betonu	5	1,13	1000	2000
		7.Betonarme Döş.	12	2,50	1000	2400
		8.İç Sıva	2	0,40	1000	1000

Çizelge 3.2. Bina elemanlarına ait katmanlaşma modeli ve malzeme özellikleri

Bitkilendirilmiş Teras Çatı		1.Bitki	10	1,00	1000	1900
		2.Toprak (Substrat)	10	1,28	880	1460
		3.Filtre	0,2	0,10	1360	1360
		4.Drenaj Katmanı	2,5	0,17	900	1390
		5.Ayırıcı Katman	0,5	0,05	1300	120
		6.Isı Yalıtımı	7	0,034	1400	35
			12			
			10			
			6			
		7.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		8.Betonarme Döş.	12	2,50	1000	2400
		9.İç Sıva	2	0,40	1000	1000
Zemine Oturan Döşeme		1.Ahşap Parke	0,2	0,14	1200	650
		2.Isı Yalıtımı	1	0,034	1400	35
			4			
			3			
			1			
		3.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		4.Su Yalıtımı	0,4	0,15	1000	1200
		5.Şap	3	0,16	840	500
		6.Betonarme Temel	40	2,50	1000	2400
		7.Şap	10	0,16	840	500
		8.Çakıl	10	1,30	920	2240
Ara Döşeme		1.Ahşap Parke	2	0,14	1200	650
		2.Şap	3	0,16	840	500
		3.Betonarme Döş.	12	2,50	1000	2400
		4.İç Sıva	2	0,40	1000	1000

Isı yalıtım malzemesi olarak XPS (extrude polistren köpük) tercih edilmiştir. Dört farklı şehir için ısı yalıtım katmanı belirlenirken "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standartlarında verilen U değerleri dikkate alınmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Bölgelere göre tavsiye edilen maksimum U değerleri (TSE, 2009)

	U_D (W/m²K)	U_T (W/m²K)	U_t (W/m²K)	U_P* (W/m²K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

UD: Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı
UT: Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı
Ut: Zemine oturan döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı
UP: Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı

Yukarıda bahsedilen U değerlerine göre her il ve malzeme katmanlaşması için hesaplanan ısı yalıtım kalınlık değerleri çizelge 3.4'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.4. TS 825'e göre her il ve katmanlaşma için hesaplanan ısı yalıtım kalınlıkları

	Hesaplanan Isı Yalıtım Kalınlıkları		
	Duvarda (cm)	Çatıda (cm)	Zemine Oturan Döşemede (cm)
Antalya	4	6	1
Samsun	4	7	1
Konya	6	10	3
Erzurum	7	12	4

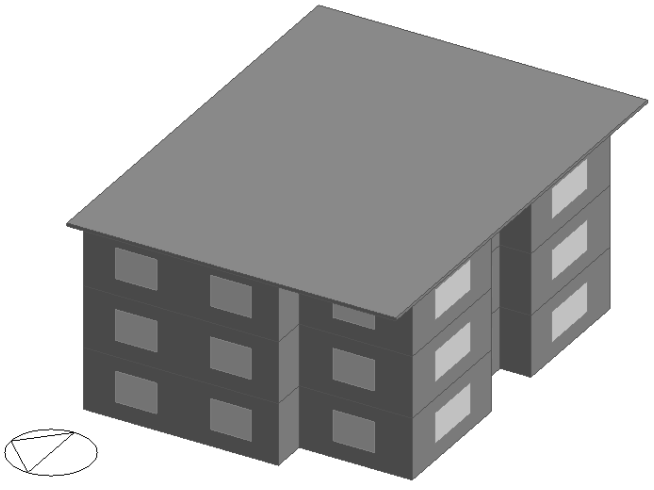
Hesaplanan ısı yalıtım kalınlıklarına ve diğer katmanlaşma malzemelerine göre hesaplanan U değerleri ise çizelge 3.5'de verilmektedir.

Çizelge 3.5. Her il için hesaplanan bina elemanlarına ait ısıl geçirgenlik katsayıları

	Isıl Geçirgenlik Katsayıları (U, W/m² K)				
	Geleneksel Duvar	Bitkilendirilmiş Duvar	Geleneksel Çatı	Bitkilendirilmiş Çatı	Zemine Oturan Döşeme
Antalya	0,59	0,45	0,43	0,40	0,57
Samsun	0,59	0,45	0,38	0,36	0,57
Konya	0,44	0,36	0,28	0,28	0,43
Erzurum	0,39	0,32	0,24	0,24	0,38

3.2.2. Bina modelinin Design Builder programına aktarılması

Varsayılan bina modeli Design Builder programına aktarılmış ve bütün parametreler için ortak ve farklı olan katmanlar oluşturulmuştur. Öncelikle, düşünülen konut, iç duvar bölmeleri ve pencere-kapı boşlukları da dahil olmak üzere modellenmiştir (Şekil 3.4).



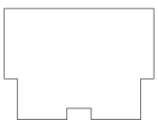
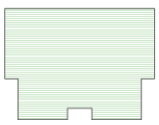
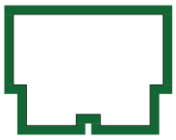
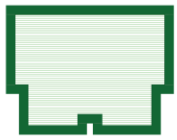
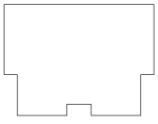
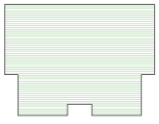
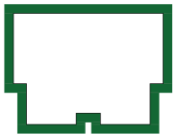
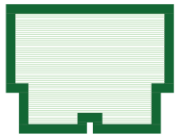
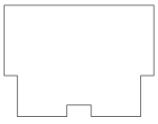
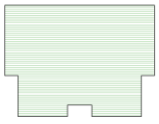
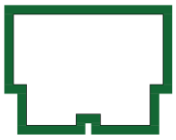
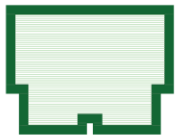
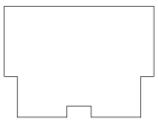
Şekil 3.4. Design Builder programında oluşturulan model

Oluşturulan modelde zemin kat ve normal katta bulunan bütün mekanlar için farklı etkinlik şablonları oluşturulmuştur. Yani bina içindeki salon, mutfak, ıslak hacimler, yatak odaları ve sirkülasyon alanları için Design Builder'da bulunan farklı şablonlar benzetim programına işlenmiştir. Böylece hesaplanılan ısıtma ve soğutma yükleri için en doğru sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

3.2.3. Aktarılan bina modeli için ortak ve farklı seçeneklerin belirlenmesi

Varsayılan parametreler doğrultusunda toplamda 16 farklı seçenek oluşmaktadır. Bu seçenekler karışıklık yaşanmaması için aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi sıralanmış ve kodlanmıştır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Varsayılan parametreler doğrultusunda oluşan 16 farklı seçenek ve kodlaması

	1	2	3	4
ANTALYA	 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı A1	 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı A2	 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı A3	 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı A4
SAMSUN	 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı S1	 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı S2	 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı S3	 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı S4
KONYA	 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı K1	 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı K2	 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı K3	 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı K4
ERZURUM	 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı E1	 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı E2	 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı E3	 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı E4

Oluşturulan modelde Antalya, Samsun, Erzurum ve Konya illeri iklim verileri için Meteonorm programı meteoroloji verilerinden yararlanılmıştır. Kullanılan bu hava verilerinin detayları EK 1, EK 2, EK 3 ve EK 4'te yer almaktadır.

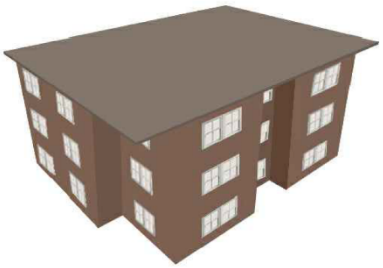
3.2.4. Oluşturulan seçenekler için her dört ilde yıllık toplam enerji yüklerinin hesaplanması

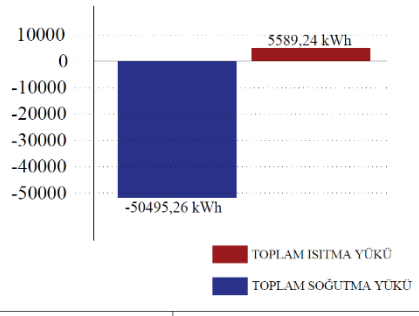
Yapılan hesaplamalarla çizelge 3.5'deki 16 farklı seçenek için sonuçlara ulaşılmıştır. Ulaşılan toplam ısıtma ve soğutma yükleri aşağıdaki gibidir:

- **A1 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

A1 verisinde şekil 3.5'te görüldüğü gibi Antalya ili için geleneksel çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 5.589,24 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 50.495,26 kWh'tır.

A1 VERİSİ İÇİN HESAPLANAN YILLIK TOPLAM ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ





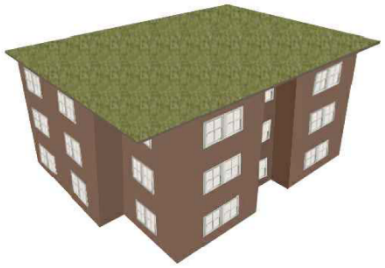
	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
A1 Antalya Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	5589,24	50495,26	56084,50

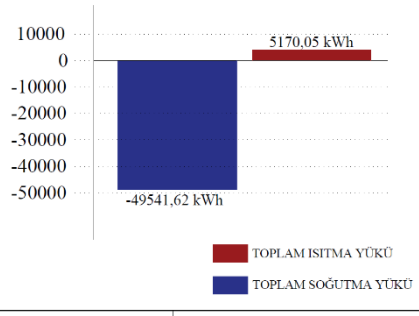
Şekil 3.5. A1 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **A2 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

A2 verisinde şekil 3.6'da görüldüğü gibi Antalya ili için bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 5.170,05 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 49.541,62 kWh'tır.

A2 VERİSİ İÇİN HESAPLANAN YILLIK TOPLAM ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ





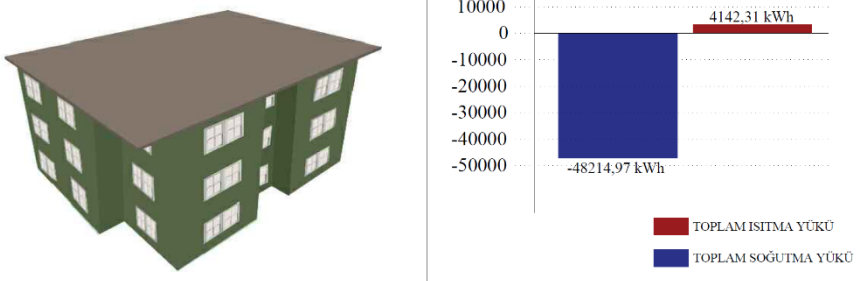
	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
A2 Antalya Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	5170,05	49541,62	54711,67

Şekil 3.6. A2 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **A3 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

A3 verisinde şekil 3.7'de görüldüğü gibi Antalya ili için geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 4.142,31 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 48.214,97 kWh'tır.

A3 VERİSİ İÇİN HESAPLANAN YILLIK TOPLAM ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ



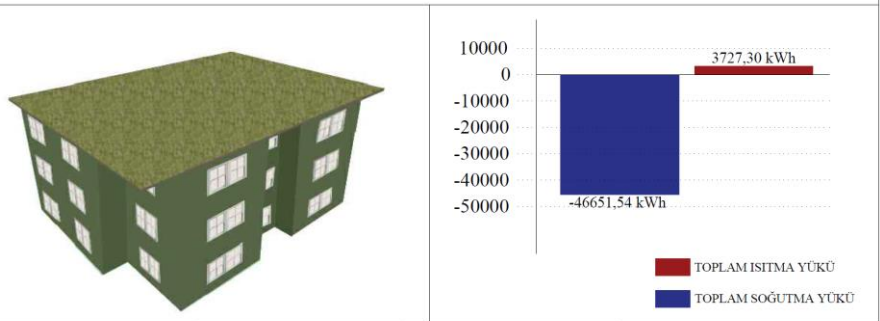
	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
A3 Antalya Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı	4142,31	48214,97	52357,28

Şekil 3.7. A3 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **A4 kodu için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

A4 verisinde şekil 3.8'de görüldüğü gibi Antalya ili için bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 3.727,30 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 46.651,54 kWh'tır.

A4 VERİSİ İÇİN HESAPLANAN YILLIK TOPLAM ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ

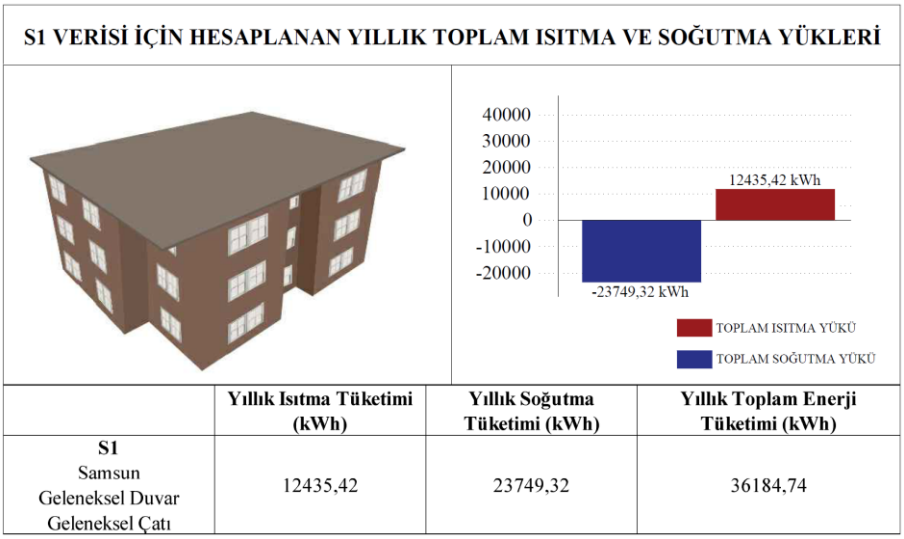


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
A4 Antalya Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	3727,30	46651,54	50378,84

Şekil 3.8. A4 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **S1 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

S1 verisinde şekil 3.9'da görüldüğü gibi Samsun ili için geleneksel çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan değerler aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir. Hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 12.435,42 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 23.749,32 kWh'tır.

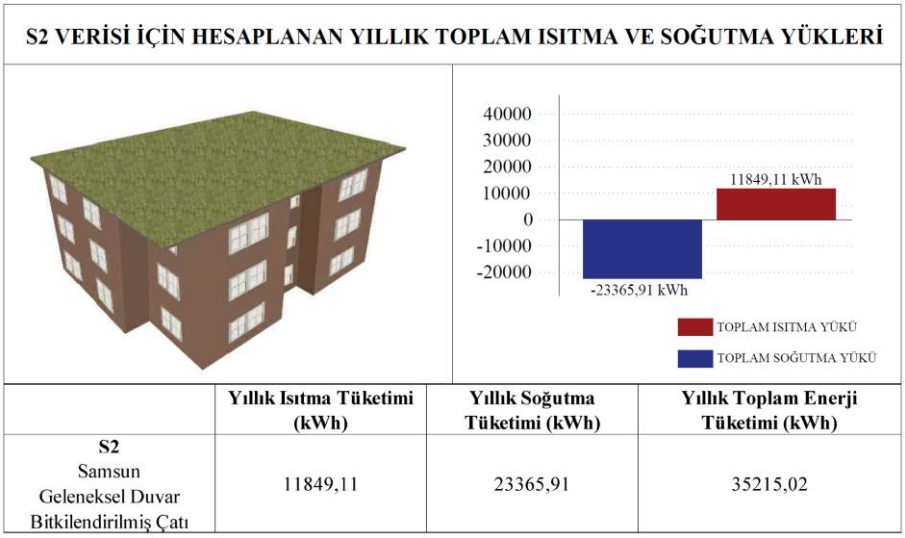


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
S1 Samsun Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	12435,42	23749,32	36184,74

Şekil 3.9. S1 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **S2 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

S2 verisinde şekil 3.10'da görüldüğü gibi Samsun ili için bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 11.849,11 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 23.365,91 kWh'tır.



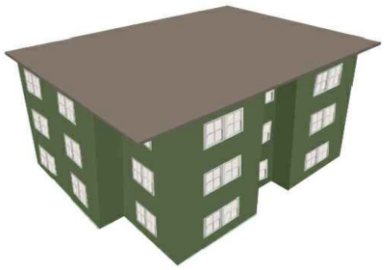
	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
S2 Samsun Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	11849,11	23365,91	35215,02

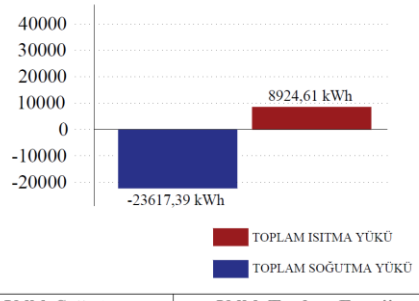
Şekil 3.10. S2 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **S3 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

S3 verisinde şekil 3.11'de görüldüğü gibi Samsun ili için geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 8.924,61 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 23.617,39 kWh'tır.

S3 VERİSİ İÇİN HESAPLANAN YILLIK TOPLAM ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ





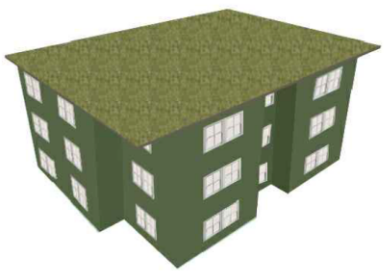
	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
S3 Samsun Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı	8924,61	23617,39	32542,00

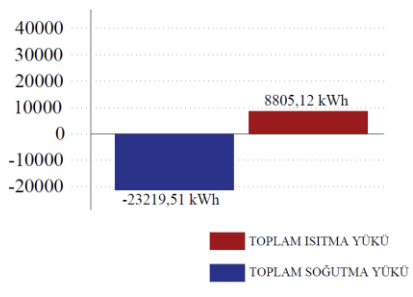
Şekil 3.11. S3 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **S4 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

S4 verisinde şekil 3.12'de görüldüğü gibi Samsun ili için bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 8.805,12 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 23.219,51 kWh'tır.

S4 VERİSİ İÇİN HESAPLANAN YILLIK TOPLAM ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ



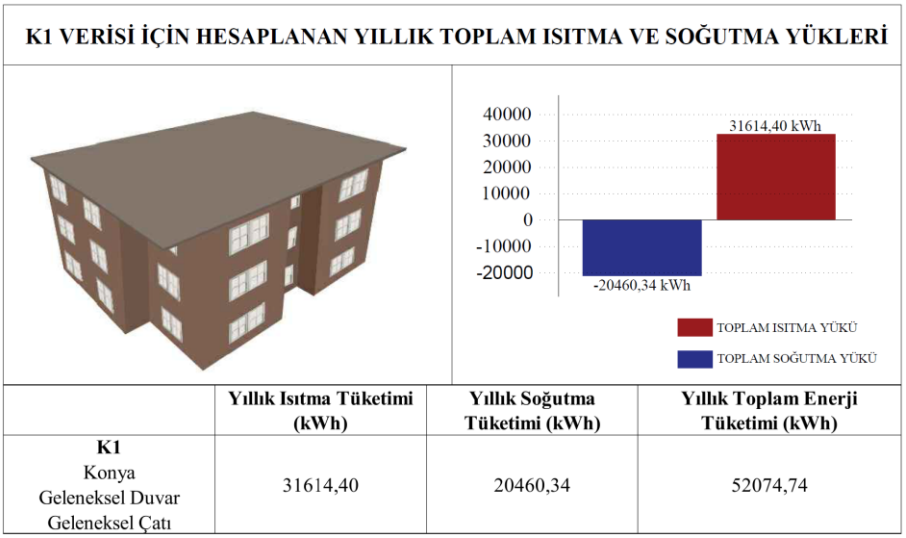


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
S4 Samsun Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	8805,12	23219,51	32024,63

Şekil 3.12. S4 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **K1 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

K1 verisinde şekil 3.13'de görüldüğü gibi Konya ili için geleneksel çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 31.614,40 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 20.460,34 kWh'tır.

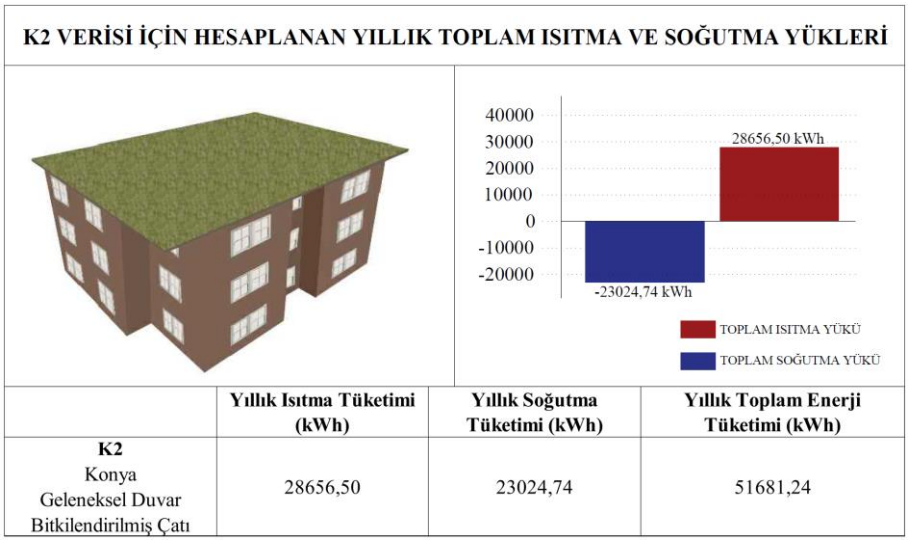


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
K1 Konya Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	31614,40	20460,34	52074,74

Şekil 3.13. K1 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **K2 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

K2 verisinde şekil 3.14'de görüldüğü gibi Konya ili için bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 28.656,50 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 23.024,74 kWh'tır.

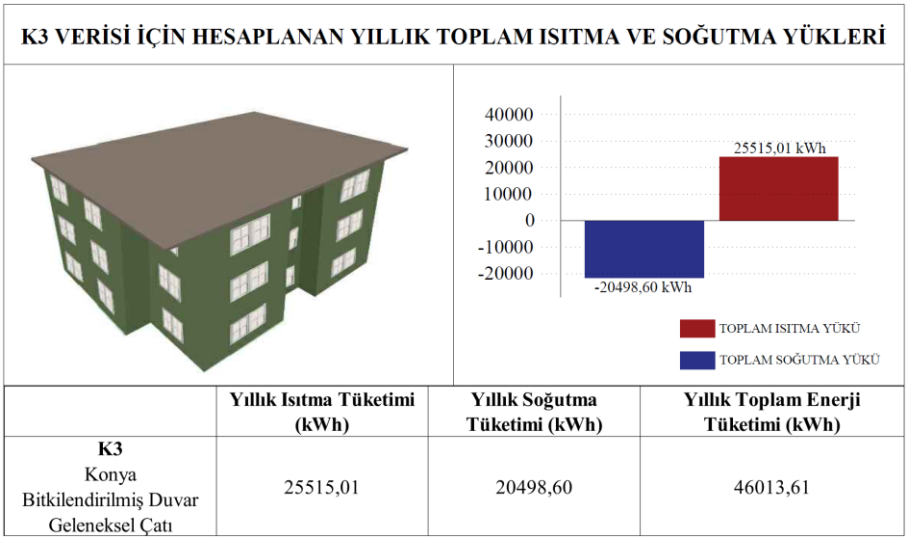


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
K2 Konya Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	28656,50	23024,74	51681,24

Şekil 3.14. K2 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **K3 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

K1 verisinde şekil 3.15'de görüldüğü gibi Konya ili için geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 25.515,01 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 20.498,60 kWh'tır.

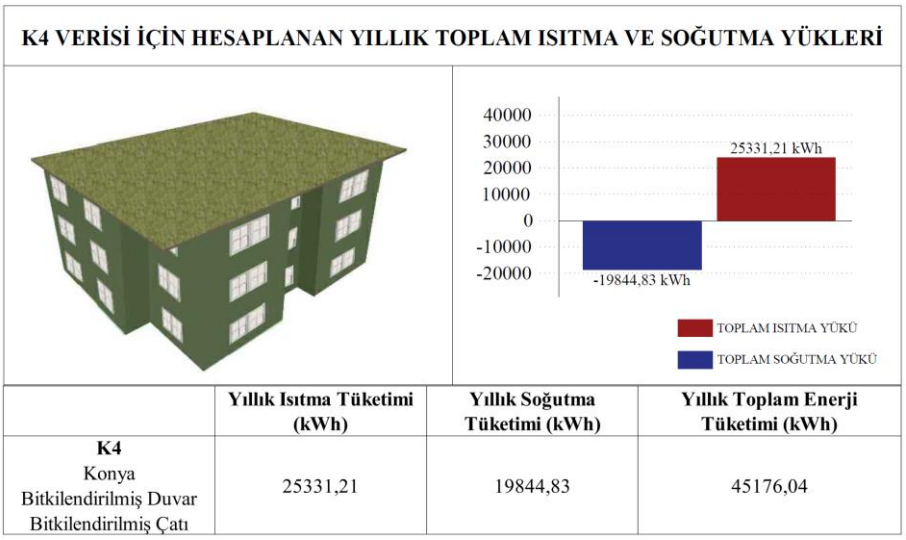


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
K3 Konya Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı	25515,01	20498,60	46013,61

Şekil 3.15. K3 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **K4 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

K4 verisinde şekil 3.16'da görüldüğü gibi Konya ili için bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 25.331,21 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 19.844,83 kWh'tır.

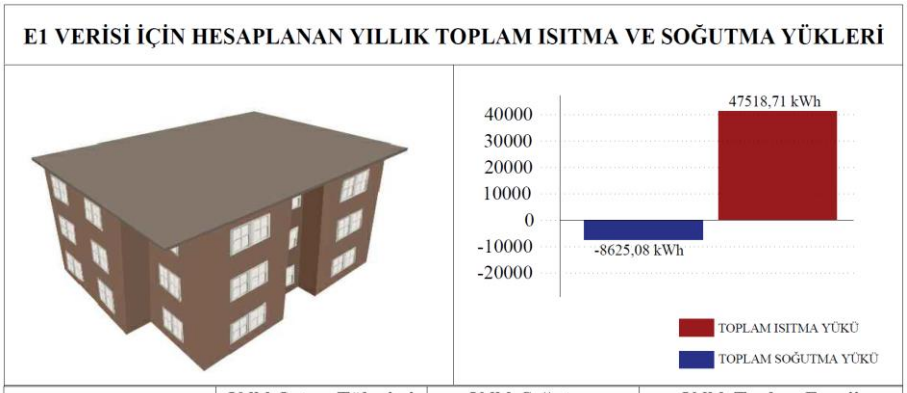


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
K4 Konya Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	25331,21	19844,83	45176,04

Şekil 3.16. K4 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **E1 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

E1 verisinde şekil 3.17'de görüldüğü gibi Erzurum ili için geleneksel çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 47.518,71 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 8.625,08 kWh'tır.

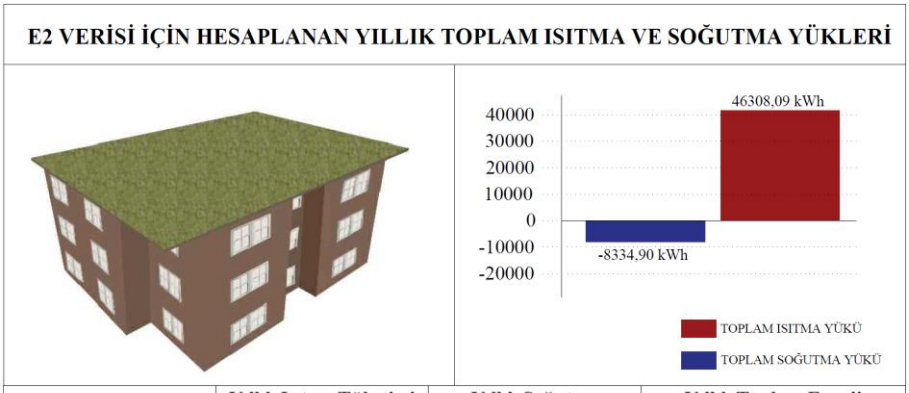


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
E1 Erzurum Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	47518,71	8625,08	56143,79

Şekil 3.17. E1 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **E2 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

E2 verisinde şekil 3.18'de görüldüğü gibi Erzurum ili için bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 46.308,09 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 8.334,90 kWh'tır.

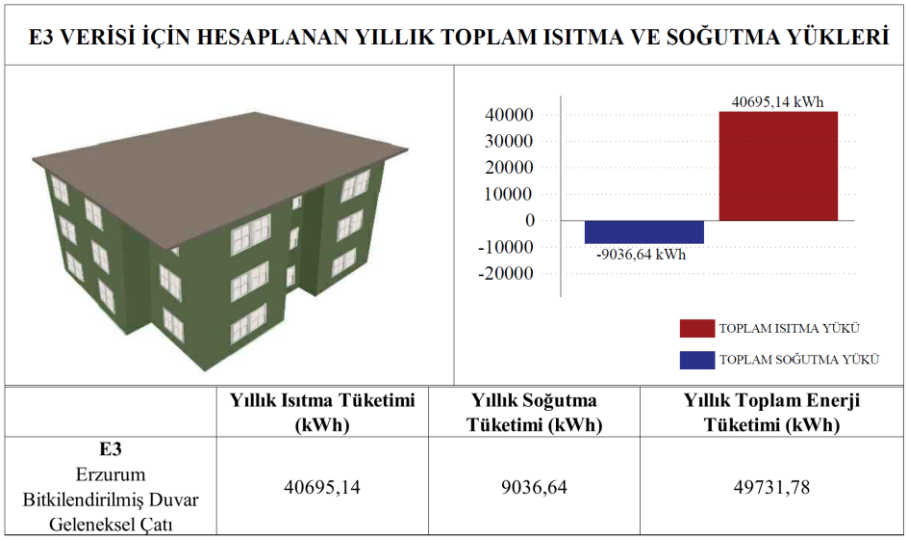


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
E2 Erzurum Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	46308,09	8334,90	54642,99

Şekil 3.18. E2 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **E3 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

E3 verisinde şekil 3.19'da görüldüğü gibi Erzurum ili için geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 40.695,14 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 9.036,64 kWh'tır.

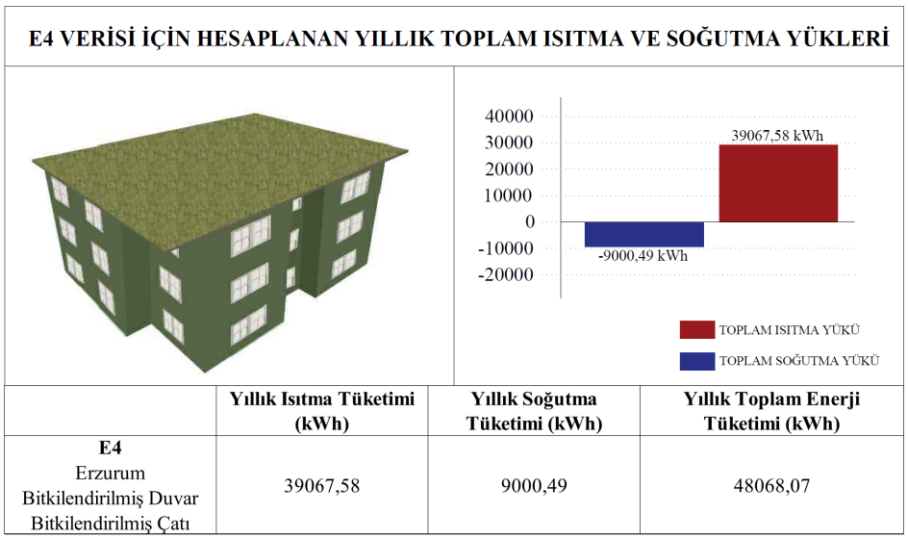


	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
E3 Erzurum Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı	40695,14	9036,64	49731,78

Şekil 3.19. E3 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

- **E4 verisi için ısıtma ve soğutma yükü hesabı**

E4 verisinde şekil 3.20'de görüldüğü gibi Erzurum ili için bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar katmanları varsayılmıştır. Bu veriler için Design Builder programında hesaplanan yıllık toplam ısıtma yükü 39.067,58 kWh iken hesaplanan yıllık toplam soğutma yükü 9.000,49 kWh'tır.



	Yıllık Isıtma Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
E4 Erzurum Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı	39067,58	9000,49	48068,07

Şekil 3.20. E4 parametresi için hesaplanan yıllık ısıtma ve soğutma yükleri

3.2.5. Hesaplanılan değerlerin her dört il ve farklı seçenekler için değerlendirilmesi

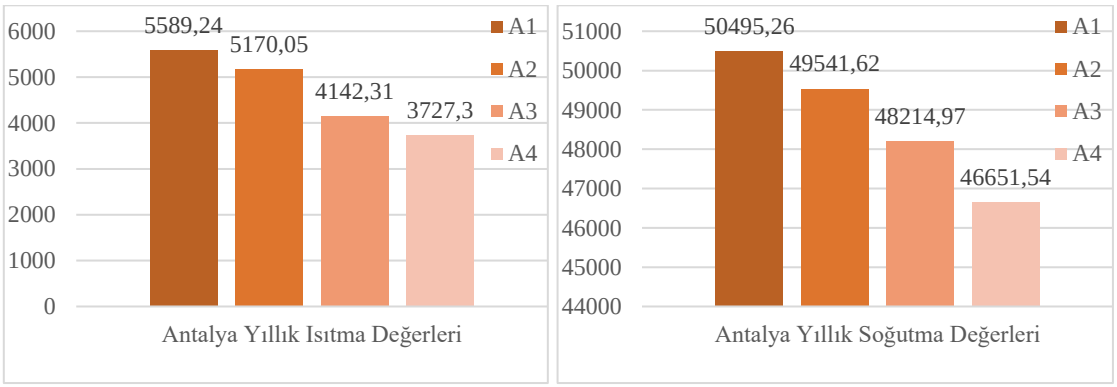
Design Builder programına aktarılan model ile yapılan simülasyonlar sonucunda 16 farklı sonuç ortaya çıkmıştır. Bu veriler Antalya, Samsun, Konya ve Erzurum illerinin yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini göstermektedir. Bütün sonuçlar çizelge 3.7'deki gibidir.

Çizelge 3.7. Varsayılan parametreler doğrultusunda oluşan 16 farklı seçenek sonuçları

HESAPLANILAN ISITMA VE SOĞUTMA YÜKLERİ				
Şehir	**Kodlar**	**Yıllık Isıtma Yükü Toplamı (kWh)**	**Yıllık SoğutmaYükü Toplamı (kWh)**	**Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)**
ANTALYA	A1	5589,24	50495,26	56084,50
	A2	5170,05	49541,62	54711,67
	A3	4142,31	48214,97	52357,28
	A4	3727,30	46651,54	50378,84
SAMSUN	S1	12435,42	23749,32	36184,74
	S2	11849,11	23365,91	35215,02
	S3	8924,61	23617,39	32542,00
	S4	8805,12	23219,51	32024,63
KONYA	K1	31614,40	20460,34	52074,74
	K2	28656,50	23024,74	51681,24
	K3	25515,01	20498,60	46013,61
	K4	25331,21	19844,83	45176,04
ERZURUM	E1	47518,71	8625,08	56143,79
	E2	46308,09	8334,90	54642,99
	E3	40695,14	9036,64	49731,78
	E4	39067,58	9000,49	48068,07

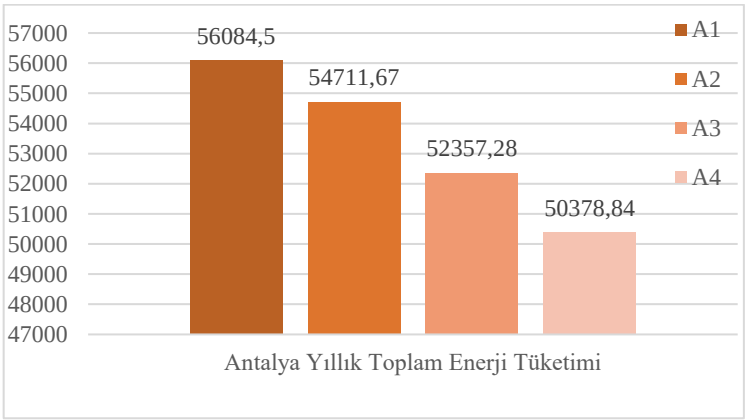
Çizelgede de görüldüğü üzere bütün illerde geleneksel duvar ve geleneksel çatı seçenekleri ile oluşturulan 1 numaralı veriler en yüksek değerde ısıtma yüküne sahiptir. Bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar tipi uygulanan 2 numaralı veriler ise 1 numaralı verilerden sonra en yüksek ısıtma yüküne sahiptir. Bunu 3 numaralı veriler ile geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar tipi takip etmektedir. 4 numaralı bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar tipi en düşük ısıtma yüküne sahiptir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar ile ısıtma yükünde büyük bir oranda azalma olduğu görülmüştür.

Antalya ili için ısıtma yükü değerlerinde en yüksek geleneksel çatı ve duvarın bulunduğu 1 numaralı veridir. Bunu sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı veriler takip etmektedir. Soğutma yüklerine bakıldığında geleneksel çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 1. tipte soğutma yükü en fazladır. Bu değeri 2. tip olan geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatı seçeneği takip etmektedir. En düşük değer ise bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı seçeneğidir (Şekil 3.21). Soğutma yükünün oldukça fazla olduğu, ülkemizde 1. derece gün bölgesinde bulunan Antalya ilinde, geleneksel duvar ve geleneksel çatı kullanılan 1 numaralı verilere göre bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatının bulunduğu 4 numaralı verilerin oluşturduğu etkinin oldukça fazla olduğu görülmektedir.



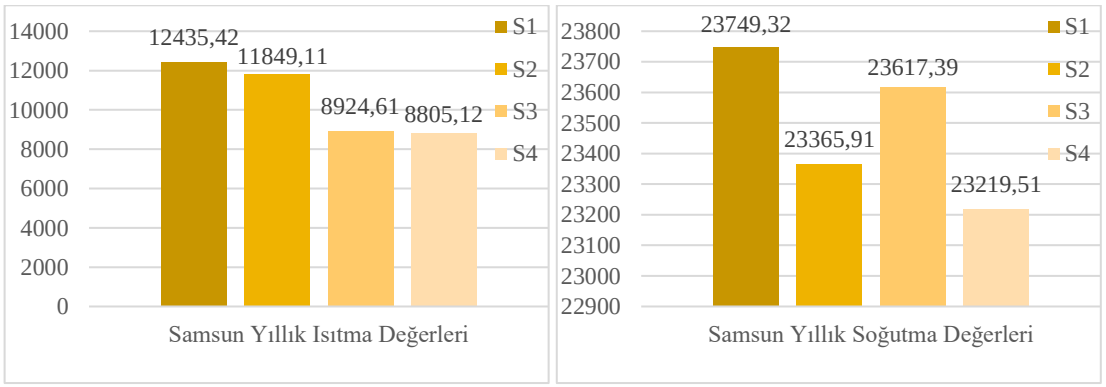
Şekil 3.21. Antalya iline ait yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Antalya ili için yıllık toplam enerji tüketimi değerleri karşılaştırması şekil 3.22'de görüldüğü gibidir. Bu grafiğe göre yıllık toplam enerji tüketimi 1 numaralı veriden 4 numaralı veriye doğru azalmaktadır. Bu sonuçlar bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının Antalya ilinde toplam enerji tüketimine oldukça fayda sağladığını göstermektedir.



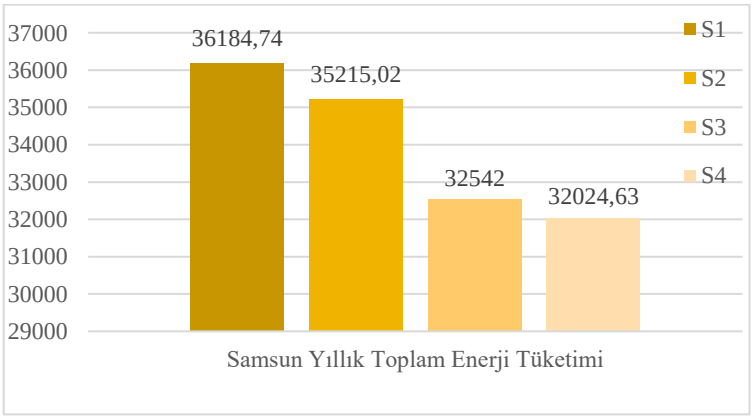
Şekil 3.22. Antalya iline ait yıllık toplam enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Samsun ili için ısıtma yükü değerlerinden en yüksek olan geleneksel çatı ve geleneksel duvar seçeneğinin bulunduğu 1 numaralı veridir. Bunu sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı veriler takip etmektedir. Soğutma yükü için ise en fazla geleneksel çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 1 numaralı veridir. Bunu 3 numaralı veri ve daha sonrasında 2 numaralı veri takip etmektedir. En düşük değere ise Antalya ilinde olduğu gibi bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı seçeneğinin kullanıldığı 4 numaralı veriler sahiptir (Şekil 3.23). Aşağıdaki grafiklerden de görüldüğü üzere bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatının kullanıldığı 3 numaralı veri için soğutma yükü 2 numaralı veriden yüksek çıkmıştır.



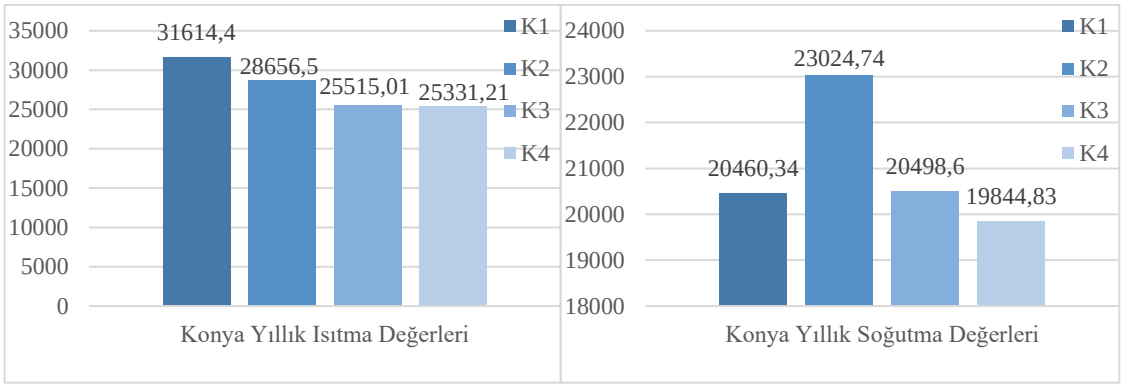
Şekil 3.23. Samsun iline ait yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Samsun ili için yıllık toplam enerji tüketimi değerlerinin karşılaştırması şekil 3.24'de görüldüğü gibidir. Bu grafiğe göre yıllık toplam enerji tüketimi 1 numaralı veriden 4 numaralı veriye doğru azalmaktadır. Bu sonuçlar bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının Samsun ilinde toplam enerji tüketimine oldukça fayda sağladığını göstermektedir.



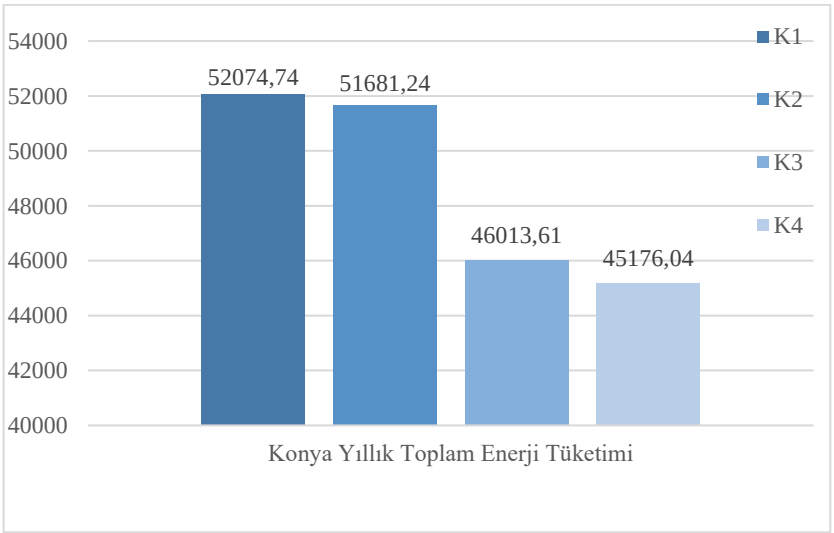
Şekil 3.24. Samsun iline ait yıllık toplam enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Konya ili için en yüksek ısıtma yükü değerine geleneksel duvar ve geleneksel çatının kullanıldığı 1 numaralı veri sahiptir. Bunu 2,3 ve 4 numaralı veriler takip etmektedir. Konya ili için soğutma yükü değerlerinden ise en yüksek değere geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 2 numaralı veri sahiptir. Bunu 3 numaralı veri ve daha sonrasında da 1 numaralı veri takip etmektedir. En düşük değer ise bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı seçeneğinin kullanıldığı 4 numaralı veridir (Şekil 3.25).



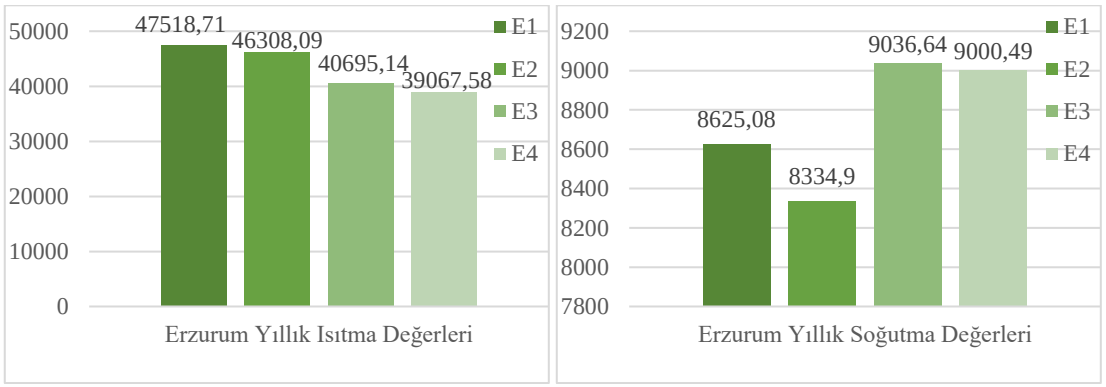
Şekil 3.25. Konya iline ait yıllık ısıtma ve soğutma yükü değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Konya ili için yıllık toplam enerji tüketimi değerleri karşılaştırması şekil 3.26'da görüldüğü gibidir. Bu grafiğe göre yıllık toplam enerji tüketimi 1 numaralı veride en yüksek iken bunu sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı veriler takip etmektedir. Bu sonuçlar bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının beraber olduğu 4 numaralı seçeneğin en iyi sonucu verdiğini göstermektedir.



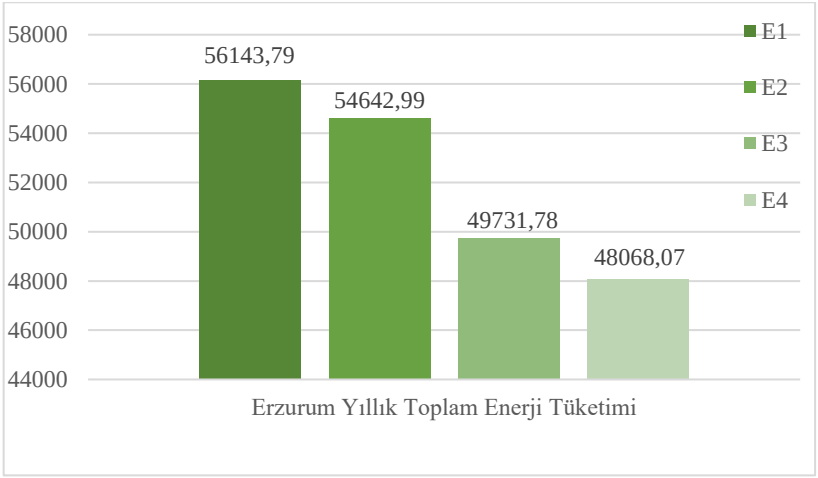
Şekil 3.26. Konya iline ait yıllık toplam enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Erzurum ili için en yüksek ısıtma yükü değeri geleneksel çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 1 numaralı veridir. Bunu sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı veriler takip etmektedir. En yüksek soğutma yükü değeri ise 3 numaralı veridir. Bunu 4 numaralı veri ve daha sonrasında 1 numaralı veri takip etmektedir. En düşük değere ise geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatı seçeneğinin kullanıldığı 2 numaralı veri sahiptir (Şekil 3.27). Konya ve Erzurum illerinin soğutma yükü değerlerinden de anlaşılacağı üzere bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar bu illerin ısıtma yüklerinde olduğu gibi çok fazla fayda sağlamamaktadır. Ama yine de toplam yıllık enerji tüketimlerini olumlu derecede azaltmaktadır.



Şekil 3.27. Erzurum iline ait yıllık toplam enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Erzurum ili için yıllık toplam enerji tüketim değerleri karşılaştırması şekil 3.28'de görüldüğü gibidir. Bu grafiğe göre yıllık toplam enerji tüketimi 1 numaralı veride en yüksek iken bunu sırasıyla 2,3 ve 4 numaralı veriler takip etmektedir. Bu sonuçlar bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının Erzurum ilinde toplam enerji tüketimine oldukça fayda sağladığını göstermektedir.



Şekil 3.28. Erzurum iline ait yıllık toplam enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması (kWh)

Çıkan sonuçlara göre Antalya ili için bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının geleneksel çatı ve geleneksel duvar seçeneğine kıyasla sağladığı fayda oranları çizelge 3.8'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.8. Antalya ili için sağlanan fayda oranları

	Yıllık Isıtma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)	**Yıllık Soğutma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)**	**Yıllık Toplam Enerji Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)**
A2	7,50	1,89	2,45
A3	25,89	4,52	6,65
A4	33,31	7,61	10,17

Tablodan da görüldüğü üzere bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın bulunduğu 2 numaralı veri, geleneksel duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %7,50, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %1,89 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %2,45 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 3 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %25,89, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %4,52 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %6,65 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatının bulunduğu 4 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %33,31, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %7,61 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %10,17 oranında fayda sağlamaktadır.

Samsun ili için bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının geleneksel çatı ve geleneksel duvar seçeneğine kıyasla sağladığı fayda oranları çizelge 3.9'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.9. Samsun ili için sağlanan fayda oranları

	Yıllık Isıtma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)	**Yıllık Soğutma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)**	**Yıllık Toplam Enerji Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)**
S2	4,71	1,61	2,68
S3	28,23	0,55	10,07
S4	29,19	2,23	11,50

Bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın bulunduğu 2 numaralı veri, geleneksel duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %4,71, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %1,61 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %2,68 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel

çatının bulunduğu 3 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %28,23, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %0,55 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %10,07 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatının bulunduğu 4 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %29,19, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %2,23 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %11,50 oranında fayda sağlamaktadır.

Konya ili için bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının geleneksel çatı ve geleneksel duvar seçeneğine kıyasla sağladığı fayda oranları çizelge 3.10'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.10. Konya ili için sağlanan fayda oranları

	Yıllık Isıtma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)	**Yıllık Soğutma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)**	**Yıllık Toplam Enerji Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)**
K2	9,36	-12,53	0,76
K3	19,29	-0,19	11,64
K4	19,87	3,01	13,25

Bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın bulunduğu 2 numaralı veri, geleneksel duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %9,36 oranında fayda sağlarken, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %12,53 oranında zarar vermekte ve yıllık toplam enerji tüketiminde %0,76 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 3 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %19,29 oranında fayda sağlarken, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %0,19 oranında zarar vermekte ve yıllık toplam enerji tüketiminde %11,64 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatının bulunduğu 4 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %19,87, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %3,01 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %13,25 oranında fayda sağlamaktadır.

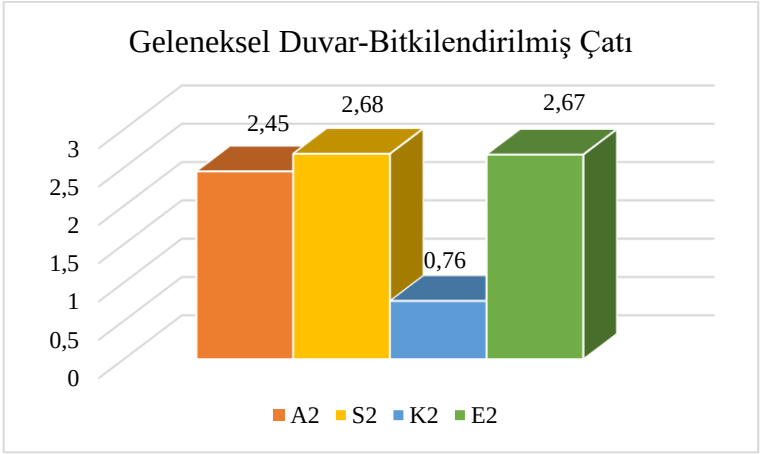
Erzurum ili için bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanımının geleneksel çatı ve geleneksel duvar seçeneğine göre sağladığı fayda oranları çizelge 3.11'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.11. Erzurum ili için sağlanan fayda oranları

	Yıllık Isıtma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)	Yıllık Soğutma Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi İçin Sağlanan Fayda Oranı (%)
E2	2,55	3,36	2,67
E3	14,36	-4,77	11,42
E4	17,78	-4,35	14,38

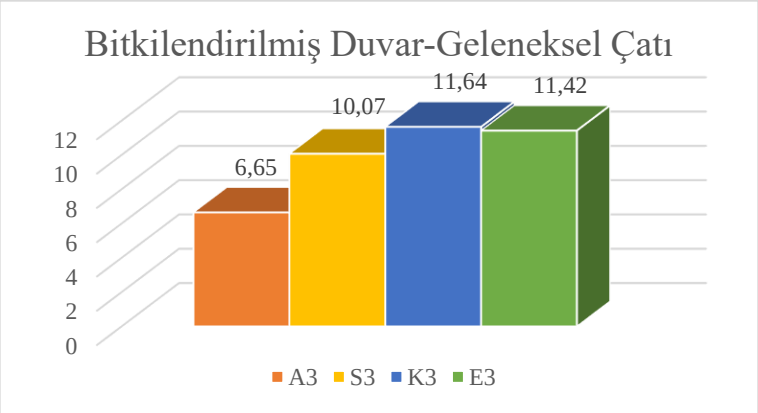
Bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın bulunduğu 2 numaralı veri, geleneksel duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %2,55, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %3,36 ve yıllık toplam enerji tüketiminde %2,67 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 3 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %14,36 oranında fayda sağlarken, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %4,77 oranında zarar vermekte ve yıllık toplam enerji tüketiminde %11,42 oranında fayda sağlamaktadır. Bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatının bulunduğu 4 numaralı veri, 1 numaralı veriye oranla yıllık ısıtma tüketiminde %17,78 oranında fayda sağlarken, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %4,35 oranında zarar vermekte ve yıllık toplam enerji tüketiminde %14,38 oranında fayda sağlamaktadır.

Şekil 3.29'da dört il için geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanarak yıllık toplam enerji tüketiminde sağlanan fayda oranları verilmiştir. Bu grafiğe göre geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanılarak sağlanan en fazla fayda oranı 2. derece gün bölgesinde bulunan Samsun ilinde %2,68 oranı ile gerçekleşmektedir. Bunu sırasıyla %2,67 oranı ile 4. derece gün bölgesinde bulunan Erzurum ili ve %2,45 oranı ile 1. derece gün bölgesinde bulunan Antalya ili takip etmektedir. 3. derece gün bölgesinde bulunan Konya ilinde ise %0,76 oranı ile en az fayda sağlanmaktadır.



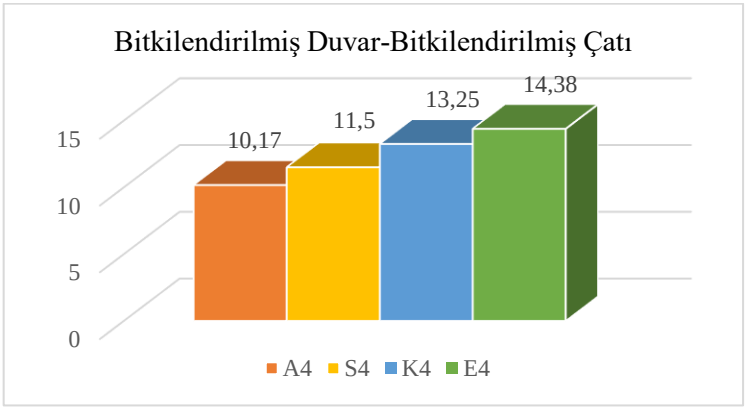
Şekil 3.29. Geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatıda sağlanan fayda oranları (%)

Şekil 3.30'da dört il için bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatı kullanarak yıllık toplam enerji tüketiminde sağlanan fayda oranları verilmiştir. Bu grafiğe göre geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanılarak sağlanan en fazla fayda oranı 3. derece gün bölgesinde bulunan Konya ilinde %11,64 oranı ile gerçekleşmektedir. Bunu sırasıyla %11,42 oranı ile 4. derece gün bölgesinde bulunan Erzurum ili, %10,07 oranı ile 2. derece gün bölgesinde bulunan Samsun ve %6,65 oranı ile 1. derece gün bölgesinde bulunan Antalya ili takip etmektedir.



Şekil 3.30. Bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatıda sağlanan fayda oranları (%)

Şekil 3.31'de dört il için bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanarak yıllık toplam enerji tüketiminde sağlanan fayda oranları verilmiştir. Bu grafiğe göre geleneksel duvar ve bitkilendirilmiş çatı kullanılarak sağlanan en fazla fayda oranı 4. derece gün bölgesinde bulunan Erzurum ilinde %14,38 oranı ile gerçekleşmektedir. Bunu sırasıyla %13,25 oranı ile 3. derece gün bölgesinde bulunan Konya ili, %11,50 oranı ile 2. derece gün bölgesinde bulunan Samsun ve %10,17 oranı ile 1. derece gün bölgesinde bulunan Antalya ili takip etmektedir.



Şekil 3.31. Bitkilendirilmiş duvar ve bitkilendirilmiş çatıda sağlanan fayda oranları (%)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tezin üçüncü bölümünde düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların enerji etkinliklerinin değerlendirmesi yapılmıştır. Bunun için Design Builder programından yararlanılarak Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinde yer alan dört farklı il için farklı parametreler kullanılarak benzetimler yapılmış ve yıllık ısıtma, soğutma yükleri karşılaştırılmıştır. Yapılan benzetimlerde geleneksel çatı ve geleneksel duvar kullanımına oranla bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanımının hangi iklim bölgesinde daha olumlu etkiler sağladığı saptanmıştır. Yapılan hesaplamalarda bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanımının tüm bölgeler için yıllık toplam enerji tüketiminde önemli ölçüde azalma sağladığı sayısal olarak kanıtlanmıştır. Dolayısıyla bitkilendirilmiş duvar ya da bitkilendirilmiş çatı kullanımının öncelikle yapı için daha sonrasında insanlar ve çevre için uzun vadede oldukça olumlu etkiler sağladığı görülmüştür. Tezin sonucunda ortaya çıkan bulgular aşağıdaki gibidir:

- Bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanılan tüm seçeneklerde geleneksel çatı ve geleneksel duvar kullanılan tüm seçeneklere oranla yıllık toplam enerji tüketimi daha azdır. Dolayısıyla yapının çatı ya da cephesinde bitkilendirme işlemi yapmak yıllık toplam tüketim enerjisine tasarruf sağlamaktadır.
- Dört farklı il için de yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketimi geleneksel çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 1 numaralı seçenekte en fazla iken bunu bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 2 numaralı seçenek, daha sonrasında geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 3 numaralı seçenek takip etmektedir. Bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 4 numaralı seçenekte yıllık ısıtma enerjisi tüketimi en azdır. Dolayısıyla bu verilerden de anlaşılacağı üzere bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar dört farklı iklim bölgesi için de yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketiminde tasarruf sağlamaktadır.
- Antalya ili için bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanımı yıllık soğutma enerjisi tüketiminde 1. seçenekten 4. seçeneğe doğru azalma göstermektedir. Yani hem çatıda hem de duvarda bitkilendirme işleminin yapıldığı 4. seçenekte yıllık soğutma enerjisi tüketimi en azdır. Dolayısıyla Türkiye'nin en sıcak iklimlerinden birinde yer alan Antalya ili için bitkilendirme kullanmak özellikle yaz ayları için oldukça fazla bir

tasarruf sağlamaktadır. Aynı şekilde kullanılan bitkilendirme ile bina içerisinde ve dışında gölgelenme de sağlanarak insanlar için konforlu mekanlar ortaya çıkmaktadır.

- Samsun ili için, geleneksel çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı seçenekte yıllık soğutma enerjisi tüketimi en fazladır. Bunu geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 3. seçenek, daha sonrasında ise bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 2. seçenek takip etmektedir. En az değer ise bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 4. seçenektir. Dolayısıyla Samsun ilinde sadece bitkilendirilmiş duvar kullanmak, sadece bitkilendirilmiş çatı kullanmaya oranla yıllık soğutma enerjisi tüketiminde daha az tasarruf sağlamaktadır. Fakat hem çatıda hem de duvarda bitkilendirme kullanmak yıllık soğutma enerjisi tüketiminde tasarruf sağlamaktadır. Sadece çatıda, sadece duvarda ya da her iki türlü bitkilendirme işlemi yapmak geleneksel çatı ve geleneksel duvar kullanımına oranla oldukça önemli bir tasarruf sağlamaktadır.
- Konya ili için bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 2. seçenekte yıllık soğutma enerjisi tüketimi en fazladır. Bunu bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatının bulunduğu 3. seçenek takip etmektedir. Daha sonrasında geleneksel çatı ve geleneksel duvarın bulunduğu 1. seçenek gelmektedir. Bu bağlamda, Konya ili için sadece bitkilendirilmiş duvar ya da sadece bitkilendirilmiş çatı kullanmak, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde zarara neden olmaktadır. Fakat her iki seçenek için de yıllık toplam enerji tüketiminde tasarruf sağlanmaktadır. Bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 4. seçenek ise en az yıllık soğutma enerjisi tüketimine sahiptir. Yani Konya ilinde bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanılarak oluşturulan bir bina için en az soğutma yükü değeri ortaya çıkmaktadır.
- Erzurum ili için bitkilendirilmiş duvar ve geleneksel çatının kullanıldığı 3. seçenekte yıllık soğutma enerjisi tüketimi en fazladır. Bunu bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 4. seçenek ve daha sonrasında geleneksel çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 1. seçenek takip etmektedir. En az değere sahip olan seçenek ise bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 2. seçenektir. Fakat

sadece bitkilendirilmiş duvar ya da hem bitkilendirilmiş çatı hem de bitkilendirilmiş duvar kullanmak yıllık soğutma enerjisi tüketimine zarar verse de toplam enerji tüketiminde tasarruf sağlamaktadırlar. Dolayısıyla Erzurum gibi yazları serin geçen bir ilde soğutma enerjisi tüketimi fazla olmayacağı için yıllık ısıtma enerjisi tüketimi ve toplam enerji tüketimini azaltmasından dolayı bu sistemleri kullanmak mantıklı bir çözüm yoludur.

- Bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvarın kullanıldığı 2. seçenek için dört ildeki fayda oranları karşılaştırıldığında %2,68 ile Samsun, %2,67 ile Erzurum, %2,45 ile Antalya ve %0,76 gibi oldukça düşük bir oranla Konya sıralanmaktadır. Samsun, Erzurum ve Antalya için bu değerler birbirine yakın iken Konya için bu değer daha düşüktür. Dolayısıyla bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel duvar kullanmak yıllık toplam enerji tüketimine Samsun, Erzurum ve Antalya için oldukça fayda sağlarken Konya için daha az bir fayda sağlamaktadır.
- Geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 3. seçenek için dört ildeki fayda oranları karşılaştırıldığında %11,64 ile Konya, %11,42 ile Erzurum, %10,07 ile Samsun ve %6,65 ile Antalya sıralanmaktadır. Dolayısıyla geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanmak Konya, Erzurum ve Samsun için daha fazla bir fayda sağlarken, Antalya ili için daha az bir fayda sağlamaktadır.
- Bitkilendirilmiş çatı ve bitkilendirilmiş duvarın kullanıldığı 4. seçenek için dört ildeki fayda oranları karşılaştırıldığında %14,38 ile Erzurum, %13,25 ile Konya, %11,50 ile Samsun ve %10,17 ile Antalya sıralanmaktadır. Dolayısıyla geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar kullanmak Erzurum, Konya, Samsun ve Antalya için fayda sağlamaktadır. Bu durum illerin iklim durumları ile doğrudan ilişkilidir. En soğuk iklime sahip olan Erzurum'da en fazla fayda oranı görülürken en sıcak iklime sahip olan Antalya ilinde en az fayda oranı sağlanmaktadır.

Bu bulgular ışığında düşey yeşil cephe ve yeşil çatı kullanımının ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimine oldukça fazla fayda sağladığı ve çok düşük oranda fayda sağladığı bölgeler aşağıdaki çizelgelerde gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Yıllık toplam enerji tüketimi için uygulanabilirlik tablosu

	1 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	**2 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı**	**3 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı**	**4 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı**
Antalya	✗	✗	✓	✓
Samsun	✗	✗	✓	✓
Konya	✗	✗	✓	✓
Erzurum	✗	✗	✓	✓

Çizelge 4.1'e göre dört farklı bölge için de bitkilendirilmiş duvar-geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar-bitkilendirilmiş çatı kullanımının yıllık toplam enerji tüketimine oldukça fayda sağladığı görülmektedir (Fayda oranı kabulü için %5 ve üzeri etki eden değerler alınmıştır.).

Çizelge 4.2. Yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketimi için uygulanabilirlik tablosu

	1 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	**2 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı**	**3 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı**	**4 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı**
Antalya	✗	✓	✓	✓
Samsun	✗	✗	✓	✓
Konya	✗	✓	✓	✓
Erzurum	✗	✗	✓	✓

Çizelge 4.2'ye göre dört farklı bölge için de bitkilendirilmiş duvar-geleneksel çatı ve bitkilendirilmiş duvar-bitkilendirilmiş çatı kullanımının, Antalya ve Konya illeri için geleneksel duvar-bitkilendirilmiş çatı kullanımının yıllık toplam ısıtma enerjisi tüketimine oldukça fayda sağladığı görülmektedir (Fayda oranı kabulü için %5 ve üzeri etki eden değerler alınmıştır.)

Çizelge 4.3. Yıllık toplam soğutma enerjisi tüketimi için uygulanabilirlik tablosu

	1 Geleneksel Duvar Geleneksel Çatı	**2 Geleneksel Duvar Bitkilendirilmiş Çatı**	**3 Bitkilendirilmiş Duvar Geleneksel Çatı**	**4 Bitkilendirilmiş Duvar Bitkilendirilmiş Çatı**
Antalya	✗	✗	✓	✓
Samsun	✗	✗	✗	✗
Konya	✗	✗	✗	✓
Erzurum	✗	✓	✗	✗

Çizelge 4.3'e göre Erzurum ilinde geleneksel duvar-bitkilendirilmiş çatı, Antalya ilinde bitkilendirilmiş duvar-geleneksel çatı, Antalya ve Konya illerinde bitkilendirilmiş duvar-bitkilendirilmiş çatı kullanımının yıllık toplam soğutma enerjisi tüketimine oldukça fayda sağladığı görülmektedir (Fayda oranı kabulü için %3 ve üzeri etki eden değerler alınmıştır.).

Tüm veriler boyutları aynı olduğu düşünülen bir konut binası için hesaplanmıştır. Bina boyutu, bina yönelimi, iç mekan bölmeleri, pencere ve kapı oranları, kullanıcı sayısı vb. durumlar değiştiğinde daha farklı sonuçlar da elde edilebilmektedir. Aynı şekilde kullanılan bina elemanlarının katmanlaşması da bu durumu değiştirebilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde artan kentleşme olgusu ve nüfus ile beraber yaşam koşullarında olumsuz gelişmeler olmaktadır. Şehir içinde çarpık kentleşmeler, hava kirliliği, kentsel ısınma, görsel kirlilik gibi olumsuzluklar artmaktadır. Dolayısıyla bu durumlar insan sağlığını ve konforunu olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin en başında yeşil alanların giderek azalması gelmektedir. Parklar, bahçeler, rekreasyon alanları yoğun kent dokusu içinde yok olmaktadır. Kent ortamında yüksek yapıların varlığı ve betonlaşma etkisi insanların konforunu yok ederken hem psikolojik hem de fiziksel sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden insanlar yeşil alanlara ihtiyaç duyarak boş zamanları için sınırlı sayıdaki park ve bahçeleri tercih etmektedirler. Bu bağlamda kent ortamında yeşil dokuya sahip yüzeylerin arttırılmasına yönelik olarak gerçekleştirilen düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar doğa ile bütünleşme imkanı vererek insan sağlığını ve konforunu olumlu derecede etkilemektedir.

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar insan sağlığını olumlu etkilemenin yanında kent içindeki hava kirliliğini de azaltmaktadırlar. Kent içinde artan bitki dokusu ile oksijen seviyesini arttırmaktadırlar. Aynı zamanda bina cephesinde kullanımı dışında, bina içerisinde de kullanılarak yapı içindeki hava kalitesinin artmasına katkıda bulunurlar.

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar, azalan biyoçeşitliliğin tekrar artmasına da katkı sağlamaktadır. Kullanılan bitki örtüsü ile o bölgede yaşayan omurgasız hayvanlar, kuşlar, böcekler ve sürüngenler için bir habitat oluşturmaktadırlar. Hatta bazı bölgelerde yeni türlerin oluşumuna da katkı sağladıkları bilinmektedir.

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar kent içerisindeki yapıların güneş ışınlarını yansıtmasından dolayı oluşan kentsel ısıyı olumlu derecede azaltmaktadır. Kentsel ısı adası etkisini 5-10 °C azaltarak yüksek sıcaklığın sebep olacağı zarar en aza indirilmektedir. Bunun dışında yeşil çatılar, kent içinde yağan yağmur ve kar suyunu tutup kanalizasyon sistemine geçişini geciktirerek taşkın ve sel riskini azaltmaktadırlar.

Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar kışın ısı yalıtımı görevi görerek, yazın ise bina yüzeyini gölgeleyerek bina ısıtma ve soğutma harcamalarında önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır. Aynı zamanda evapotranspirasyon yoluyla da soğutma sağlanmaktadır. Tüm bu özellikleri sayesinde düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar binanın enerji tüketimini azaltarak uzun vadede oldukça fazla bir tasarruf yapılmasını sağlamaktadırlar.

Yoğun kent dokusu ile beraber gürültü kirliliği de oldukça artmıştır. Düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar bu gürültüyü 40-50 desibel arasında düşürmektedir. Yine aynı şekilde bu sistemler rüzgar izolasyonu da sağlamaktadır. Rüzgarın engellenmesi de beraberinde ısıtma ve soğutma giderlerinde tasarrufu getirmektedir.

Bu sistemler UV ışınlarından korunma ve yangın güvenliği de sağlamaktadır. Kent içerisindeki görsel etkiyi arttırarak bina ve arsa değerlerinin artmasına da sebep olmaktadır.

Tüm bu özellikleri ile beraber düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar, dezavantajları da bulunmasına rağmen yapı, insan ve çevre için oldukça faydalı sistemlerdir. Tez kapsamında bütün bu özellikleri ile çevreye olumlu katkılar sağladığı düşünüldüğü için düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar ile ilgili detaylı bir inceleme yapılmış ve enerji etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Tezin sonucu olarak düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar mimaride yeni ve sürdürülebilir çözümlerdir. Maliyet, bakım, işletme gibi dezavantajları bulunmasına rağmen; hava kalitesini düzenleme, kentsel ısı adası etkisini azaltma, sıcaklığı azaltma ve arttırma, enerji tüketiminde tasarruf sağlama, insan sağlığını olumlu etkileme, gürültü ve rüzgar izolasyonu sağlama gibi birçok olumlu özelliği ile düşey yeşil cepheler ve yeşil çatılar çevreye duyarlı sistemler olup, kentleri daha yaşanabilir ve konforlu hale getirmektedir. Özellikle uzun vadede insanlar, yapı ve kent bağlamında sağladığı faydalar göz ardı edilmemelidir.

Günümüzde bu sistemlerin kullanımı Avrupa ve Amerika'da giderek artmaktadır. Fakat ülkemizde bu sistemlerin kullanımı birçok nedenden dolayı tercih edilmemektedir. Bu nedenlerin en başında maliyetin geleneksel sistemlere oranla daha fazla olması gelmektedir. Diğer nedenlerden bazıları ise düşey yeşil cepheler ve yeşil çatıların ülkemizde çok fazla tanıtılmaması ve kullanımının olumlu etkilerinin bilinmemesidir. Bu sistemlerle ilgili firmalar da yeni yeni ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla ülkemizde bu sistemler son dönemlerde tanınmaya başlanmıştır. Daha ileride yaşanılabilir kentler ortaya çıkarmak açısından bu uygulamalar tercih edilmeli, gerekirse devlet tarafından desteklenen projelerle uygulanmalı ve ülkemizde bu konu üzerine odaklanan bireylerin sayısının arttırılması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Aksoy, Y. ve İçmek, S., 2010, Çatı Bahçelerinin Kent Yaşamındaki Yeri ve Önemi: İstanbul Kentinden Örnekler.

Aktacir, M. A., Nacar, M. A. ve Yeşilata, B., 2011, Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Yazılımlar Üzerine Kısa Bir Değerlendrime. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. İzmir**:** 853-862.

Al-musaed, A., Almssad, A. ve Khalil, Z., 2007, Heat island effects upon the human life on the city of Basrah, *2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, Crete island, Greece 27-29 sept*, Crete island, Greece, 45-47.

Alcazar, S. ve Bass, B., 2005, Energy performance of green roofs in a multi storey residential building in Madrid, *Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC*.

Alexandri, E. ve Jones, P., 2006, Sustainable Urban Future in Southern Europe-What about the Heat Island Effect? 46th Congress of the European Regional Science Association: "Enlargement, Southern Europe and the Mediterranean. Volos, Greece**:** 1-26.

Alexandri, E. ve Jones, P., 2008, Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, *Building and Environment*, 43 (4), 480-493.

Altensis, 2015, Design Builder Yazılımı, http://www.altensis.com: [19.06.2017].

Anonim, 2013, www.dikeybahcem.com: [23.08.2017].

Anonim, 2015, Yeşil Çatıların Avantajları ve Dezavantajları, http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com.tr: [31.08.2017].

Anonim, 2017, Meydan Alışveriş Merkezi'nin Mimarı, FOA'dan Alejandro Zaera-Polo, http://www.yapi.com.tr: [08.10.2017].

Anonymous, 2009, Ex Ducati / Mario Cucinella Architects, https://www.archdaily.com/16863/ex-ducati-mario-cucinella-architects: [15.11.2017].

Anonymous, 2011b, Tu Delft Library, https://www.flickr.com: [24.10.2017].

Anonymous, 2014, A Guide To Green Roofs, Walls and Facades, *Melbourne and Victoria, Australia*, p. 9-94.

Anonymous, 2016, http://copycateffect.blogspot.com.tr: [08.10.2017].

Anonymous, 2017a, http://www.greenroofs.com: [18.09.2017].

Anonymous, 2017b, Víðimýrarkirkja, http://www.wikiwand.com: [08.10.2017].

Anonymous, 2017c, Chicago Green Roof, http://www.feyray.com: [08.10.2017].

Anonymous, 2017d, https://tr.pinterest.com: [08.10.2017].

Anonymous, 2017e, https://www.asla.org: [08.10.2017].

Anonymous, 2017f, http://www.winworld.net: [08.10.2017].

Anonymous, 2017g, Green Roof Indonesia, http://greenroofindonesia.com/: [08.10.2017].

Anonymous, 2017h, Shopping Center Stückfärberei, http://www.dienerdiener.ch: [15.11.2017].

Anonymous, 2017i, http://www.appropedia.org: [24.10.2017].

Anonymous, 2017j, Green Roof Benefits, http://intermountainroofscapes.com: [11.10.2017].

Anonymous, 2017k, About Green Roofs, https://greenroofs.org: [20.10.2017].

Anonymous, 2017l, http://www.weatherbase.com: [18.10.2017].

Aytin, B. K. ve Ovalı, P. K., 2016, Contributions of Roof Gardens to Urban Life–Planting Proposals for Roofs of New Term Accommodation Buildings in Edirne, *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6 (14), 1-17.

Bass, B., Liu, K. ve Baskaran, B., 2003, Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas, *National Research Council Canada*, *Canada*, 75-85.

Bass, B., 2007, Green roofs and green walls: potential energy savings in the winter, *Report on Phase*, 1.

Bennetts, H., Radford, A. ve Williamson, T., 2003, Understanding sustainable architecture, Taylor & Francis, p. 1.

Blanc, P., 2006, Vertical Garden, https://www.verticalgardenpatrickblanc.com: [11.10.2017].

Bostancıoğlu, E. ve Birer, E. D., 2004, Ekoloji ve ahşap–Türkiye'de ahşap malzemenin geleceği, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 37-44.

Cheng, C., Cheung, K. K. ve Chu, L., 2010, Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls, *Building and Environment*, 45 (8), 1779-1787.

Clark, C., Adriaens, P. ve Talbot, F. B., 2008, Green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits, *Environmental science & technology*, 42 (6), 2155-2161.

Coffman, R. R., 2007, Vegetated roof systems: design, productivity, retention, habitat, and sustainability in green roof and ecoroof technology, *The Ohio State University*, 5-9.

Cunningham, N. R., 2001, Rethinking the urban epidermis, a study of the viability of extensive green roof systems in the Manitoba capital with an emphasis on regional case studies and stormwater management, Master, *University of Manitoba*, Winnipeg, Manitoba, 35.

Currie, B. A. ve Bass, B., 2008, Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model, *Urban Ecosystems*, 11 (4), 409-422.

Del Barrio, E. P., 1998, Analysis of the green roofs cooling potential in buildings, *Energy and Buildings*, 27 (2), 179-193.

Di, H. ve Wang, D., 1999, Cooling effect of ivy on a wall, *Experimental Heat Transfer*, 12 (3), 235-245.

Dinsdale, S., Pearen, B. ve Wilson, C., 2006, Feasibility study for green roof application on queen's university campus, *Queen's Phys. Plant Serv*, 25.

Doug, B., Hitesh, D., James, L. ve Paul, M., 2005, Report on the environmental benefits and costs of green roof technology for the city of Toronto, *Ryerson University, Toronto, Ontario*, 34.

Dunnett, N. ve Kingsbury, N., 2008, Planting green roofs and living walls, Timber Press Portland, OR, p.

Elinç, Z. K., Kaya, L. G., Baktir, İ. ve Göktürk, R. S., 2013, Use of outdoor living walls in Mediterranean-like climates: A case study of Antalya Kaleiçi, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11 (1), 687-692.

Erdoğdu, E. ve Çetiner, İ., 2014, Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu. Beşiktaş, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Erkul, E. ve Sönmez, A., 2014, Mimarlık, Çevre Duyarlı Mimarlık, Yeşil Çatı Sistemleri ve Çevresel Etkileri.

Eumorfopoulou, E. ve Aravantinos, D., 1998, The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece, *Energy and Buildings*, 27 (1), 29-36.

Forbes, D. J., 2010, An analysis of municipal tools for promoting green roof technology into dense urban development, Master, *Tufts University*, 37.

Franco, A., Fernández-Cañero, R., Pérez-Urrestarazu, L. ve Valera, D., 2012, Wind tunnel analysis of artificial substrates used in active living walls for indoor environment conditioning in Mediterranean buildings, *Building and Environment*, 51, 370-378.

Getter, K. L. ve Rowe, D. B., 2006, The role of extensive green roofs in sustainable development, *HortScience*, 41 (5), 1276-1285.

Getter, K. L., Rowe, D. B., Robertson, G. P., Cregg, B. M. ve Andresen, J. A., 2009, Carbon sequestration potential of extensive green roofs, *Environmental science & technology*, 43 (19), 7564-7570.

GLA, 2008b, Living Roof and Walls Technical Report: Supporting London Plan Policy, 14.02.2017, *London*, Greater London Authority, p. 16-40.

Greenscreen, 2015, Considerations for Advanced Green Facade Design, Los Angeles, www.greenscreen.com: [14.02.2017].

GRHC, 2008a, Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design, 4-20.

GSA, 2011a, The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings, *GSA, United States*, 27-28.

Hasan, M. M., Karim, A., Brown, R. J., Perkins, M. ve Joyce, D., 2012, Estimation of energy saving of commercial building by living wall and green facade in sub-tropical climate of Australia. The 7th International Green Energy Conference & The 1st DNL Conference on clean energy. Dalian, China.

Helzel, M., 2012, Paslanmaz Çelikten Yapılmış Yeşil Duvarlar, *Brüksel, Belçika*, Euro Inox, p. 2-20.

Hopkins, G. ve Goodwin, C., 2011, Living architecture: green roofs and walls, Csiro Publishing, p.

Hoyano, A., 1988, Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building, *Energy and Buildings*, 11 (1), 181-199.

İbrişim, B., 2012, Babil Kulesi ve Dünyanın Yedi Harikasından biri Babil'in Asma Bahçeleri, http://www.ayorum.com: [08.10.2017].

Ip, K., Lam, M. ve Miller, A., 2010, Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy, *Building and Environment*, 45 (1), 81-88.

Jodidio, P., 2012, Green Architecture Now!, *Italy*, Taschen, p. 199, 379-397.

Johnston, J. ve Newton, J., 2004, Building Green, A guide to using plants on roofs, walls and pavements, *London*, Greater London Authority, p. 10-32.

Jones, R. A., 2002, Tecticolous invertebrates: a preliminary investigation of the invertebrate fauna on green roofs in urban London, *English Nature, London*, 3.

Juric, M., 2016, The perception of advantages and disadvantages of green roof design in Riverside County, California, Master, *California State Polytechnic University, Pomona*, Pomona, 23-25.

Kabuloğlu Karaosman, S., 2006, Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi, *Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*.

Köhler, M., 2008, Green facades—a view back and some visions, *Urban Ecosystems*, 11 (4), 423-436.

Köylü, P., 1997, Roof gardening in cities: suggestions for Ankara, Master, *Bilkent University*, Ankara, 58-59.

Kuo, F. E. ve Sullivan, W. C., 2001, Environment and crime in the inner city: Does vegetation reduce crime?, *Environment and behavior*, 33 (3), 343-367.

Lanham, J. K., 2007, Thermal performance of green roofs in cold climates, Master, *Queen's University*, Kingston, Ontario, Canada, 24.

Liu, K. ve Bass, B., 2005, Performance of green roof systems. National Research Council Canada. Toronto, Canada**:** 1-18.

Loh, S., 2008, Living walls-a way to green the built environment, *BEDP environment design guide*, 1 (TEC 26), 1-7.

Luckett, K., 2009, Green roof construction and maintenance, McGraw-Hill, p. 38.

Lundholm, J. T., 2006, Green roofs and facades: a habitat template approach, *Urban habitats*, 4 (1), 87-101.

MacDonagh, L. P., 2005, Benefits of Green Roofs, *Implications*, 04 (08), 1-3.

Madan, A., 2017, What is the Urban Heat Island Effect?, http://tunza.eco-generation.org: [10.10.2017].

Magill, J. D., 2011, A history and definition of green roof technology with recommendations for future research, Master, *Southern Illinois University Carbondale*, 2-3.

Mahdeloei, S., Farahani, F. H. ve Shakori, M. j., 2012, The role of roof gardens in saving energy and reducing the heat island phenomenon, *Scholars Research Library*, 3 (4), 1704-1707.

McGee, C., 2013, Shading, In, Eds: Home, Y., p. 116-124.

McPherson, E. G., Herrington, L. P. ve Heisler, G. M., 1988, Impacts of vegetation on residential heating and cooling, *Energy and Buildings*, 12 (1), 41-51.

MEB, 2016, Tarım, *Ankara*, 5.

Mentens, J., Raes, D. ve Hermy, M., 2006, Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?, *Landscape and urban planning*, 77 (3), 217-226.

Miller, A., Shaw, K. ve Lam, M., 2007, Vegetation on building facades:" Bioshader", *Case study report*.

Mir, M., 2011, Green facades and building structures, Master, *Tu Delft*, Delft, 40-43.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K. K. ve Rowe, B., 2007, Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services, *BioScience*, 57 (10), 823-833.

Onmura, S., Matsumoto, M. ve Hokoi, S., 2001, Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens, *Energy and Buildings*, 33 (7), 653-666.

Papadakis, G., Tsamis, P. ve Kyritsis, S., 2001, An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings, *Energy and Buildings*, 33 (8), 831-836.

Peck, S. W., Callaghan, C., Kuhn, M. E. ve Bass, B., 1999, Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada, *CMHC*, 11-32.

Pérez-Urrestarazu, L., Fernández-Cañero, R., Franco-Salas, A. ve Egea, G., 2015, Vertical greening systems and sustainable cities, *Journal of Urban Technology*, 22 (4), 65-85.

Perez, G., Rincon, L., Vila, A., Gonzalez, J. M. ve Cabeza, L. F., 2011, Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings, *Applied energy*, 88 (12), 4854-4859.

Perini, K. ve Magliocco, A., 2012, The integration of vegetation in architecture, vertical and horizontal greened surfaces, *International Journal of Biology*, 4 (2), 79-91.

Perini, K. ve Rosasco, P., 2013, Cost–benefit analysis for green façades and living wall systems, *Building and Environment*, 70, 110-121.

Powell, A., 2017, 14 Creative Ideas for Retaining Wall, http://dgflandscapes.com: [09.10.2017].

Pulselli, R., Pulselli, F., Mazzali, U., Peron, F. ve Bastianoni, S., 2014, Emergy based evaluation of environmental performances of Living Wall and Grass Wall systems, *Energy and Buildings*, 73, 200-211.

Rakhshandehroo, M., Yusof, M., Johari, M. ve Deghati Najd, M., 2015, Green façade (Vertical Greening): Benefits and Threats, *Applied Mechanics and Materials*, 747, 12-15.

Scholz-Barth, K., 2001, Green roofs: Stormwater management from the top down, *Environmental Design & Construction*, 4 (1).

Seçer Kariptaş, F., 2010, Yeşil Çatıların Ekoloji Bağlamında Değerlendirilmesi ve Turkcell AR-GE Binası Örneği. 5. Ulusal Çatı, Cephe Sempozyumu. Buca/İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.

Söğüt, Z. ve Şenol, D., 2014, Kentsel Çevre Kapsamında Yeşil Çatı ve Cephelerin Değerlendirilmesi, *ISEM2014*.

Stec, W., Van Paassen, A. ve Maziarz, A., 2005, Modelling the double skin façade with plants, *Energy and Buildings*, 37 (5), 419-427.

Sullivan, W. C., Kuo, F. E. ve Depooter, S. F., 2004, The fruit of urban nature: Vital neighborhood spaces, *Environment and behavior*, 36 (5), 678-700.

Susorova, I., 2013, Evaluation of the effects of vegetation and green walls on building thermal performance and energy consumption, *Illinois Institute of Technology*, Chicago, Illinois, 10.

Tilley, D., Price, J., Matt, S. ve Marrow, B., 2012, Vegetated Walls: Thermal and Growth Properties of Structured Green Facades, *University of Maryland*, 5.

Timur, Ö. r. B. ve Karaca, E., 2013, Vertical gardens, In: Advances in Landscape Architecture, Eds: InTech, p. 598-603.

Titova, N., 1990, Rooftop Gardens, *Science in the USSR*, 5, 20-25.

Tohum, N., 2011, Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil Çatılar, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 15-33.

Tokaç, T., 2009, Bitkilendirilmiş çatı sistemleri için tasarım seçeneklerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 3-60.

Tolderlund, L., 2010, Design guidelines and maintenance manual for green roofs in the semi-arid and arid west, *Green Roofs for Healthy Cities*, *Colorado Denver*, 7-32.

Torres, S. L. S., 2010, Investigating crumb rubber amendments for extensive green roof substrates, Master, *University of Maryland*, *College Park*.

Townsend, M. ve Weerasuriya, R., 2010, Beyond blue to green: The benefits of contact with nature for mental health and well-being, *Australia*, p. 17-18.

TSE, 2009, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *Ankara*, 71.

TÜİK, 2016a, Yapı İzin İstatistikleri, http://www.tuik.gov.tr: [23.06.2017].

Ulrich, R., 1984, View through a window may influence recovery, *Science*, 224, 420-421.

Veisten, K., Smyrnova, Y., Klæboe, R., Hornikx, M., Mosslemi, M. ve Kang, J., 2012, Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: Including monetised amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards, *International journal of environmental research and public health*, 9 (11), 3770-3788.

Velazquez, L. S., 2005, Organic greenroof architecture: Design considerations and system components, *Environmental Quality Management*, 15 (1), 61-71.

Vitra, 2014, Vitra Çağdaş Mimarlık Dizisi 3- Eğitim Yapıları, *İstanbul*, p. 285.

White, E. V. ve Gatersleben, B., 2011, Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty?, *Journal of environmental psychology*, 31 (1), 89-98.

Whittinghill, L. J. ve Rowe, D. B., 2012, The role of green roof technology in urban agriculture, *Renewable Agriculture and Food Systems*, 27 (4), 314-322.

Williams, D. E., 2007, Sustainable design: Ecology, architecture, and planning, John Wiley & Sons, p. 15.

Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y. ve Wong, N. C., 2009, Energy simulation of vertical greenery systems, *Energy and Buildings*, 41 (12), 1401-1408.

Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P. Y., Chan, D., Chiang, K. ve Wong, N. C., 2010, Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls, *Building and Environment*, 45 (3), 663-672.

Yamada, H., 2008, How is energy usage reduced by green roof and walls, Gsky, Eco Innovations Inc. Engineering Department, Wakayama University.

Yeh, Y.-P., 2012, Green Wall-The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect, *National Chung-Hsing University*.

Yüksel, N., 2013, Dikey Bahçe Uygulamalarının Yurtdışı ve İstanbul Örnekleri ile İrdelenmesi (yükseklisans tezi) Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, *Bahçeşehir Üniversitesi*, İstanbul, 6-22.

EK-1 Antalya iline ait Meteonorm Hava Verileri

Antalya
Location name

36.867	30.733
Latitude [°N]	Longitude [°E]
173000	
WMO	
50	IV, 1
Altitude [m a.s.l.]	Climate region

Standard	Standard	Perez
Radiation model	Temperature model	Tilt radiation model
2000–2009	1991–2010	
Temperature period	Radiation period	

Additional information

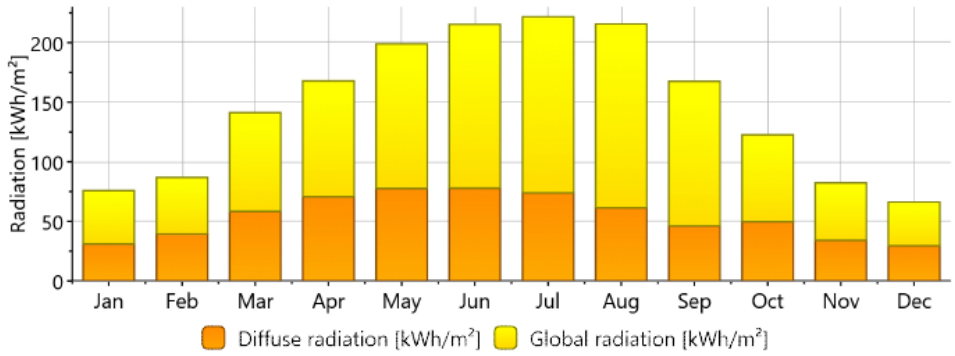
Uncertainty of yearly values: Gh = 3%, Bn = 6%, Ta = 0,3 °C
Trend of Gh / decade: -
Variability of Gh / year: 4,2%
Radiation interpolation locations: Satellite data

Month	G_Gh	G_Bn	G_Dh	Lg	Ld	N	Ta	Td
	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[octas]	[°C]	[°C]
January	102	145	42	10866	5304	5	9.8	2.5
February	129	146	59	13784	7307	5	10.7	2.9
March	190	192	78	20320	9776	4	13.6	5.8
April	233	206	98	25126	12265	4	16.6	9.1
May	267	241	104	29106	13419	4	21.3	12.6
June	299	280	108	32660	14405	3	26.4	14.9
July	298	295	99	32768	13271	2	29.4	17.1
August	290	301	82	31947	11331	3	29.1	18.5
September	232	279	64	25377	8711	2	25.4	14.6
October	165	186	67	17982	8878	4	21.0	11.1
November	114	151	47	12412	6258	5	15.2	7.5
December	89	124	40	9560	5174	5	11.2	4.2
Year	201	213	74	21826	9675	4	19.1	10.1

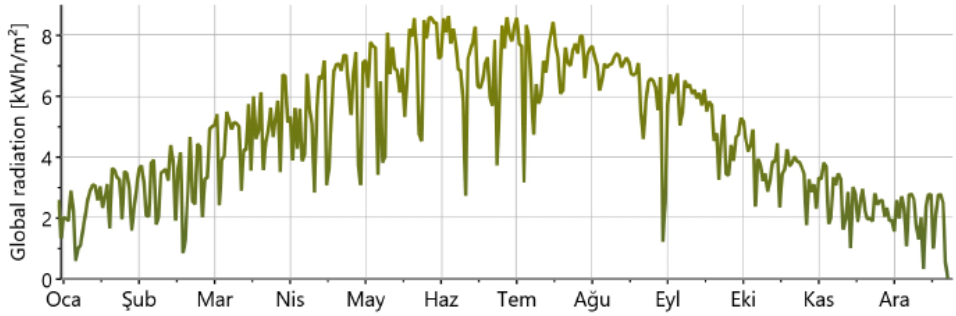
Month	RH	p	DD	FF
	[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]
January	60	1007	204	3.9
February	58	1007	204	4.0
March	59	1007	205	3.5
April	61	1007	205	3.2
May	58	1007	205	2.9
June	49	1008	205	3.1
July	47	1008	205	3.1
August	53	1007	205	2.8
September	51	1008	205	3.0
October	53	1007	205	3.0
November	60	1007	204	3.0
December	62	1007	204	3.5
Year	56	1007	205	3.3

Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal
Bn: Irradiance of beam
Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal
N: Cloud cover fraction
Lg: Global luminance
Ta: Air temperature
RH: Relative humidity
Td: Dewpoint temperature
DD: Wind direction
FF: Wind speed
p: Air pressure

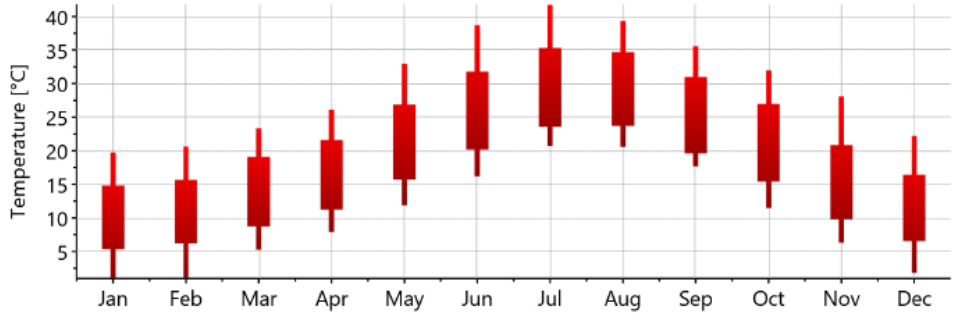
Monthly radiation



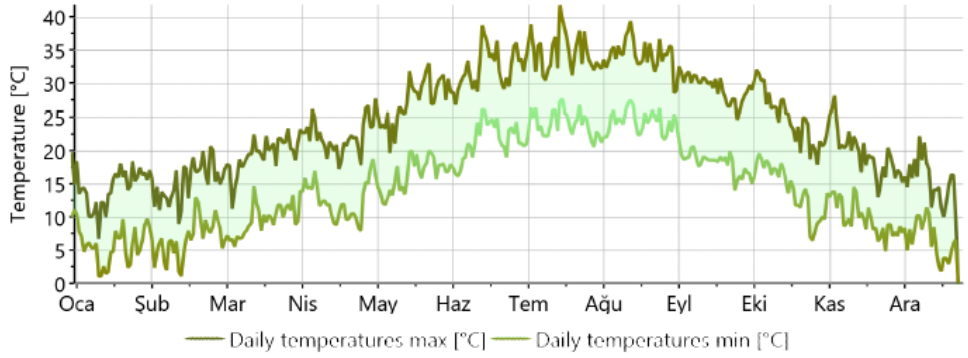
Daily global radiation



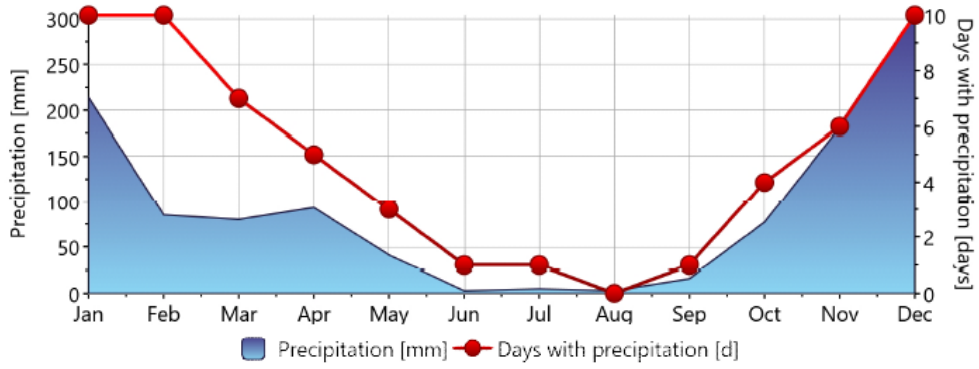
Monthly temperature



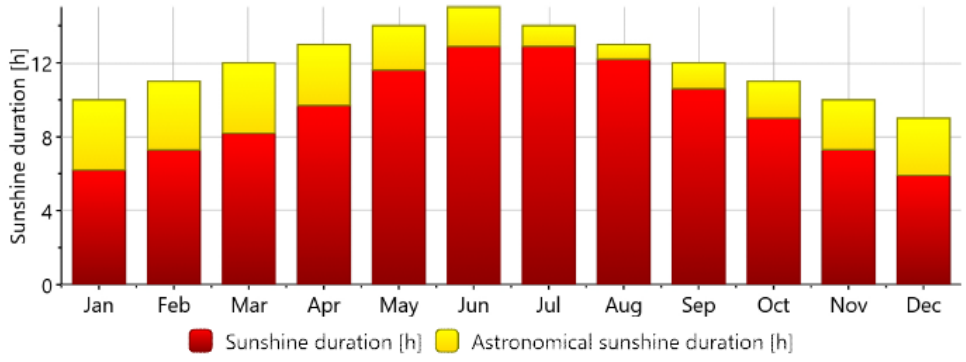
Daily temperature



Precipitation



Sunshine duration



EK-2 Samsun iline ait Meteonorm Hava Verileri

Samsun
Location name

41.283	36.333
Latitude [°N]	Longitude [°E]
170300	
WMO	
4	IV, 7
Altitude [m a.s.l.]	Climate region

Standard	Standard	Perez
Radiation model	Temperature model	Tilt radiation model
2000–2009	1991–2010	
Temperature period	Radiation period	

Additional information

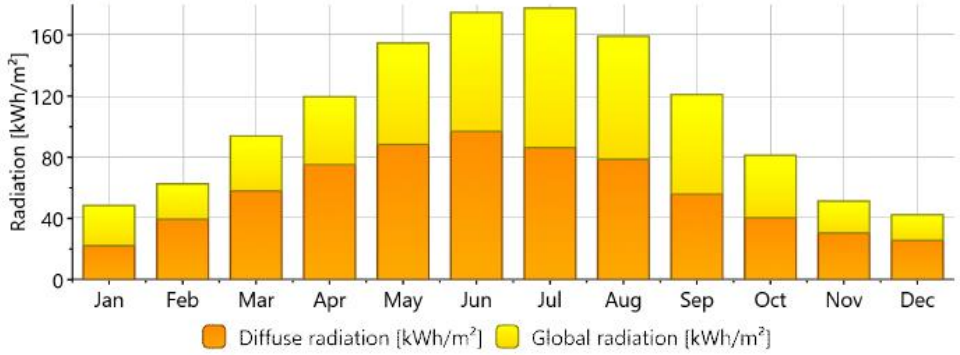
Uncertainty of yearly values: Gh = 3%, Bn = 6%, Ta = 0,3 °C
Trend of Gh / decade: 14,5%
Variability of Gh / year: 4,4%
Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)
Temperature interpolation locations: SINOP (CAPE) (127 km), MERZIFON (TUR-AFB) (79 km), INEBOLU (226 km), Trabzon (285 km), Kastamonu (214 km), Zonguldak (378 km)
P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 94,6%, 106%

Month	G_Gh	G_Bn	G_Dh	Lg	Ld	N	Ta	Td
	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[octas]	[°C]	[°C]
January	65	100	30	6969	3771	5	7.3	1.6
February	93	78	59	10006	6979	5	7.1	1.9
March	126	88	78	13652	9303	6	8.4	3.6
April	166	102	105	18178	12422	5	10.6	7.0
May	208	134	119	22871	14651	5	15.0	11.4
June	243	161	135	26811	17165	5	19.9	15.5
July	239	183	116	26564	15070	4	23.5	18.6
August	214	166	106	23885	14081	4	24.3	19.4
September	168	161	78	18705	10018	4	21.1	16.0
October	109	113	54	12081	7132	5	17.3	12.5
November	71	79	42	7840	5338	5	12.7	7.7
December	57	74	34	6190	4297	5	9.1	3.6
Year	147	120	80	16146	10019	5	14.7	9.9

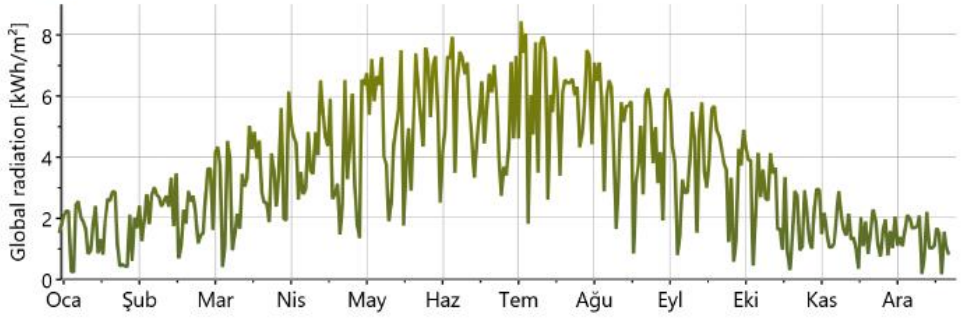
Month	RH	p	DD	FF
	[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]
January	67	1013	272	3.6
February	70	1013	272	3.9
March	72	1013	265	4.0
April	79	1013	265	3.9
May	79	1012	261	3.7
June	76	1013	260	4.0
July	74	1013	260	4.3
August	74	1013	260	4.2
September	73	1013	272	3.7
October	73	1012	272	3.6
November	71	1013	265	3.4
December	68	1013	272	3.7
Year	73	1013	266	3.8

Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal
Bn: Irradiance of beam
Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal
N: Cloud cover fraction
Lg: Global luminance
Ta: Air temperature
RH: Relative humidity
Td: Dewpoint temperature
DD: Wind direction
FF: Wind speed
p: Air pressure

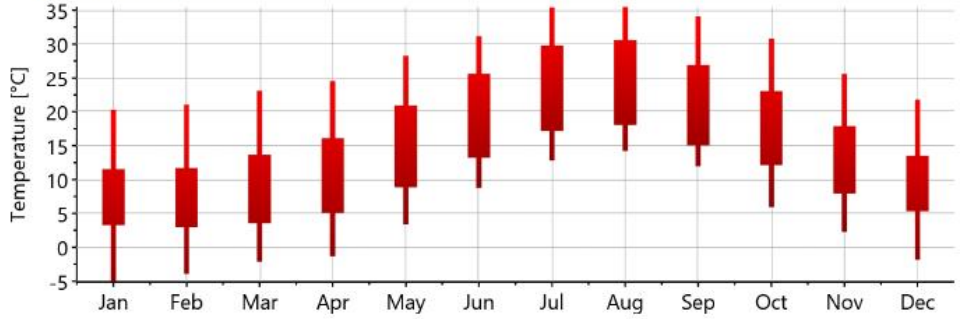
Monthly radiation



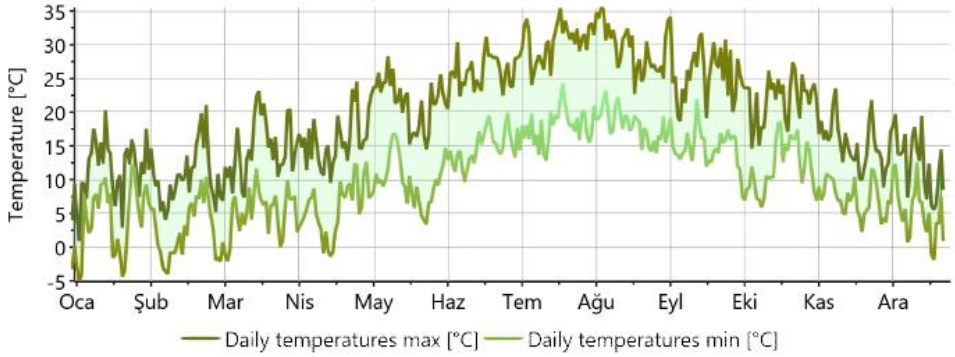
Daily global radiation



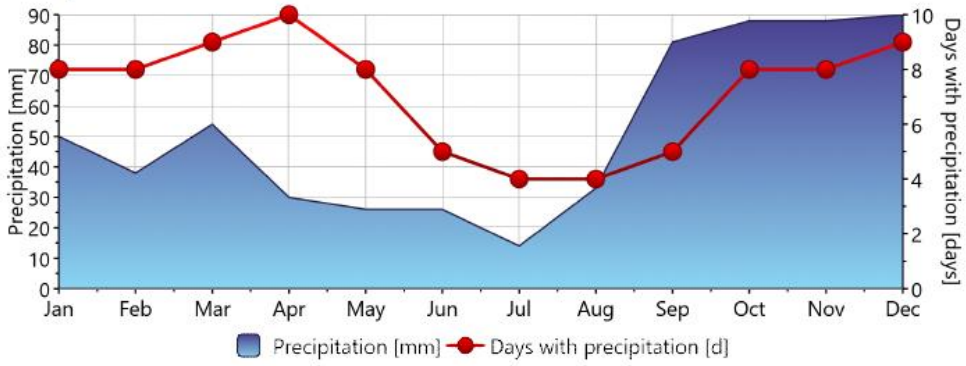
Monthly temperature



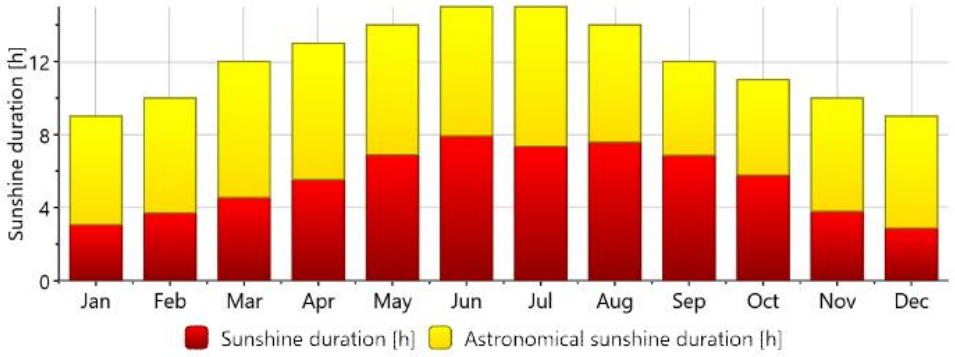
Daily temperature



Precipitation



Sunshine duration



EK-3 Konya iline ait Meteonorm Hava Verileri

Konya
Location name

37.979
Latitude [°N]

32.562
Longitude [°E]

172440
WMO

1028
Altitude [m a.s.l.]

III, 7
Climate region

Standard
Radiation model

Standard
Temperature model

Perez
Tilt radiation model

2000–2009
Temperature period

2003–2011
Radiation period

Additional information

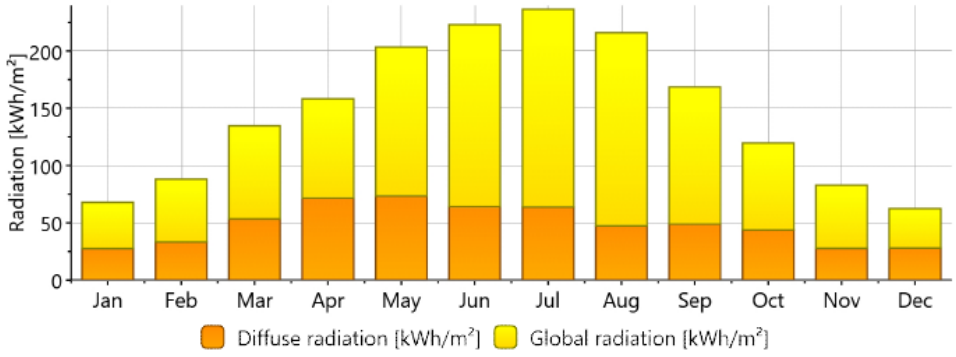
Uncertainty of yearly values: Gh = 3%, Bn = 5%, Ta = 0,3 °C
Trend of Gh / decade: -
Variability of Gh / year: 4,3%
P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 93,7%, 107,1%

Month	G_Gh	G_Bn	G_Dh	Lg	Ld	N	Ta	Td
	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[octas]	[°C]	[°C]
January	91	142	37	9733	4776	4	-0.8	-3.8
February	131	173	49	14051	6180	4	0.8	-3.3
March	181	195	72	19459	8942	4	6.7	-1.4
April	220	191	99	23808	12013	4	11.1	1.7
May	274	266	98	29694	12625	3	16.0	5.2
June	310	332	89	33566	11608	2	21.2	6.3
July	318	351	86	34408	11406	2	24.6	6.8
August	290	348	63	31348	8403	1	24.4	7.2
September	234	286	68	25265	8764	2	19.1	5.8
October	161	204	59	17535	7706	3	13.5	3.7
November	115	184	39	12521	5232	3	6.5	1.6
December	84	127	38	9079	4789	4	1.1	-1.8
Year	201	233	66	21706	8537	3	12.0	2.3

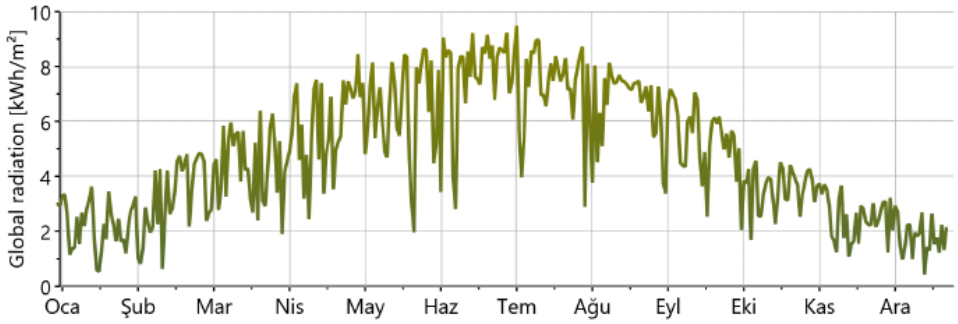
Month	RH	p	DD	FF
	[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]
January	80	895	0	2.9
February	74	895	0	3.6
March	56	898	0	4.0
April	52	899	0	3.7
May	49	901	0	3.7
June	38	903	0	4.4
July	32	904	0	4.7
August	33	904	0	4.5
September	42	902	0	3.6
October	52	900	0	3.2
November	71	898	0	2.8
December	81	896	0	2.8
Year	55	900	360	3.7

Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal
Bn: Irradiance of beam
Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal
N: Cloud cover fraction
Lg: Global luminance
Ta: Air temperature
RH: Relative humidity
Td: Dewpoint temperature
DD: Wind direction
FF: Wind speed
p: Air pressure

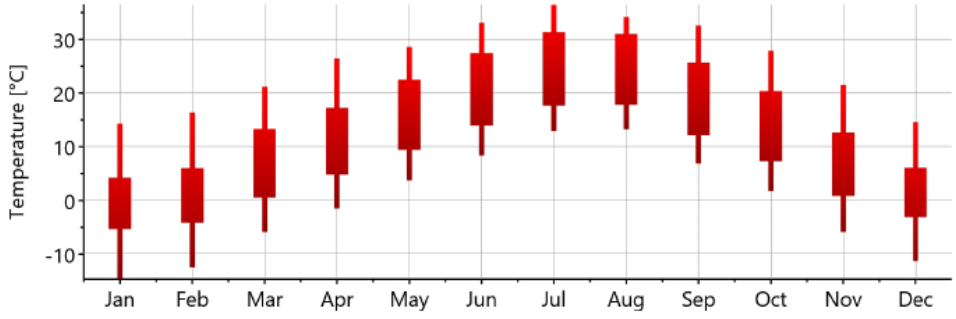
Monthly radiation



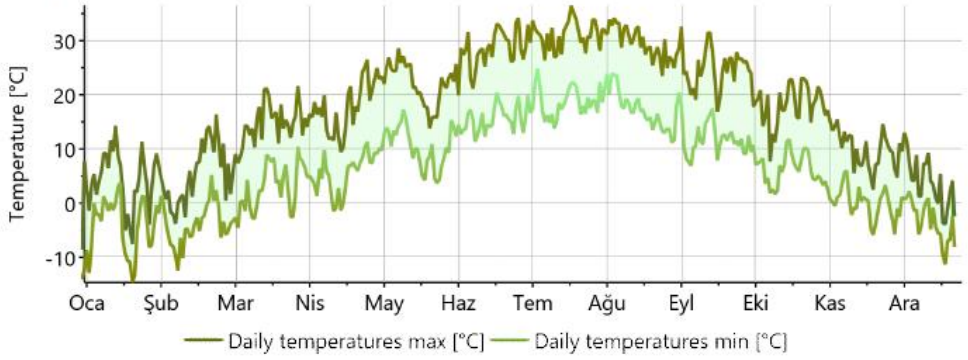
Daily global radiation



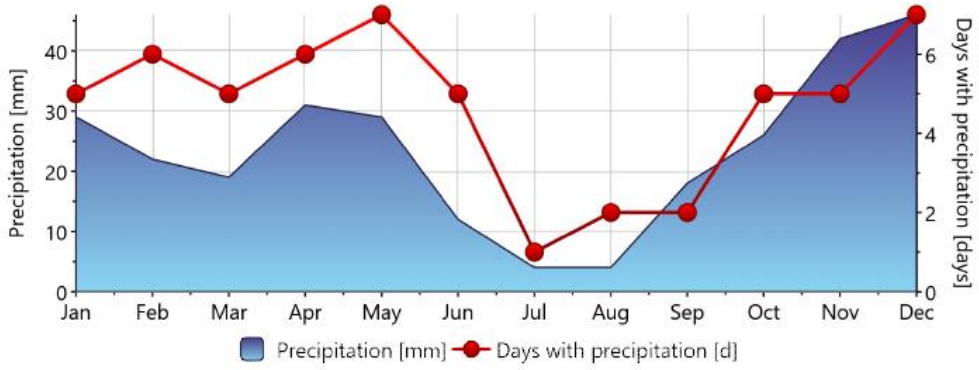
Monthly temperature



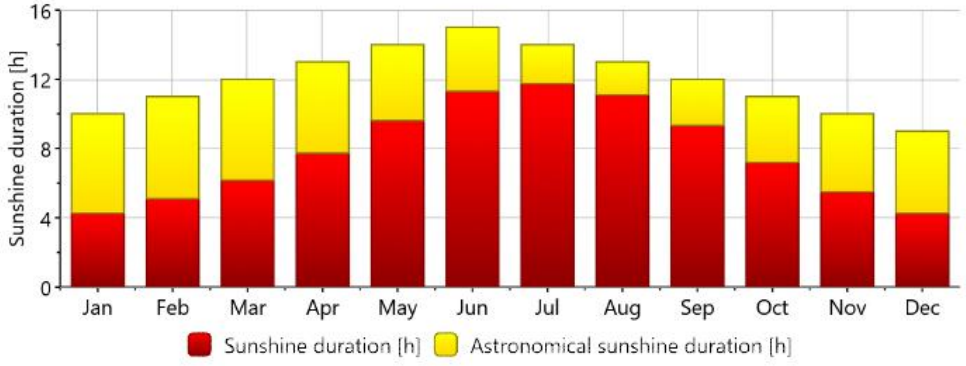
Daily temperature



Precipitation



Sunshine duration



EK-4 Erzurum iline ait Meteonorm Hava Verileri

Erzurum
Location name

39.917
Latitude [°N]

41.267
Longitude [°E]

170960
WMO

1758
Altitude [m a.s.l.]

III, 7
Climate region

Standard
Radiation model

Standard
Temperature model

Perez
Tilt radiation model

2000–2009
Temperature period

1991–2010
Radiation period

Additional information

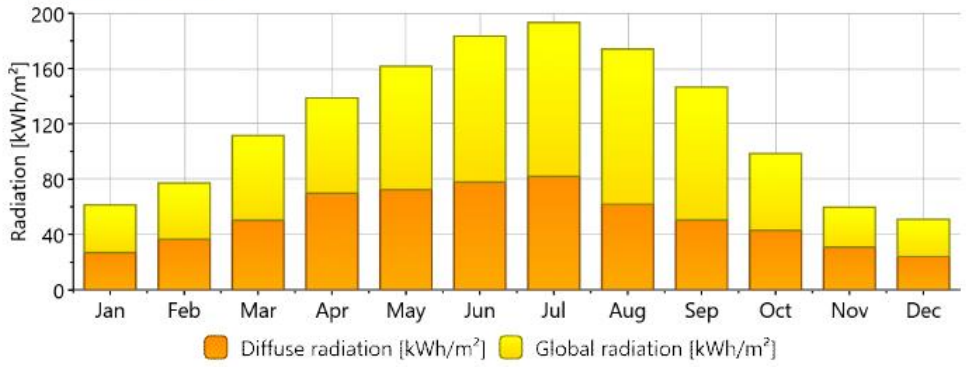
Uncertainty of yearly values: Gh = 6%, Bn = 11%, Ta = 0,3 °C
Trend of Gh / decade: -
Variability of Gh / year: 4,0%
Radiation interpolation locations: Satellite data (Share of satellite data: 100%)
P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 96,2%, 104,7%

Month	G_Gh	G_Bn	G_Dh	Lg	Ld	N	Ta	Td
	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[W/m2]	[octas]	[°C]	[°C]
January	82	132	36	8843	4619	4	-12.3	-14.9
February	115	134	54	12382	6731	5	-8.8	-11.9
March	150	153	68	16225	8313	5	-1.4	-5.8
April	193	152	97	21004	11595	5	5.3	-1.0
May	217	186	97	23854	12088	5	10.1	2.2
June	255	225	108	27953	13488	4	14.5	4.9
July	260	227	110	28570	13852	4	18.8	7.4
August	234	243	83	25629	10509	3	19.3	6.1
September	203	232	70	22180	9007	4	14.0	2.2
October	132	156	58	14488	7354	4	8.0	0.9
November	83	101	43	9165	5485	5	0.1	-4.4
December	69	106	32	7480	4125	5	-7.9	-10.7
Year	166	171	72	18148	8930	4	5.0	-2.1

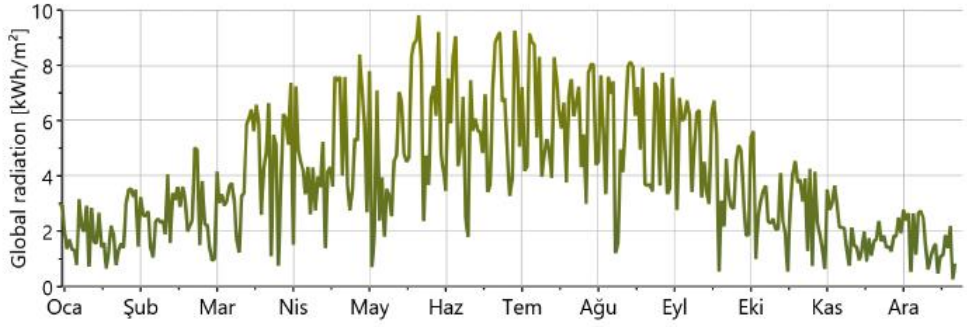
Month	RH	p	DD	FF
	[%]	[hPa]	[deg]	[m/s]
January	80	810	39	2.4
February	78	813	39	2.9
March	72	818	35	3.7
April	64	822	36	3.9
May	58	825	33	3.7
June	53	827	31	3.5
July	47	830	31	3.9
August	42	830	31	4.0
September	45	827	40	3.3
October	61	823	40	3.0
November	72	819	35	2.8
December	80	814	40	2.3
Year	62	821	35	3.3

Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal
Bn: Irradiance of beam
Dh: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal
N: Cloud cover fraction
Lg: Global luminance
Ta: Air temperature
RH: Relative humidity
Td: Dewpoint temperature
DD: Wind direction
FF: Wind speed
p: Air pressure

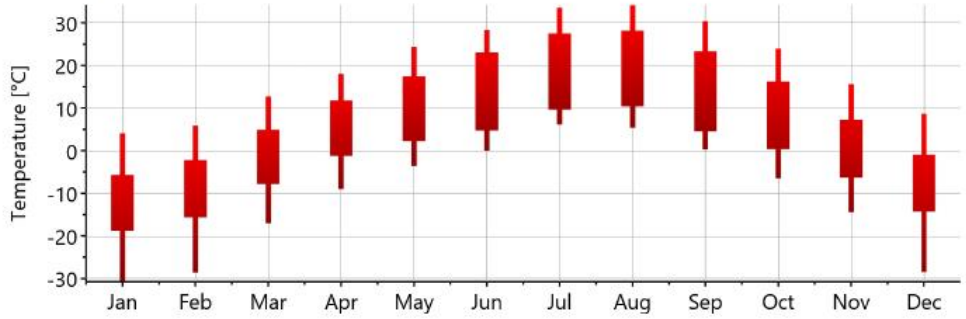
Monthly radiation



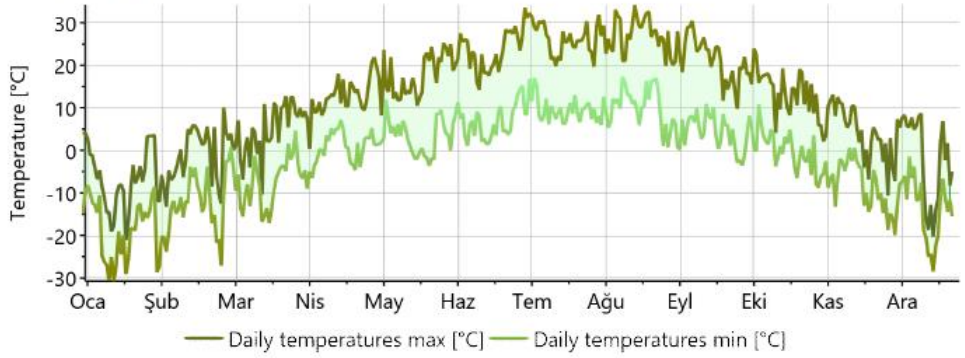
Daily global radiation



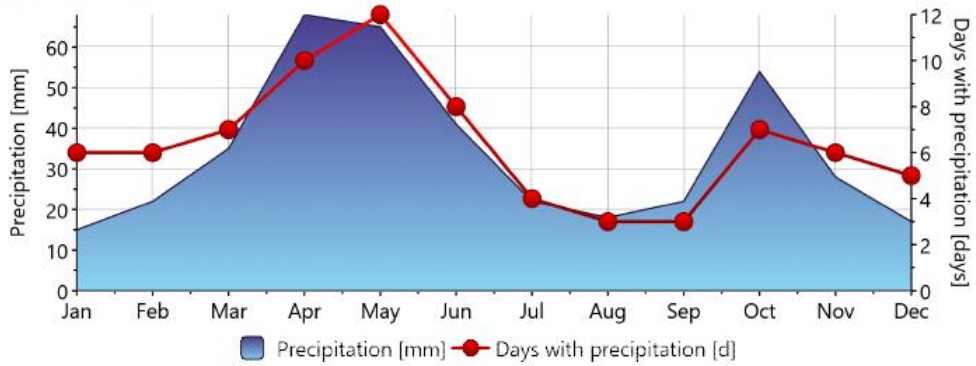
Monthly temperature



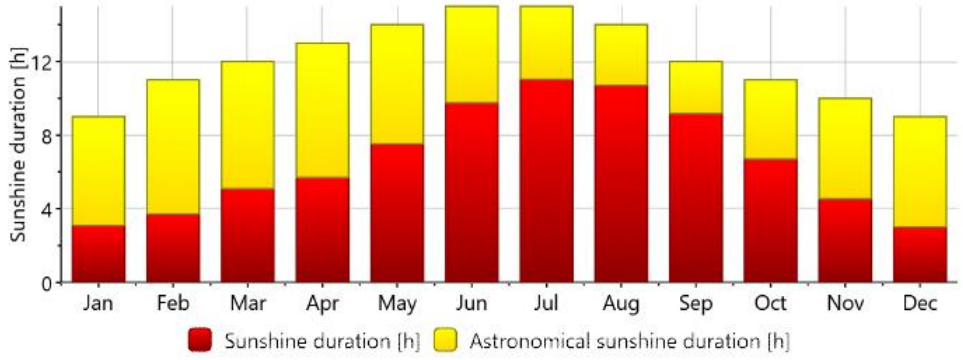
Daily temperature



Precipitation



Sunshine duration



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Hande Büşra KOBYA
Uyruğu	**:**	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Çarşıbaşı/Trabzon-05.01.1992
Telefon	**:**	0537 513 75 35
e-mail	**:**	hbkobya@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Karatay Süleyman Demirel Milli Piyango Anadolu Lisesi, Karatay, Konya	2010
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2014
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2014-Devam

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2014-2016	Gökalp Proje	Mimar
2016-Devam	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİLLER: İngilizce