

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN YAPIM
AÇISINDAN İRDELENMESİ

Eyüp ERKUL

Ekim, 2012
İZMİR

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN YAPIM AÇISINDAN İRDELENMESİ

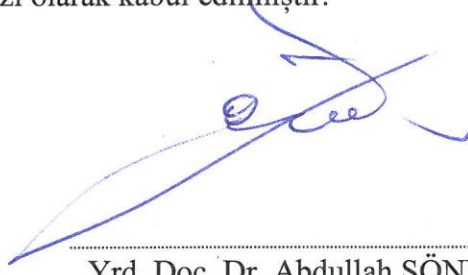
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı**

Eyüp ERKUL

**Ekim, 2012
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

EYÜP ERKUL, tarafından YRD. DOÇ. DR. ABDULLAH SÖNMEZ yönetiminde hazırlanan “YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN YAPIM AÇISINDAN İRDELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Abdullah SÖNMEZ

Danışman



Y. Doç. Dr. Mijde ALTIN

Jüri Üyesi



Dr. Zeynep Burcu ARSAN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

‘Yeşil çatı sistemlerinin yapım açısından irdelenmesi’ konulu çalışmam süresince eleştirileri, önerileri, yönlendirmesi, hoşgörüsü, sabrı ve eksik etmediği yardımlarıyla çalışmamın oluşumunda önemli bir yeri olan çok değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Abdullah Sönmez’e;

Bilgi ve fikirleriyle çalışma konuma katkı sağlayan değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Müjde Altın ve Araş. Gör. Ayça Tokuç’a;

Tezimin kritik aşamasında yer alan, zaman ve ilgilerini esirgemeyen değerli jüri üyelerine;

Hayatımın her döneminde olduğu gibi tez çalışmam süresince de gösterdikleri destek ve yardımlarından dolayı canım aileme;

Ve yoğun çalışma temposu nedeniyle ismini unutmuş olabileceğim, çalışmamda katkısı bulunan arkadaşlarıma;

Teşekkürlerimi sunarım...

Eyüp ERKUL

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN YAPIM AÇISINDAN İRDELENMESİ

ÖZ

Yeşil çatılar (bahçe çatılar) önceleri insanların kendilerini rahat hissedebilecekleri mekanlar oluşturmak üzere tasarlanırken, günümüzde teknolojik olanakların da artmasıyla birçok açıdan faydasının bilimsel olarak kanıtlandığı ve farklı mekan düzenlemelerine göre kullanımının şekillendiği sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle Almanya gibi yeşil çatı sektörünün gelişmiş olduğu ülkelerde yeşil çatılar ile ilgili yayınlanmış dökümanların; bu konuda faaliyet gösteren firmalar ve bu firmalara özgü yapım yöntemlerinin geliştirilmiş olması yeşil çatı tasarımcılarının yapım sürecinde ufkunu açmaktadır.

Ülkemizde ise bu konuda faaliyet gösteren belli başlı firmalar olmasına rağmen yapım süreci hakkında detaylı bilgiye ulaşabileceğimiz bir çalışma olmaması nedeniyle bu çalışmada yeşil çatı sistemlerinin yapım süreci hakkında ulusal ve uluslararası kaynaklardan yararlanılarak süreç hakkında bir fikir edinme sağlanmaya çalışılmıştır.

Beş bölümden oluşan bu çalışmanın;

Birinci bölümünde; çalışmanın amacı, kapsamı yöntemi belirlendikten sonra konu ile ilgili belli başlı tanımlamalar, standartlar ve kuruluşlara yer verilerek yeşil çatıların tarihsel gelişimi anlatılmaya çalışılmıştır.

İkinci bölümde; yeşil çatıların ayrıntılı bir tanımlaması yapılarak, günümüzde uygulanan yeşil çatı çeşitlerinden bahsedilip yeşil çatıların ekolojik, sosyal, ekonomik faydaları ve kısıtlamaları hakkında bilgi verilmektedir.

Üçüncü bölümde; yeşil çatı sistemlerinin yapım süreci alt başlıklarla ayrıntılı bir şekilde irdelenmektedir. Öncelikle yeşil çatı sistemi tasarımı ile ilgili temel hususlara

değinildikten sonra tasarımda arazi ve yapı faktörleri doğrultusunda dikkate alınması gereken konular belirtilmekte olup, sonrasında ise yeşil çatı sisteminde yer alan katmanlar ayrıntılı bir şekilde anlatılarak gerekli görülen yerlerde alt başlıklar halinde detaylı olarak incelenmektedir. Bunlara ek olarak yeşil çatı sistemleri anlatılmakta, yapım sonrasındaki süreçte çatı sahiplerinin karşı karşıya kalacağı işletme ve genel bakım konuları hakkında bilgi verilmektedir.

Dördüncü bölümde; ilk üç bölümde yapılan araştırmalar sonucunda konu ile ilgili olarak yurt içi ve yurt dışından seçilmiş belli başlı projelerin irdelenmesi ve belirlenen kriterler doğrultusunda karşılaştırılması yapılmaktadır.

Sonuç bölümünde ise çalışma neticesinde elde edilen tüm veriler doğrultusunda yorum, öneri ve değerlendirmelerden bahsedilmektedir.

Anahtar sözcükler: Yapım, sistem, yeşil çatı, bahçe çatı

THE ANALYSIS OF GREEN ROOF SYSTEMS IN TERMS OF CONSTRUCTION

ABSTRACT

Green roofs, also called roof gardens, were initially designed to create places where people feel comfortable. With the help of increasing technological possibilities, their many benefits are scientifically proven today. In addition, various regulations and special systems appear according to their usage.

Green roofs and green roof industry has advanced, especially in countries like Germany. Meanwhile companies and firms published documents on specific topics regarding operation and construction methods, which were developed in order to open the horizon for green roof designers.

In our country, although information is more limitedly available, major companies operating in this field can be contacted about the making of green roof systems, therefore making use of national and international sources possible.

The study consists of five chapters;

In the first chapter, the aim and scope of the study, relevant definitions, standards and institutions, and historical development of green roofs is given.

In the second chapter, detailed description of green roofs, and green roof practices today, as well as variations of green roofs are discussed from ecological, social and economic benefit, and limitation aspects.

In the third chapter, the making of green roof systems are examined in detail. First, the criteria related to the initial design of the green roof system design issues that need to be taken into account in accordance with the land and structure factors are described. Afterwards, the layers of the green roof system is studied in detail. In

addition, the construction process is described to provide more information on the operation and general maintenance issues.

In the fourth chapter, major -domestic and abroad- projects, selected due to the information and criteria provided in first three chapters of the study are discussed and compared.

In the conclusion, the results obtained from the study are explained, and additional comments, suggestions and evaluations are made.

Keywords: Construction, system, green roof, garden roof.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	vi

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı.....	1
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	2
1.4 Tanımlar	2
1.5 Uluslararası Kılavuz, Standart ve Kuruluşlar	5
1.5.1 FLL Kılavuzu.....	6
1.5.2 ASTM Standartları.....	6
1.5.3 Kuruluşlar	7
1.5.3.1 GRHC (Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar)	7
1.5.3.2 ASLA(Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu)	7
1.5.3.3 AIA (Amerikan Mimarlar Enstitüsü).....	8
1.5.3.4 NRCA (Ulusal Çatı Müteahhitleri Derneği)	8
1.5.3.5 USGBC (A.B.D Yeşil Bina Konseyi).....	8
1.5.3.6 IGRA (Uluslararası Yeşil Çatı Derneği).....	9
1.6 Çatı ve Çatı Sistemleri.....	9
1.7 Çatı Ekolojisi.....	10
1.8 Yeşil Çatıların Tarihsel Gelişimi.....	11

BÖLÜM İKİ – YEŞİL ÇATILAR VE FAYDALARI 21

2.1 Yeşil Çatılar.....	21
2.2 Yeşil Çatı Çeşitleri	23

2.2.1 Ekstansif (seyrek) Yeşil Çatılar	24
2.2.2 İntansif (yoğun) Yeşil Çatılar	28
2.2.3 Yarı-İntansif (yarı-yoğun) Yeşil Çatılar	31
2.3 Yeşil Çatıların İşlevleri ve Faydaları.....	32
2.3.1 Çevresel ve Ekolojik Faydaları.....	34
2.3.1.1 Biyo-çeşitlilik ve Yaşam Ortamı (Habitat)	34
2.3.1.2 Yağmursuyu Yönetimi.....	35
2.3.1.3 Hava Kirliliği Emme ve Filtreleme.....	37
2.3.1.4 Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	38
2.3.1.5 Karbondioksit ve Oksijen Değişimi.....	40
2.3.1.6 Ses Yalıtımı.....	41
2.3.2 Sosyal Faydaları.....	42
2.3.2.1 Estetik Değeri.....	43
2.3.2.2 Eğlence ve Fonksiyonel Açık Alan Yaratılması	44
2.3.2.3 Sağlık ve Tedavi Değeri.....	45
2.3.3 Ekonomik Faydaları	47
2.3.3.1 Çatı Ömrü Uzatıcı Etkisi.....	47
2.3.3.2 Yalıtım ve Enerji Verimliliği	49
2.3.3.3 Kentsel Tarım.....	50
2.4 Yeşil Çatılar İle İlgili Bazı Sorunlar.....	51

BÖLÜM ÜÇ – TASARIM VE UYGULAMAYA YÖNELİK KRİTERLER..... 52

3.1 Yeşil Çatı Sistemi Tasarımı İle İlgili Kriterler	52
3.1.1 Fizibilite, Programlama ve Ön Tasarım.....	53
3.1.2 Konsept Tasarımı.....	54
3.1.3 Şematik Tasarım	55
3.1.4 Tasarım Ekibini Bir Araya Getirme	55
3.2 Yeşil Çatı Sistemi Tasarımında Arazi ve Yapı ile İlgili Dikkate Alınması	
Gereken Kriterler.....	56
3.2.1 Fonksiyon ve Yer Seçimi.....	57
3.2.2 Giriş-Çıkışlar (Erişilebilirlik) ve Güvenlik.....	58

3.2.3 İklim.....	59
3.2.4 Rüzgar.....	60
3.2.5 Gölgeleme ve Yansıma.....	61
3.2.6 Bina Yükseklik Kısıtlaması	62
3.2.7 Çatı Ekipmanları.....	63
3.2.8 Güneş Ekipmanları (Fotovoltaik Paneller)	64
3.2.9 Sert Zemin Malzemeleri Seçimi	65
3.2.10 Döşeme Strüktürü ve Taşıyıcılığı	65
3.2.11 Çatı Eğimi.....	69
3.2.12 Yangın Önleme ve Riskler.....	70
3.3 Yeşil Çatı Sistemini Oluşturan Katmanlar	71
3.3.1 Su Yalıtım Tabakası (Çatı Membranı)	75
3.3.1.1 Çok Katlı Su Yalıtım Tabakası	76
3.3.1.2 Tek Katlı Su Yalıtım Tabakası	77
3.3.1.3 Sıvı Uygulanan Su Yalıtım Tabakası.....	78
3.3.1.4 Su Yalıtımı Tabakası Seçiminde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Kriterler	79
3.3.2 Koruyucu Tabaka.....	80
3.3.3 Isı Yalıtım Tabakası.....	81
3.3.4 Kök Tutucu Tabaka	83
3.3.5 Drenaj Tabakası	85
3.3.5.1 Granüllü Malzemeler	87
3.3.5.2 Gözenekli Paspaslar	88
3.3.5.3 Hafif plastik ve polistren drenaj modülleri	88
3.3.6 Filtre Tabakası	89
3.3.7 Yetiştirme Ortamı.....	91
3.3.8 Bitkilendirme Tabakası.....	94
3.3.8.1 Yeşil Çatılar İçin Bitki Türleri	95
3.3.8.1.1 Ekstansif (seyrek) Yeşil Çatı Bitkileri	99
3.3.8.1.1.1 Yosun-Sedum	99
3.3.8.1.1.2 Sedum.....	100
3.3.8.1.1.3 Sedum-Yosun-Ot.....	101

3.3.8.1.1.4 Sedum-Ot-Çim	101
3.3.8.1.2 İntansif (yoğun) Yeşil Çatı Bitkileri.....	101
3.3.8.2 Bitkilendirme Yöntemleri	103
3.3.8.2.1 Tohum veya Çelikler (aşı dalı) ile Doğrudan Uygulama	103
3.3.8.2.2 Saksıda Yetişen Bitki veya Fide İle Uygulama.....	103
3.3.8.2.3 Bitki Paspası ile Uygulama	104
3.3.8.2.4 Doğal Kolonizasyon.....	105
3.4 Yeşil Çatı Sistemleri.....	106
3.4.1 Tam Sistemler (Yerinde Uygulanan).....	107
3.4.2 Modüler Sistemler	108
3.4.3 Önceden Ekili Bitki Battaniyeleri (bitki paspasları).....	113
3.5 İşletme ve Genel Bakım	114
3.5.1 Bakım.....	114
3.5.1.1 Yabani Otlardan Ayırma.....	115
3.5.1.2 Bitki ve Toprak Bütünlüğünün Korunması.....	116
3.5.1.3 Yeşil Olmayan Elemanların Bakımı	116
3.5.1.4 Bitki Bakımı.....	118
3.5.1.5 Gübreleme.....	119
3.5.1.6 Sulama.....	119
3.5.2 Kaçak Testi ve Muayene	121
3.5.3 Garanti (Sigorta ve Sorumluluk)	123
3.5.4 Danışmanlık (Uzmanlık)	124
3.5.5 Düzenlemeler ve Teşvikler	124
3.5.6 Yeşil Çatı Maliyet Konuları.....	126
BÖLÜM DÖRT – YEŞİL ÇATI ÖRNEKLERİ.....	127
4.1 Örneklerin İncelenmesi	127
4.1.1 GAP Genel Merkezi	128
4.1.2 Across Binası.....	133
4.1.3 Kaliforniya Bilim Akademisi	136
4.1.4 Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi	141

4.1.5 Seattle Halk Kütüphanesi	146
4.1.6 Şikago Belediye Binası.....	149
4.1.7 Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu Binası (ASLA)	152
4.1.8 Ümraniye Meydan Projesi	158
4.2 Örneklerin Karşılaştırılması	163
BÖLÜM BEŞ – DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	166
KAYNAKÇA	172

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Güncel bir konu olan yeşil çatıların kullanımının ilk olarak M.Ö. 2500 yıllarına kadar uzandığı görülmektedir. Fakat günümüzde kullanım alanlarının azlığı ve konstrüksiyon yöntemlerinin ülkemizde tam anlamıyla gelişmemiş olması nedeniyle; araştırılması ve incelenmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son dönemde ülkemizde uygulanan büyük ölçekli birkaç projenin, yeşil çatıların önemini ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan ön plana çıkardığı, teknoloji ve yeniliklerin yapılarda kullanımının artmasıyla konuyla ilgili yapım sürecinin, bir disiplin doğrultusunda ele alınmasını gerekli kıldığı görülmektedir.

Bu amaçla; güncel bir kavram olan yeşil çatılara ait; ulusal ve uluslararası seviyede gerçekleşen yapım süreçlerinin ve yapı örneklerinin irdelenerek ülkemizde uygulanacak yapım süreçleri için fikir oluşturması, bu alanda yapılacak araştırma-geliştirme çalışmalarına kolaylık ve katkı sağlaması hedeflenmiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada;

- Yeşil çatılara ait uluslararası standartlar ve kuruluşlar,
- Yeşil çatılar, çeşitleri ve farklı açılardan sağladığı faydalar,
- Yeşil çatıların tasarım ve uygulamasına yönelik teknik kriterler,
- Yeşil çatılarla ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde uygulanan örneklerin incelenmesi ve karşılaştırılması

gibi konu başlıklarına yer verilerek, yeşil çatılar konusu yapım kelimesi kapsamında irdelenmektedir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

Yapılan araştırmalar neticesinde yeşil çatıların yapım sürecindeki aşamalar incelenmiş olup, yurt içi ve yurt dışından yeşil çatı örneklerine yer verilerek bu örneklerin yapım süreci kapsamında irdelenmesi ve belirlenen kriterler dahilinde karşılaştırılması yapılmaktadır.

Konu ile ilgili olarak gerek yurt içinde gerekse yurt dışındaki literatür taranmış; çeşitli kişi ve kuruluşlarca düzenlenmiş olan seminer, sempozyum, bildiri, panel, konferans notları ve yeşil çatı sektöründeki firmaların uygulamaları incelenmiştir.

1.4 Tanımlar

Aşağıda yer alan tanımlamalar yeşil çatılar hakkında detaylı bilgi verilmeden önce konu başlığına hangi açılardan bakılması gerektiği ve yeşil çatıların hangi konularla ilişkili olduğunu belirtmek açısından önem arz etmektedir. Bu noktada yeşil çatıların öncelikli olarak ekoloji kavramıyla ilişkili olduğu görülmektedir.

Geniş anlamıyla ekoloji, “canlıların birbiriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim” şeklinde tanımlanmaktadır (Vikipedi, b.t). “Terim olarak, ilk defa Alman biyoloji uzmanı Ernst Haeckel tarafından 1866 yılında kullanılmıştır. Ekoloji, Yunanca mesken anlamına “oikos”, ve bilim anlamına gelen “logos” kelimelerinden oluşmuştur” (Özkan, 2005, s. 4).

Çevre ile ekoloji kavramları arasında çok önemli içerik ve yaklaşım farkları bulunmaktadır. Çevre, yaşayan organizmaları çevreleyen tüm dışsal faktörleri belirtirken, ekoloji yaşayan organizmalarla çevre arasındaki ilişkilerin tanımlanmasıdır. Çevre kavramı bir durum ve yapı saptamaya yöneliktir. Göreli olarak durağandır. Buna karşılık ekoloji kavramında yaşayan canlılarla çevre arasındaki ilişkiler ve etkilenmeler çok yönlü ve doğrudan ve dolaylı biçimleri ile yer almaktadır. Ekolojik süreçler dinamik, sürekli karşılıklı ilişkiler dizinini tanımlanmaktadır (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004, s. 38).

“Ekoloji aynı zamanda, bir ürünün üretiminden yok oluşuna kadar geçen süreçte (üretim, kullanım, atıklar) çevre sistemlerinin olumsuz etkilenmesini en aza indireyecek sistemlerin bilimsel olarak araştırılıp uygulanmasının yollarını aramaktadır” (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004, s. 38).

Mimari ile ilişkili olarak ekolojik tasarım, ekolojik mimarlık gibi terimler türemiş olup bunlara yönelik çeşitli tanımlamalar yapılmıştır.

Kısa Ovalı (2009) ekolojik tasarımdan, “...ekolojik mimarlığın uygulama alanını ve ölçeğini belirlemektedir. Ekolojik tasarım çalışmalarında, doğa-insan-çevre arasındaki ilişkiler dengeli ve sürekli bir döngü temeline dayanmaktadır. Yapılı çevre yaratma sanatı olarak genellenebilecek mimarlığın, doğal sistemlerle ilişkilendirilmesi noktasında ‘ekolojik ölçütler’ tasarımın önemli girdisini oluşturmaktadır” şeklinde bahsetmektedir (Kısa Ovalı, 2009, s. 19, 20).

Mimarlık açısından bakıldığında ekolojik tasarım kelimesi bizi ekolojik mimarlık kavramına yönlendirmektedir. Özkan (2005), araştırmasında ekolojik mimarlığı “kaynak tüketimini ve kaynağa bağımlılığı en aza indiren ve doğal kaynakların devamlılığını amaçlayan mimari tasarım yaklaşımıdır” şeklinde tanımlamaktadır (Özkan, 2005, s.7).

Ekolojik mimarlıkta çatı incelendiğinde ise terim olarak ilk akla gelen kavram ekolojik çatıdır. Dunnett ve Kingsbury (2008)’e göre bu terim yeşil çatı için bazı yerlerde yedek olarak kullanılan bir kelimedir. Bazı insanlar bitkilendirilmiş ekstansif (seyrek) çatıları diğer çatı türlerinden ayırt etmek için bu ismi kullanmakta, yani ekolojik bir işlevi olabilir aynı zamanda yeşil çatı çağrışımı yapabilmektedir. Ekolojik çatı; çok kuru iklim dönemlerindeki kahverengi veya olgunlaşmış bitki örtüsüne sahip olan ekstansif (seyrek) yeşil çatılar için tanımlayıcı bir terim olarak ele alınmıştır (Dunnett ve Kingsbury, 2008)

Ekolojik çatının diğer bir tanımı ise, hafif toprak tabakası ve kendi kendini idame ettiren canlı bir bitki örtüsüne sahip ekosistemdir. Biyolojik olarak canlı olduğu gibi

güneş, rüzgar ve yağmurun doğal elementlerini kullanarak kendi kendini idame ettirerek yapı üzerinde koruyucu bir örtü görevi üstlenmektedir (Liptan ve Strecker, bt., s. 199).

Ekolojik çatı kelimesinden yola çıkarak kahverengi ve yeşil çatı kavramları türemiş olup, bunlara yönelik bazı tanımlamalar yapılmıştır. Örneğin kahverengi çatı bir çatının maksatlı bir şekilde yetiştirme ortamı veya gevşek malzemelerle (tuğla molozu, beton molozu vs.) örtülmüş halidir. Çatıda bitkilerin çoğalması mümkündür fakat insan müdahalesi olmadan meydana gelmektedir (Hake, 2007). Bu çatıda amaç kahverengi olan zemin seviyesindeki benzer ortam koşulları sağlamaktır. Tuğla molozu, beton molozu gibi diğer binalardan gelen geri dönüşümlü malzemeler ve bitkiler için besin element deposu olan alt toprak malzemesi kullanılarak, kahverengi çatıların; yerel bitki örtüsü, omurgasızlar ve kuşlar için uygun bir ortam olacağı umulmaktadır. Bu bağlamda kahverengi çatılar biyolojik çeşitlilik amaçları için kullanılmaktadır (Lennep ve Finn, 2008).

Yeşil çatı ise, kısmen ya da tamamen toprak tabakası veya yetiştirme ortamı ile kaplı, bitkilerin dikili olduğu çatıdır (Waldbaum, 2008). Yeşil çatı terimi, bitki örtüsünün daima yeşil olması anlamına gelmektedir (Hake, 2007). Yeşil çatılar kentsel tasarım için yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir. Kentsel çevreyi daha yaşanabilir, verimli ve sürdürülebilir hale getirmek için yaşayan malzemeler kullanılır. Yeşil çatıları tanımlamak için kullanılan diğer yaygın terimler yaşayan çatı, bitkilendirilmiş çatı ve ekolojik çatı'dır (Green Roof Manual, 2009).

Yeşil çatı üstyapısı kavramından bahsedilecek olursa, bu terim bitkileri ve çatı üstündeki yaşamı desteklemek için su geçirmez çatı membranının üzerinde yer alan katmanlar sistemi için kullanılmaktadır. Genellikle kök koruyucu tabaka, su tutma tabakası, drenaj tabakası, filtre tabakası, üstte ise yetiştirme ortamı ve bitkiler yer almaktadır (Waldbaum, 2008).

Yukarıda yer alan kavramlar dışında, çalışmanın başlığının daha iyi anlaşılabilir olmasını sağlamak amacıyla bahsedilmesine gerek duyulan diğer kavramlar ise yapım ve sistem kelimeleridir.

Türk Dil Kurumu yapım sözcüğünü “ bir yapının yapılması eylemi” şeklinde tanımlamaktadır (TDK, b.t). Türkçü (2004) ise yapım kelimesinden;

“...genelde yapının, özelde taşıyıcı sistemin veya bunların elemanlarının üretilmesinde uygulanan teknoloji ve yöntemlerinin tümü olmaktadır. Başka bir deyişle yapı olarak adlandırılan sonuç ürünün ortaya çıkması/oluşması için uygulanan veya yararlanılan yöntemleri, eylemleri ve süreçleri kapsar. Yapı bir üründür yapım ise bu ürünü ortaya çıkaran eylemlerle bunların birbirleriyle ilişkisidir. Kısaca malzemeden yapıya geçişte izlenmesi gereken yöntemler yapım kelimesi ile tanımlanır.” şeklinde bahsetmektedir (Türkçü, 2004, s. 11, 12).

Yine Türkçü (2004) tarafından yapılan tanıma göre ise sistem kelimesi şu şekilde ifade edilmektedir “...birden fazla parçanın rasyonel düzeni ile oluşan bütün veya öğeler sayısı ile bu öğeler arasındaki ilişkiler anlatılır.” (s. 12).

1.5 Uluslararası Kılavuz, Standart ve Kuruluşlar

Yeşil çatı ile ilgili birçok proje geliştirilmesi nedeniyle bu projelerin izin ve denetim süreci olmalıdır. Yeşil çatılar tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yenidir dolayısıyla uygulama amaçlı yönetmelik ve standartlar eksiktir. Ancak çeşitli kuruluşlar tarafından belli başlı standartlar geliştirilmektedir.

Amerikan Test ve Malzemeleri Topluluğu (ASTM), Amerika’da bulunan Ulusal Çatı Müteahhitleri Derneği (NRCA) ve Tek Katlı Çatı Sanayi (SPRI) gibi kuruluşlar yeşil çatı bileşenlerinin yapım standartları ve yöntemleri üzerinde çalışmaktadır. Standartları geliştirmek uzun ve ince bir uğraş gerektirmektedir çünkü yeşil çatı konstrüksiyonu sistemden sisteme ve projeden projeye büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir. Sektörde yeşil çatı konstrüksiyonu için kullanılan temel bileşenler

tanımlıdır fakat rüzgâr ve yangın değişkenleri bir belirsizlik olarak kalmaktadır. Tek Katlı Çatı Sanayi (SPRI) ve Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar (GRHC) Amerika’da zaman aşımına uğramış standartların ve yeşil çatı konstrüksiyon metodlarının geliştirilmesine sponsor olmaktadır. Ayrıca rüzgar ve yangına maruz kalma gibi sorunlar üzerinde de çalışma yapmaktadırlar (Luckett, 2009).

1.5.1 FLL Kılavuzu

Yeşil çatılar hakkındaki en kapsamlı bilgi Peyzaj Gelişimi ve Peyzaj İnşaatı Araştırma Kurumu’nun baş harfleri ile bilinen Almanya’da geliştirilen FLL kılavuzunda mevcuttur (Snodgrass ve McIntyre, 2010). “Yeşil Çatıların Planlanması, Yürütülmesi ve Bakımı için Yönerge”, FLL tarafından üretilmiştir. Almanca olarak yayınlanan kitapçığın en son İngilizce sürümü 2002 yılına dayanmaktadır. Yönerge yeşil çatı sistemlerinin tasarımı, kurulumu ve bahçecilik parametreleri hakkında temel bilgiler sunmaktadır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Yönerge, “yağmursuyu kararları, ortamdaki bitkilendirme gerekliliği, drenaj ve katman gereklilikleri ile ilgili detayları içerir. Yeşil çatı elemanlarının bazılarının test sonuçlarını da verir” (Kabuloğlu Karaosman, b.t, s.3).

Söz konusu yönerge, Kuzey Amerika’da birçok erken yeşil çatı projelerine rehberlik etmiştir. Buradaki birçok öncü kuruluş; yeşil çatıları Almanya’da öğrenmiş ve Alman ekstansif (seyrek) yeşil çatı teknolojisini buraya adapte etmiştir. Bu yöntem Kuzeydoğu, Orta Atlantik ve ABD’nin Büyük Göller bölgesinde oldukça iyi işlemiştir fakat yönergelere iklim koşullarına adapte olabilmeye yardımcı olmak amacıyla bazı esneklikler dahil edilmektedir (Snodgrass ve McIntyre, 2010).

1.5.2 ASTM Standartları

ASTM, 1898 yılında kurulan 100’ü aşkın ülkeden 30.000’in üstünde üyeye sahip, standartlar üzerine çalışan bir kuruluştur. Bu kuruluşun yeşil çatı üzerine yayınlamış olduğu standartlar Alman FLL modeli ile benzerlik göstermektedir.

ASTM standartlarında tanımlanan yöntemler, temel yeşil çatı özelliklerini karşılamak için maksimum ağırlık ve nem tutma potansiyeli gibi ortak bir zemin oluşturulmasından bahsetmektedirler. Bu yöntemler benzer koşullar altında karşılaştırılan kritik malzeme özelliklerini ölçmek için tasarlanmıştır (Green Roof Manual, 2009).

1.5.3 Kuruluşlar

Bu bölümde yeşil çatı ile ilgili araştırmaları olan başlıca kuruluşlardan GRHC (Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar), ASLA (Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu), AIA (Amerikan Mimarlar Enstitüsü), NRCA (Ulusal Çatı Müteahhitleri Derneği), USGBC (A.B.D Yeşil Bina Konseyi) ve IGRA (Uluslararası Yeşil Çatı Derneği) gibi kuruluşlara kısaca yer verilmektedir.

1.5.3.1 GRHC (Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar)

Sanayi ve ticaret grubu Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar; Toronto merkezli olup, yeşil çatı projeleri için bir ödül programı da dahil olmak üzere yıllık konferans düzenlemektedir. Ödülü kazananlar hakkındaki bilgilerle birlikte yeşil çatılar hakkındaki genel bilgiler ve üye firmalar hakkındaki reklamlar, grubun web sitesinde görülebilmektedir. Ayrıca grup eğitim materyalleri satmakta olup son zamanlarda yazılı sınava dayalı bir akreditasyon programı kurmuştur (Snodgrass ve McIntyre, 2010).

1.5.3.2 ASLA (Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu)

Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu, 2006 yılında Washington merkezli bir yeşil çatı kurulumu gerçekleştirmiştir. Çatı; coşkulu ve karmaşık tasarımı ile çoğaltılma ihtimali olmayan bir reklam projesi olarak tasarlanmıştır. Bu proje halkın ziyaretine, tur organizasyonlarına açıktır ve grup kendi internet sitesinde proje hakkında bilgi vermektedir. Birçok insan; peyzaj mimarları, diğer tasarımcılar, hükümet yetkilileri ve meraklı çevreciler de dahil, çatıyı kendi resmi açılışında

ziyaret etmişlerdir. Proje kentin yeşil çatılarını tanıtmak için katkı sağlamaktadır. ASLA yıllık konferansında yeşil çatı turları ve eğitim oturumları gerçekleştirmektedir böylece yeşil çatılar hakkında ayrıntılı bilgiler sunmaktadır. Bazı yeşil çatı proje bilgileri ve yıllık tasarım ödüllерinin sahipleri ile ilgili bilgiler de mevcuttur (Snodgrass ve McIntyre, 2010).

1.5.3.3 AIA (Amerikan Mimarlar Enstitüsü)

Amerikan Mimarlar Enstitüsü'nün sürdürülebilir tasarımla ilgilenen üyeler için Çevre Komitesi uygulama grubu bulunmaktadır. Komite 10 yıldan fazla süredir yıllık olarak en iyi 10 yeşil çatı projesi için ödül sunmaktadır. Kazanan projeler hakkındaki bilgiler, seçim kriterleri de dahil olmak üzere online olarak mevcuttur. Enstitü kendi internet sitesinde yeşil binalar hakkında genel bilgiler sunmaktadır fakat yeşil çatılar için çok az bilgi ve teknik rehberlik sağlamaktadır (Snodgrass ve McIntyre, 2010).

1.5.3.4 NRCA (Ulusal Çatı Mütahhitleri Derneği)

Ulusal Çatı Mütahhitleri Derneği (NRCA); çatılardaki uygulamalar konusunda 100 yıllık bir birikime sahip olup internet sitesinde üyelerine konu ile ilgili geniş kapsamlı bilgilere ulaşabilme olanağı sağlamaktadır.

Ayrıca; konstrüksiyon detayları, bileşen tanımı, montaj için yararlı uygulama detayları ve en iyi uygulamaları içeren 'Vejetatif (gelişme ve beslenme gibi yaşamsal faaliyetleri olan) çatı sistemleri kitapçığı' yayınlamıştır (Snodgrass ve McIntyre, 2010).

1.5.3.5 USGBC (A.B.D Yeşil Bina Konseyi)

A.B.D Yeşil Bina Konseyi, kar amacı gütmeyen, yeşil bina uygulamalarını, teknolojilerini, politikalarını ve standartlarını destekleyen ABD'de bulunan ulusal bir kuruluştur. LEED sertifikası kurallarını belirlemiştir. LEED yeşil binalar için ülkenin en sık kullanılan derecelendirme sistemidir (House, 2009).

Kabuloğlu Karaosman (b.t.) yapmış olduğu araştırmada ABD Yeşil Bina Konseyini “bina sakinleri, devlet kurumları, mimarlar, mühendisler ve bina üretiminde yer alan diğer grupların katılımıyla, 1993’de A.B.D’de ‘Yeşil Bina Konseyi’ oluşturuldu. Amaç, bina endüstrisinde sürdürülebilirliğe doğru bir değişimi teşvik etmektir. ” şeklinde anlatmaktadır (Kabuloğlu Karaosman, bt, s. 5).

1.5.3.6 IGRA (Uluslararası Yeşil Çatı Derneği)

Uluslararası Yeşil Çatı Derneği (IGRA) yeşil çatı konuları ve teknolojileri hakkındaki bilgilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için hizmet veren küresel bir ağıdır. IGRA’nın; sürdürülebilir, bölgesel ve kentsel gelişim için bir araç olarak ekolojik yeşil çatı konseptinin dünya çapında tanıtımı, yeşil çatı alanında uluslararası bilgi transferinin sağlanması ve son olarak güvenilir, iyi örnekli yeşil çatı teknolojisi için uluslararası standartlara katkı sunma gibi başlıca hedefleri bulunmaktadır (Liu, 2004).

1.6 Çatı ve Çatı Sistemleri

Genel olarak bakıldığında çatı, bir binanın mühendislik açısından daha az ele alınan unsurlarından birisidir fakat optimum hizmet performansı sağlamak açısından bina kabuğu için önemli bir bileşendir. Mühendislikte çatı sistemlerinin amacı; su, kar ve rüzgarın binanın içerisine girmemesini sağlamaktır. Çatılar; kışın ve yazın binanın içerisine ısı akışını kısıtlamaktadır. Gelecekteki yağmur, kar ve rüzgar yüklerine karşı dirençli olması düşünülerek tasarlanmaktadır (Lanham, 2007).

Çatı sistemi bileşenlerinin ise kaplama, yalıtım, strüktür ve diğer montaj elemanlarından oluştuğu görülmektedir. Bu elemanlar aşağıdaki Tablo 1.1’de yer aldığı gibi fonksiyonları ve kullanılan malzeme türleri göz önünde bulundurularak incelenmektedir.

Tablo 1. 1 Çatı sistemi bileşenleri ve fonksiyonları

ÇATI BİLEŞENİ	FONKSİYONU	BİLEŞEN ÖRNEĞİ
Kaplama	Kaplama; çatının en dış tarafında dış hava şartlarıyla karşı karşıya kalan bir tabakadır. Kaplama malzemesinin hava şartlarına karşı dirençli bir malzeme olması gerekmektedir.	Kiremit, alüminyum sandviç panel, vs.
Yalıtım	Çatının kurulumu esnasında nem, su, ısı ve ses gibi olayları engellemek için yapılan uygulamalar	Polistiren köpük, cam yünü vs.
Strüktür	“Kaplamanın tespitini ve taşınmasını sağlayan, dolayısıyla açıklığın geçilmesini sağlayan bileşenlerdir” (Kolbay, 2010, s. 13).	Kiriş, makas, kemer vs.
Montaj Elemanları	“Kaplamaı strüktüre bağlayan ve strüktür bileşeninin kendi içinde ve düşey düzlem ile birleşiminde kullanılan birleştirici ürünleridir” (Kolbay, 2010, s. 14).	Çivi, vida, bulon vs.

1.7 Çatı Ekolojisi

Çatı çevre koşulları, zemin seviyesine göre karşılaştırıldığında zorlayıcı koşullardır. Yeşil çatıya uygun bitki seçimi açısından bu koşullar iyi kavranmalıdır. Yeşil çatı tasarım süresince binanın mikro-kliması da göz önünde bulundurulmalıdır. Çatı eğimi, yönü ve çatı gölgeleme elemanlarının varlığı yeşil çatı tasarımında büyük öneme sahiptir.

Yüksek rakımlarda rüzgar hızı artış eğilimindedir. Çatı çevresinde yer alan mevcut binalar ve çatı üzerindeki mekanik donanımların pozisyonları rüzgar hızının artışında etkili olabilmektedir. Rüzgar bir yeşil çatı yetiştirme ortamını kurutarak erozyona sebep olmakta ve bitkilere zarar verebilmektedir.

Çatı ve zemin seviyesi arasında, anlamlı sıcaklık farkları olmaktadır. Bu özellikle güneşe karşı korunaklı olmayan çatılarda oldukça sık gerçekleşmektedir. Kış aylarında yapılan araştırmalar sonucunda, çatı katında bulunan toprak sıcaklığının, zemindekenden 5-10 C⁰ daha fazla olduğu görülmüştür. Bu olay çatıdaki bitkinin

büyümesine yardımcı olmaktadır. Kohler (1990) yaptığı bir araştırmada, çatıdaki ince toprak kalınlığının, zemin üzerindeki derin topraklardan daha kolay donduğunu belirlemiştir. Yaz aylarında ise çatı toprakları zemindekenden ortalama 5 C⁰ daha sıcaktır. Yine Kohler'in araştırmasına göre, tek bir çatıda sıcaklık oldukça değişiklik göstermektedir. Örneğin 12 derece eğim veya daha fazlasına sahip bir çatının, güneye bakan yönündeki toprak 1 C⁰ ila 5 C⁰ daha fazla sıcak olmaktadır.

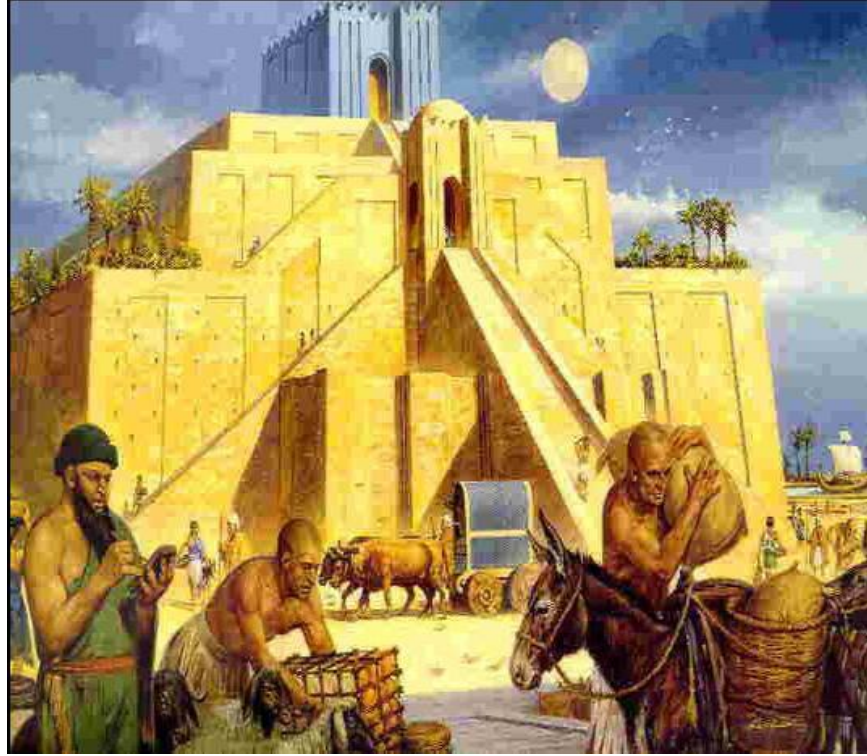
Essen (Almanya)'da, 10 adet yeşil çatıda, yaşları 3 ila 5 arasında ve metrekareleri 300 ila 400 arasında değişen çatılarda bitki ve hayvan yaşamı çeşitliliğini gözlemlemek üzere çalışma yapılmıştır. Boyutuna ve yaşına bakılmaksızın, bu çatılardaki yetiştirme ortamında genişletilmiş kil granülleri ve karışık yerel humus kullanımının gerekli olduğu görülmüştür.

Nem, yeşil çatılar üzerinde yetiştirilen bitkiler için en önemli sınırlayıcı faktörlerden bir tanesidir. İnce yetiştirme ortamı ve kuraklık-suya doygunluk arasındaki sık sık dalgalanmalar nedeniyle bitkiler nem koşullarına uyumlu olarak seçilmelidir. Kullanılan yetiştirme ortamında her türün kök derinliği hesaba katılmalıdır (Cunningham, 2001).

1.8 Yeşil Çatıların Tarihsel Gelişimi

En erken bilinen çatı bahçeciliğinin ipuçlarının M.Ö. 2500 yıllarına kadar uzandığı düşünülmektedir (Cunningham, 2001). İnsan yapımı bahçelere dair bilinen ilk tarihsel referanslar, eski Mezopotamya'da (Irak ile Mısır arasında yer alan medeniyet) yer alan zigurat'lardır (Şekil 1.1). Zigurat'lar taştan yapılan büyük basamaklı piramit kulelerdir, tapınak görevi üstlenmektedir ve aşamalar halinde inşa edilmiştir (Osmundson, 1999). Çatılarında ise bitkilendirme tabakası bulunmaktadır (Cunningham, 2001).

Bu piramidal tümsekler Mısırdaki yer alan piramitlerden çok farklıdır. Dünya ile cennet arasında sembolik özelliği olan bu yapılar, insanların buluşma noktası olarak düşünülüp tasarlanmıştır (Cunningham, 2001).



Şekil 1.1 Ur Ziguratu (Spengen, 2010, s. 2)

Ziguratların ilk iki katı bitümen denilen zift katran ile örtülüdür. Katran bugün de çatı yüzeylerine su yalıtımı yapmak için yapılarda kullanılmaktadır. Çok uygun bir malzeme olup, ağaçlar ve çalı şeklindeki küçük ağaççıklar, bu sayede ziguratin katlarına dikilebilmektedir (Cunningham, 2001).

En gösterişli üne sahip çatı bahçesi (yeşil çatı) Babil'in Asma bahçeleri olarak bilinmektedir (Cunningham, 2001)(Şekil 1.2). Yapı, Mezopotamya Krallığının birkaç yapıtaşından bir tanesidir (Köylü, 1997, s. 6). Tarihçiler Babil'in Asma Bahçelerini, Nebulhadnezar (Babil Kralı)'ın vatan hasreti çeken karısı Amyitis için yaptırdığını öne sürmektedirler. Yapılan araştırmalara göre Kral Nebulhadnezzar M.Ö. 605 yılından itibaren 43 yıl boyunca hüküm sürmüş ve bu ün yapmış Babil'in Asma bahçelerini inşa ettirmiştir. Bu bahçenin Asurlu kraliçesi Semiramis tarafından M.Ö. 810 yılında yaptırıldığına dair spekülasyonlar olsa da, tarihçiler ve arkeologlar yapının Amyitis tarafından yaptırıldığı konusunda hemfikirdedirler (Cunningham, 2001).

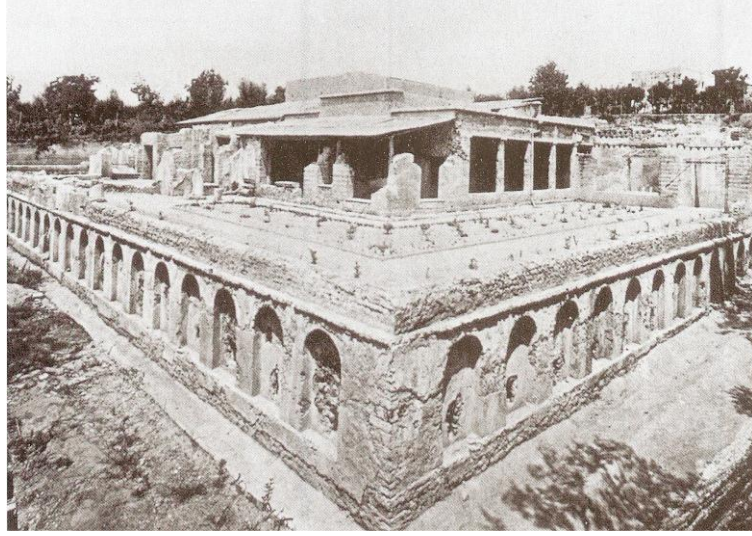


Şekil 1.2 Babil'in Asma Bahçeleri (Spengen, 2010, s. 2)

Babil'de yapılar genellikle tuğla ile yapılmakta ve düz çatılar içermektedir (Köylü, 1997, s. 6). Babil'in Asma Bahçeleri eşsiz bir strüktürdür. Ağır bir şekilde işleyen yarı mekanik sulama sistemiyle Fırat Nehri tarafından sulanmaktadır. Çatı bahçelerinin (yeşil çatıların) tarihine bakıldığında sürekli olarak su sızıntılarını minimuma indirecek tedbirler düşünülmüştür. Mimar Babil, doğal bir asfalt oluşturarak pişmiş tuğladan yapılmış yapıyı neme karşı korumuştur (Cunningham, 2001). Ayrıca yapı toprak ile kaplı olup üzerinde ağaçlar yer almaktadır (Köylü, 1997, s. 6).

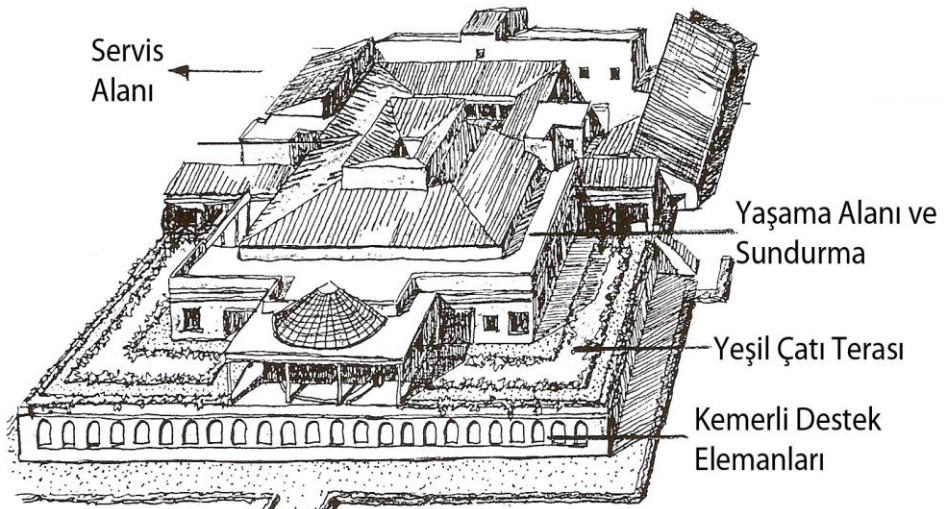
Bugün benzer ayrıntılara sahip çatı bahçeleri (yeşil çatılar) yüksek profilli uluslararası otel, iş merkezleri ve konutlar için tasarlanmıştır. Bu yeşil çatılar derin yetişme ortamı ve bitkilendirmenin çeşitli oluşu nedeniyle yoğun yeşil çatılar olarak bilinmektedir. Geleneksel zemin seviyesindeki bahçe görünümüne sahip olmakla birlikte yoğun nüfuslu kentsel alanlarda yaşam ve eğlence alanını artırabilmektedirler (Oberndorfer ve diğer., 2007).

Roma İmparatorluğu döneminde ise, küçük bireysel çatı bahçelerine (yeşil çatılar) rastlanmaktadır. Milattan sonra 79 yılında Vezüv Yanardağı'nın patlamasıyla, yakınındaki Pompei kasabası volkanik külle kaplanmıştır (Şekil 1.3). O dönemki binalar teraslarıyla birlikte korunmuş olup, bugünün çatı bahçeleri (yeşil çatı) tanımına uymaktadır (Osmundson, 1999).



Şekil 1. 3 Pompei kasabasındaki bir villa görünümü (Osmundson, 1999, s. 114)

Klasik Roma ve Pompei’de yeşil çatılar, kentsel alandaki nüfus yoğunluğuna karşı tepki olarak tasarlanmıştır. Pompei’de dükkan sahipleri asma bitkisi yetiştirerek bu tepkilerini göstermişlerdir (Cunningham, 2001). Pompei’nin kuzey batı kapısı civarında lüks villa kalıntılarına rastlanmaktadır. Bu esrarengiz villaların bir tanesinde, U şeklinde batı, güney ve kuzey çevresi boyunca teras bulunmakta olup, bitkilerin doğrudan toprağın içinde yetiştirildiği tespitine varılmaktadır (Osmundson, 1999) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Villa of the Mysteries, Pompei (Osmundson, 1999, s. 114)

Bu teraslar sıcak havalarda daha çok kullanılmaktadır; üç tarafı da kemerli taş sütunlar tarafından desteklenmektedir (Osmundson, 1999).

14. y.y.'a gelindiğinde Guinigi Kulesi çöze çarpmaktadır. Kule, İtalya'nın Lucca şehrinde yer bulunmaktadır. Benettoni kulesi olarak da bilinen kule, zengin ipek tüccarı Guigini ailesinin yaptırdığı muhteşem evin içindedir (Osmundson, 1999). O dönemde yüksekliği ailenin durumunu temsil eden bir kule inşa ettirmek her türlü zengin aileler için gelenek olmuştur (Travelogue of an Armchair Traveller, b.t).



Şekil 1.5 Guinigis Kulesi (Virtual tourist, b.t)

İtalya'daki bu kule günümüzde halka açıktır, yeşil çatısına ise erişim son zamanlarda eklenen iç merdivenler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Yapıda yer alan meşe ağacı; tuğla yataklarında 61 cm derinlik içerisinde büyümüş ve bir yer altı sulama sistemi ile sulanmaktadır (Osmundson, 1999) (Şekil 1.5).

Rönesans mimarisine baktığımızda, konsol taş balkonlar dış bitkilendirme alanları oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Rönesans Mimarisi Casimo de Medici villasının botanik koleksiyonunun yoğunluğuyla ünlüdür (Cunningham, 2001).



Şekil 1.6 Medici Villası (Ville di Roma, b.t)

Medicci villası bugün halen Avrupa turları içerisinde uğranılan bir güzergah halindedir (Cunningham, 2001). Villa günümüzde sağlık kurumu olarak işlevini sürdürmektedir (Osmundson, 1999) (Şekil 1.6).

İskandinav ülkeleri ve Kuzey Avrupa’da iklimin Orta Asya’ya göre serin ve soğuk olduğu yerlerde, çim malzemeler oldukça yaygındır. Dayanıklı yapı malzemelerinin de mevcut bulunması inşaat yapan kişilere çatıların çim ile kaplanması için olanak sağlamıştır. Çim çatılı konutlar; İzlanda ve İskandinav ülkelerinde 300 yıldan fazla süredir yer almaktadır. Tanzania’da çim çatılar konutları sıcak havaya karşı serinletmede kullanılmaktadır (Cunningham, 2001).

1600’den 1800’lü yıllara kadar Norveçliler çatıda, toprağı yalıtım sağlaması için tercih etmişler ve toprağı yerinde tutması için de otlar ve diğer türleri kullanmışlardır (Magill, 2011).

Rusya’nın çatı bahçesi (yeşil çatı) ile tanışması, Kremlin tasarımıyla gerçekleşmiştir (Cunningham, 2001). 17. y. y’ da Kremlin Sarayının çatısına iki

kademeli yeşil çatı kurulumu gerçekleşmiştir. Çarlık Rusya'sında çatı bahçeleri soylular tarafından bir lüks belirtisi olarak kabul edilmektedir (Osmundson, 1999).

Betonun 1800'lü yıllarda çatılarda kullanımının gelişmesiyle teras çatılı binalar, Avrupa ve Amerika'daki büyük şehirlerde gelişim göstermiştir. 1867 Paris'teki Dünya fuarında bitkili beton 'doğal çatı' kullanımı, yeşil çatıların batı Avrupa da birkaç projede kullanıldığını gözler önüne sermektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

“1867 Paris Dünya Sergisi çatı peyzajı tasarımında bir dönüm noktası oluşturmuştur. Carl Rabbitz adlı bir yapımcı Berlin'deki evinin üstüne düşündüğü çatı bahçesinin alçıdan bir modelini bu vesileyle sergilemiş ve tüm dünyada büyük yankılar uyandırmıştır” (Ekşi, 2006, s. 6).

Le Corbusier ve Frank Lloyd Wright da tasarımlarında yeşil çatılara yer veren mimarlar arasında oldukça ünlülerdir (Cunningham, 2001). 1920'li yıllarda Mimar Le Corbusier belki de yeşil çatıları o zamana kadar en sistematik bir biçimde kullanan mimar olarak görülmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008)(Şekil 1.7).



Şekil 1.7 Villa Savoye (Ivar Hagendoorn, b.t)

“Le Corbusier, yüksek binaların hemen yakınlarında dinlenme için daha çok açık alana imkan verdiklerini ve ayrıca düz çatıların bahçe gibi kullanılabilmelerine olanak tanıdıkları şeklindeki görüşü ile çatı peyzajının gelişimine katkıda bulunmuştur. Bu dönemin örneklerinden biri yakın zamanda restore edilmiş olan Poissy’deki Villa Savoye’dir.” (Ercan, 1992, s. 10).

Wright ise, modern tasarımın bir unsuru olarak çatı peyzajını geliştirmiştir (Cunningham, 2001). Yeşil mimarlık kavramının savunucusu Frank Lloyd Wright binanın sert hatlarının bitkiler ile yumuşatılabileceği fikriyle ünlenmiş bir tasarımcıdır (Köylü, 1997, s. 8).

Yeşil çatı araştırmalarının ekolojik ve çevresel bir akım hareketi olarak tanınması, Almanya’da 1950’li yılların başında başlamıştır. Daha sonra 1960’lardaki çalışmalarda teknikler ve bitkilerin çatıda ince yetiştirme ortamında büyümesinin pratikleşmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. 1960’ların sonlarından itibaren toplumun genel kültürüne zıt bazı yöntemler denenmeye başlanmıştır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

1970’lerin başında Almanya’da çatı yeşillendirmesi üzerine birkaç kitap ve makale yayınlanmış olup, bunlar yeşil çatı fikrini desteklemek için mimarlar ve tasarımcıları cesaretlendirerek çalışmalara önemli katkı sağlamıştır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Yeşil çatıların 1970’li yıllarda enerji korunumu sağlaması ve yağmursuyu akışını minimize etme gibi faydaları yapılan araştırmalar neticesinde görülmüştür. Yine 1960’larda ve 1970’lerde, Almanya ve İsviçre gibi batı ülkelerinde bitkilerin binaya entegre edilmesi için yeni yollar denenmiştir. Teras evler inşa edilerek, eğimli bir arazide bir evin çatısı öbür evin bahçesi olacak şekilde konut yapımı gerçekleştirilmiştir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Gerçek modern yeşil çatılar; üreticiler, peyzaj mimarları ve üniversite araştırmacıları tarafından 1970’li yılların başında Almanya’da tanıtılmıştır. Avrupa pazarında yeşil çatıların kabul görmesi 1980’lere dayanmaktadır (Velazquez, 2005).

1970’lerin ortalarından itibaren, ekstansif (seyrek) ve intansif (yoğun) yeşil çatı tarzlarının ayrımından bu yana, ekstansif (seyrek) çatı yeşillendirmesi; araştırmaların odak noktası olmuştur. Önemli bir gelişme 1977 yılında FLL (Peyzaj Gelişimi ve Peyzaj İnşaatı Araştırma Kurumu)’nun kurulmasıdır. Alman tabanlı olan bu kuruluş peyzaj yapım araştırmaları için merkezi niteliktedir, teknik tanımlar ve endüstri çapında standartların belirlenmesinde görev almaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

1980’lerde Avusturyalı mimar ve sanatçı Friedensreich Hundertwasser’ ın etkili bir yeşil çatı örneği, kendi ismini taşıyan HundertwasserHaus’ta görülmektedir (Şekil 1.8).



Şekil 1.8 Hundertwasser Haus (Image shack, b.t)

Proje 900 ton toprak, 250 adet ağaç ve çalıdan oluşmaktadır. Hundertwasser'ın rengarenk ve akıllamaz tarzı 1960-1970'lerin toplumda kabul gören genel çatı kültürüne aykırı bir nitelik taşımaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Almanya'da yeşil çatı endüstrisi 1980'lerde hızla genişlemiş olup yılda %15-20 gibi bir büyüme oranı yakalamıştır. 1989 yılına kadar Almanya'da 1 milyon metre kare yeşil çatı kurulumu gerçekleşmiştir. 1996 yılına kadar bu rakam 10 milyon metrekare rakamına ulaşmıştır. Bu dikkate değer büyüme devlet mevzuatı ve yerel yönetimler tarafından teşvik edilerek, çatının metrekare başına 35-40 Alman markı hibe yapılmasını sağlamıştır. Diğer Avrupa ülkeleri de benzer türde destek politikası benimsemişlerdir. Avrupa'da hükümet politikası ve program desteği sonucunda, yeni yeşil çatı sektöründe bitki ve malzeme tedarikçileri, tesisatçılar ve bakım ekipleri oluşturulmuştur. Almanya, Fransa, Avusturya, Norveç, İsviçre ve diğer Avrupa devletlerinde yeşil çatılar; inşaat sanayi ve kentsel peyzajda yaygın olarak kabul gören bir özellik haline gelmiştir. Avrupa'nın erken yeşil çatı araştırmalarının büyük bir bölümü Almanya, İsviçre ve İskandinavya gibi ülkelerde görülmektedir (Magill, 2011).

ABD'de ise yeşil çatılar son zamanlarda popülerlik kazanmaktadır. Kuzey Amerika, yeşil çatı sektöründe kendi kurallarını geliştirmeye çalışmaktadır. FLL kurallarına benzer dökümanlar günümüzde Kuzey Amerika sektörü için de mevcuttur. Kuzey Amerika'da yeşil çatılar için yapısal yükleri, geçirgenlik (drenaj ve yeşil çatı yetiştirme ortamı), bitki seçimi ve bakımı gibi gereksinimleri de dahil olmak üzere birçok tasarım özelliklerini açıklayan ASTM standartları yayınlamıştır. Kuzey Amerika'da çeşitli üniversitelerde araştırmalar yapılmakta olup, bunlar Michigan Eyalet Üniversitesi, Southern Illinois Üniversitesi, Penn Eyalet Üniversitesi, Kolombiya Koleji, Kansas Eyalet Üniversitesi ve diğerleridir. Bu üniversiteler tarafından yapılan araştırmalar yeşil çatılar için Kuzey Amerika'da standartlar yaratacak olup literatüre ekleneceklerdir (Magill, 2011).

BÖLÜM İKİ

YEŞİL ÇATILAR VE FAYDALARI

Önceki bölümde yeşil çatılar ile ilgili bazı temel kavramların tanımlanması, yeşil çatı standartları, yeşil çatı konusunda araştırma geliştirme yapan kuruluşlar ve yeşil çatıların tarihsel süreç içerisindeki gelişimi hakkındaki bilgilere kısaca yer verilmiştir. Bu bölümde ise yeşil çatı kavramı ve çeşitleri detaylı bir şekilde incelenmekte, sağlamış olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar alt başlıklar halinde sunulmaktadır.

2.1 Yeşil Çatılar

Yeşil çatılar, basit olarak tanımlanacak olursa binanın tepesindeki bitki örtüsü olarak tanımlanabilmektedir. Bu bilimsel olmayan halk arasında söylenen bir terim olarak kabul edilebilir. Daha bilimsel bir tanımlama yapacak olursak yeşil çatıları şu şekilde tanımlamak mümkün olabilmektedir; ekolojik çatı, yaşayan çatı, kahverengi çatı, çatı bahçesi ve yeşil çatı olarak daha belirgin bir tanımlama yapılabilir. Bu terimler zaman zaman birbirinin yerine kullanılabilmektedir.



Şekil 2. 1 Walter Reed Community Center, Arlington, VA (Novaregion, b.t)

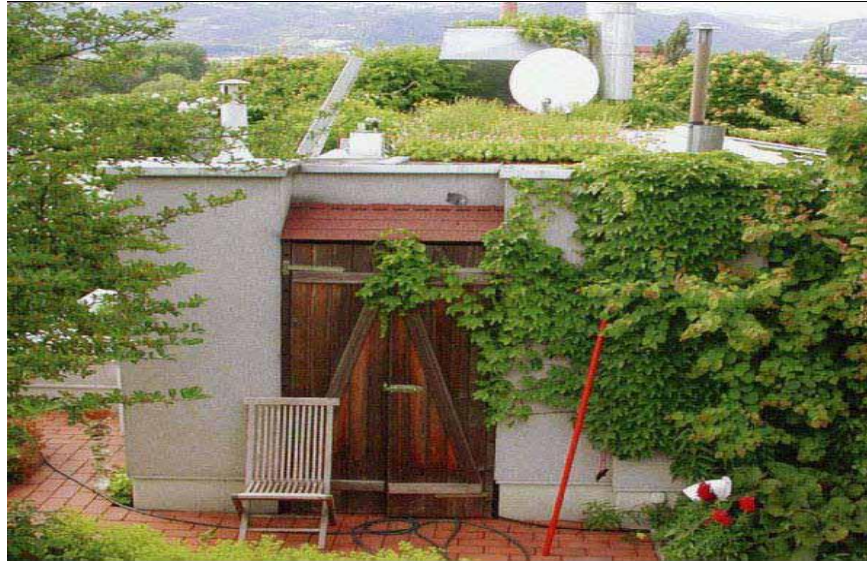
Ekolojik çatı ve yaşayan çatı terimleri genellikle batı Amerika Birleşik Devletlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 2.1). Kahverengi çatılar ise İngiltere’de

sıkça kullanılan bir terimdir. Bunlara ek olarak çatı bahçesi en eski ve ortak terim olarak, insan ikamesi için düşünülmüş ve tasarlanmış bir boşluk alan olarak tanımlanabilmektedir.

Çoğunlukla yeşil çatı teriminin kullanımı su geçirmez membran tabakasıyla kaplanmış çatı olarak bilinmektedir. Üzerine ise toprak ve bitkilendirme yerleştirilerek çevreye en iyi şekilde fayda sağlanması amaçlanmaktadır (Coffman, 2007).

Pehlevan ve diğer. (2010) yeşil çatıyı şöyle tanımlıyor “zeminde ya da çoğunlukla zemin seviyesinin üzerinde yer alan herhangi bir yapıya ait az eğimli ya da eğimli çatıda özel malzeme ve teknikler yardımıyla gerçekleştirilen az ya da çok bakım gerektiren birçok işleme sahip açık yeşil mekan düzenlemelerine yeşil çatı adı verilmektedir.”(Pehlevan ve diğer., 2010, s. 114).

Forbes (2010)’e göre yeşil çatı, yapıda strüktürel döşeme kaplaması üzerinde inşa edilen şemsiye görevi üstlenen sürdürülebilir bir sistemdir (Forbes, 2010)(Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Casa Baurtrager, Linz, Austria (Wheeler ve diğer., 2010)

Osmundson’a göre çatı bahçeleri (yeşil çatılar) bir bina veya herhangi bir yapı ile yerden ayrılan, çevreye ve insanlara hoşluk sağlamayı amaçlayan ekili açık alandır.

Zemin seviyesinde, zemine göre daha alt seviyede veya çatı gibi yüksek kotlarda olabilir (Osmundson, 1999).



Şekil 2. 3 Dubai’de bir yeşil çatı projesi (Green Roof Manual, 2009)

Yukarıdaki tanımlamalar doğrultusunda, yeşil çatılar yapı üstünde veya herhangi bir kotta (yükseklikte) bünyesinde bitki ve alt katmanlarını barındıran çok tabakalı bir sistemdir (Şekil 2.3). Bitki çeşitliliği açısından bakıldığında ise yetişme ortamı derinliğine göre farklılaşmaktadır.

2.2 Yeşil Çatı Çeşitleri

Yeşil çatılar mevcut bir çatı üzerine sonradan ya da yeni çatı sistemleri üzerine kurulmaktadır (DDC, 2007). Yeşil çatıların iki temel kullanımı bulunmaktadır. Birincisi; estetik, eğlence ve sosyal faydaları olan işlevsel bir çatı bahçesi, İkincisi ise; flora ve fauna için yaşam ortamı oluşturur. Şehir içinde, doğal yaşam için alternatif sunmaktadır; bu bağlamda kentin estetiğine katkıda bulunabilir veya bulunmayabilir (Green Roof Manual, 2009).

Yeşil çatılar genellikle başta yetişme ortamının derinliği, bitki türleri, ekili yüzey alanı ve dikey yükler göz önünde bulundurulduğunda ekstansif (seyrek), intansif

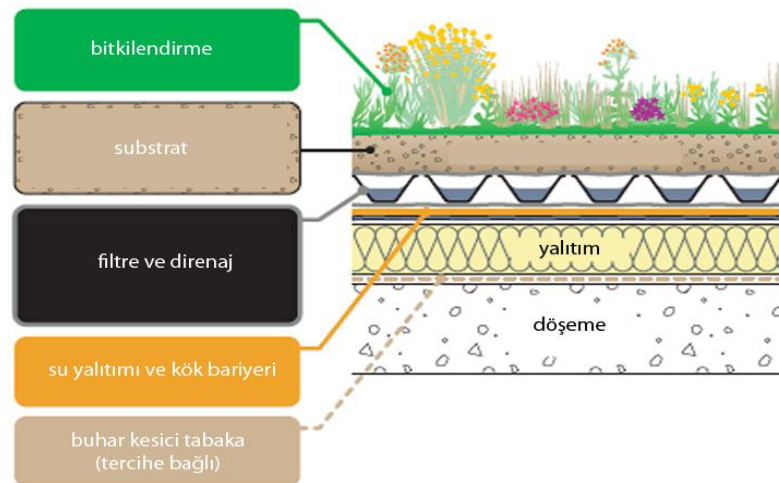
(yoğun) ve yarı intansif yeşil çatılar olarak 3 grupta incelenebilirler (Lanham, 2007). Aşağıda yer alan başlıklarda bunlar detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

2.2.1 Ekstansif (seyrek) yeşil çatılar

Ekstansif; genellikle çok sığ derinliğe sahip toprak veya büyüme ortamından oluşan bir sistemi tanımlamak için kullanılan kelimedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Ekstansif (seyrek) yeşil çatı, sulama gerektirmeyen çatı yüzeyinde kendi sürdürülebilirliğini sağlayan çatıdaki doğal bir örtüdür (Alcazar, 2004).

Ekstansif (seyrek) yeşil çatı ideal olarak doğal drenaj özelliklerini sağlamak için çatı en az % 1,5-2 eğimli olmalıdır. 40 derece eğimli çatılar olsa da, genellikle ekstansif (seyrek) yeşil çatıların 30 dereceye kadar kurulumu gerçekleştirilebilir. Kuvvetli rüzgara maruz kalan ve 15 dereceden fazla eğimi olan çatılar; bir erozyon kontrol ağı ile (jüt veya diğer doğal biyolojik elyaf şeklinde) kurulum esnasında korunmalıdır (Velazquez, 2005).

Ekstansif (seyrek) yeşil çatılar ayrıca güneş radyasyonu, hava ile ilgili genleşme ve daralmaya karşı çatının çeşitli hasarlara maruz kalmasını önleyerek çatının ömrünü uzatmaktadır (Alvarado ve diğer., 2007).



Şekil 2.4 Ekstansif (seyrek) yeşil çatı profili (Guide to green roofs, 2011)

Ekstansif (seyrek) yeşil çatılar; birtakım tabakaları bünyesinde barındırması nedeniyle genellikle ‘tabakalı sistem’ olarak da bilinmektedir. Genel bir profilini anlatacak olursak aşağıdan yukarıya doğru, su yalıtım membranı, kök bariyeri, drenaj ve filtre tabakası, substrat (yetiştirme ortamı) ve bitkilendirme içermektedir (Şekil 2.4).

Yeşil çatı malzemesi satıcıları bu sıralamayı malzemeye bağlı olarak değiştirebilmektedir. Projenin bulunduğu iklim durumuna göre bazı değişiklikler olabilmektedir, fakat çoğunlukla ekstansif (seyrek) yeşil çatılar bu düzende yapılmaktadır. İstisna olarak modüler bitkilendirilmiş kap şeklindeki birimler, yan yana konularak da sistem üretilebilmektedir (Vanwoert, 2004). Bu tip yeşil çatıların 2,5 cm ile 15,2 cm arasında değişen kalınlıkları olmakla birlikte, sıklıkla inorganik madde içeren ince bir tabakası bulunmaktadır (Cantor, 2008). Yeşil çatıların en hafif türlerinden bir tanesidir (Lennep ve diğer., 2008).

Tipik bir ekstansif (seyrek) yeşil çatının yetiştirme tabakası mineral tabanlı toprak karışımı, ezilmiş tuğla kırıntısı, bataklık kömürü (turba), organik madde ve topraktan oluşmaktadır (Cunningham, 2001). Ortalama olarak suya doymuş ağırlığı $48,8 \text{ kg/m}^2$ ile $170,9 \text{ kg/m}^2$ arasında değişim göstermektedir (Clark, 2008).



Şekil 2.5 Ekstansif Yeşil Çatı on the Cook + Fox offices, New York (Beitz, 2011)

Ekstansif (seyrek) yeşil çatılar nadiren sulanmakta ve minimum bakım gerektirmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Düz veya eğimli tasarlanabilmektedir (Waldbaum, 2008). Yapım ve bakım açısından intansif (yoğun) yeşil çatıya göre daha ucuzdur (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Bu yeşil çatı çeşidi genellikle hiçbir ek yapısal desteğin istenmediği durumlarda kullanılmaktadır. Bakım çalışmaları dışında genellikle erişilebilir değildir (Waldbaum, 2008). İnsanların düzenli kullanımı açısından uygun bir çatı türü olduğu söylenemez (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Kuraklığa karşı oldukça toleranslı olduğu görülmektedir (Lanham, 2007).

Ekstansif (seyrek) çatıların, intansif (yoğun) çatılara göre çevreye katkıları daha fazladır (Dinsdale ve diğer., 2006). Sistemdeki malzemelerin kesit yüksekliği oldukça düşük seviyede tasarlanarak mütevazı derecede termal ve hidrolojik fayda sağlanmaktadır (Ting Au, 2007).

Bu yeşil çatıda bitki türleri, her bir projenin özel çevre ve hava koşulları dikkate alınarak seçilmektedir. Bu bitkilerin başarılı bir şekilde gelişmesi için de çatı tasarımında çok az değişiklik yapılmaktadır (Alcazar, 2004). Ekstansif (seyrek) yeşil çatıdaki bitkiler, çim, ot ve özlü bitkilerden oluşur. Örnek; sedum ve kır çiçekleri gibi (Lanham, 2007). Bu tür çatılarda sınırlı substrat (yetiştirme ortamı) ve çatı yüzeyinin olağanüstü hava koşulları yüzünden, sedumlar uygun ve sık kullanılan bitkilerdir. Su tutma özelliklerinin olması, kısa olmaları, yatayda gelişmesi onları yeşil çatılar için uygun bir seçenek olarak sunmaktadır (Clark, 2008). Bitki boylarının düşük olması nedeniyle rüzgar ve don gibi hava şartlarından daha fazla etkilenirler (Dinsdale ve diğer., 2006).

Düşük yoğunluklu (seyrek) yeşillendirme sistemlerinin çok az bakım gerektirmesi, bakım ihtiyacı olmadığı anlamına gelmemektedir. Bitki örtüsünün sağlığı için düzenli olarak yabancı bitkilerin temizlenmesi ve gerektiği takdirde gübre ile örtünün (bitki örtüsü) beslenmesi gerekebilmektedir. Bu tip bitki

örtülerinde genelde sulamaya ihtiyaç duyulmasa da, yeni kurulan sistemlerde bitki örtüsüne destek için kurak dönemlerde sulama yapılmalıdır (Bauder, b.t., s.5).

Ekstansif yeşil çatıların sağlamış olduğu belli başlı avantajlar bulunmaktadır, bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

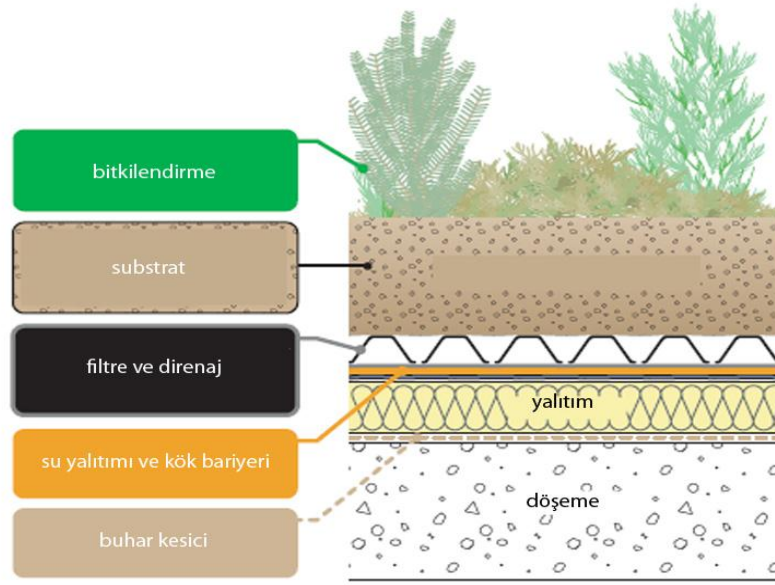
- Yüğü hafif olduğundan dolayı çatının herhangi bir güçlendirmeye ihtiyacı yoktur.
- Büyük alanlar için tercih edilen bir sistemdir.
- 0 ila 30° arasında eğime sahip çatılar için tercih edilen sistemdir.
- Düşük bakım gerektirmektedir ve intansif (yoğun) çatılara göre daha ucuzdur.
- Sık sık sulama ve direnaj sistemi gerektirmez.
- İntansif (yoğun) yeşil çatılara göre nispeten düşük derecede teknik uzmanlık gerektiren bir sistemdir.
- Bitki kendiliğinden gelişip büyüebilmesi açısından kendi haline bırakılabilir.
- Müşteri istekleri doğrultusunda planlaması daha kolaydır.

Avantajları olduğu kadar bazı dezavantajları da mevcuttur. Sistemdeki bitki seçiminin sınırlı olması, rekreasyon alanları için pek tercih edilmemesi, yağmursuyu tutma açısından yeterli olmaması ve yalıtım seviyesinin düşük seviyede gerçekleşmesi ekstansif (seyrek) yeşil çatıların dezavantajları arasında sıralamak mümkündür.

Avantaj ve dezavantajlarının yanı sıra ekstansif (seyrek) yeşil çatı konstrüksiyonu ile ilgili teknik problemler de görmemezlikten gelinemez. Ekstansif (seyrek) yeşil çatıda yaşam koşullarının oldukça sert olması sebebiyle substrat (yetişme ortamı) tabakasının tasarımı ve ağırlığa dikkat edilmelidir. Zaman zaman çatı membranlarının sağlamlığı da kuşku uyandırabilmektedir. Çatı membranlarının daha sağlam ve uzun ömürlü olmasına özen gösterilmelidir (Cunningham, 2001).

2.2.2 İntansif (yoğun) Yeşil Çatılar

İntansif; daha fazla çeşitlilik ve bitki türleri için olanak sağlayan, büyük bir yetiştirme ortamı veya toprak derinliğine sahip sistemleri tanımlamakta kullanılmaktadır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). İntansif yeşil çatılar, yüksek ısı ve yağmur suyu depolamaya karşı tasarlanmış yüksek kesitli bir yeşil çatı sistemleridir (Ting Au, 2007)(Şekil 2.6).



Şekil 2.6 İntansif (yoğun) yeşil çatı profili (Guide to Green Roofs, 2011)

Bu tip çatılar eski tarz çatı bahçelerine benzemektedir. (Dunnett ve Kinsbury, 2008). Fonksiyonel açıdan bakıldığında genellikle insanlar için rekreasyon alanları yaratmada tercih edilmektedir (Alcazar, 2004). Bu sistemler genellikle bina için mimari ve estetik özellikleri sağlamak amacıyla kullanılır. İntansif yeşil çatılar ağırlıklı olarak yeni inşaa edilen binalarda tercih edilmekte, binaya yüklemiş olduğu ek yükler tasarım aşamasında belirlenerek tasarım şekillendirilebilmektedir (Lanham, 2007).

Yetiştirme ortamı derinliği en az 15 cm civarındadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Derin toprak tabakası nedeniyle, intansif yeşil çatıların ağırlığı $244,1 \text{ kg/m}^2$ ile $1464,7 \text{ kg/m}^2$ arasında değişim göstermektedir (Clark, 2008).

Bu tür çatıların bakımı, uzun süreli ve emek isteyen bir uğraş gerektirmektedir (Cunningham, 2001). Genellikle insanlar için erişilebilir olması amaçlandığından, bakımının iyi yapılması gerekmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Daha pahalı olmalarına rağmen, intansif yeşil çatılar şehir sakinlerine sınırsız fayda sağlamakla birlikte hoş alanlar kazandırmaktadır (Cunningham, 2001)(Şekil 2.7).



Şekil 2.7 İntansif bir yeşil çatı örneği Waldspirale'in üstünden bir görünüm, Darmstadt, Almanya'da bir konut yapı kompleksi (Ni, 2009)

Strüktür ve peyzaj kontrolüne de zaman zaman gereksinim duyulmaktadır (Ting Au, 2007). Çatıda kullanılacak malzeme miktarı artabileceği için, çatı bahçesi kısmı, ekstra yüklere karşı koyabilmelidir (Alcazar, 2004). Yeterli yapısal destek sağlandığı takdirde ağaçlar, pergoleler, heykeller vb. çeşitli unsurla dar çatıya eklenebilmektedir (Cantor, 2008). İntansif yeşil çatılar için sulama sisteminin ayrıca düşünülmesi gerekmektedir (Ting Au, 2007).

Bu çeşit bir yeşil çatı sistemi, bitki çeşitliliği açısından parkları andırmaktadır (Ting Au, 2007). İntansif yeşil çatıların bitki malzemeleri ekstansif yeşil çatıya göre daha çeşitlidir. Çünkü bu tip yeşil çatılar daha fazla yüksekliğe ve kök derinliğine sahiptirler (Cantor, 2008). Buna ek olarak, derin bir yetiştirme ortamının oluşturulmasıyla bitki çeşitliliği ağaçlar, çiçekler çalılar da kapsayarak, daha

kompleks bir ekosistem oluşturulabilmektedir (Ting Au, 2007). Çeşitliliğin fazla olması sulama ve bakımın daha yoğun düzeyde olmasını gerektirmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Aynı zamanda mahsul yetiştirmek için de kullanılabilirler (Waldbaum, 2008). Artan bitki çeşitliliği değişik hayvanların bulunabileceği doğal bir ortam oluşturmaya da katkı sağlar, estetik ve peyzaj açısından da olumlu yönleri bulunmaktadır (Ting Au, 2007). İntansif çatılarda seçilen bitkiler görsel açıdan oldukça çekicidir. Doğal olarak günlük insan ziyaretleri fazladır (Dinsdale ve diğer., 2006).

Ekstansif'te olduğu gibi intansif (yoğun) yeşil çatıların da bazı avantajları bulunmaktadır, bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Bitki çeşitliliği açısından oldukça elverişlidir.
- Yalıtım özellikleri açısından oldukça iyidir.
- Görsel açıdan bakıldığında muazzam düzeyde çekicilik yaratmaktadır.
- Adeta sistemi toprak zeminmiş gibi gösterme özelliği bulunmaktadır (toprağa benzetme)
- Çatının çeşitli amaçlarla kullanımına olanak sunmaktadır (Cunningham, 2001).
- Daha fazla yağmursuyu tutmaktadır (Dinsdale ve diğer., 2006).
- Çatı membranı ömrünün uzun olmasına olanak sağlamaktadır (Ting Au, 2007).

İntansif yeşil çatıların bazı dezavantajları da bulunmaktadır, bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Çatıya yük açısından bakıldığında ağırlık getirmektedir.
- Sulama ve direnaj sistemleri gerektirmektedir.
- Maliyet açısından düşünüldüğünde yüksek maliyetlidir.
- Karışık bir sistem olmakla birlikte uzmanlık gerektirmektedir (Cunningham, 2001).
- Oldukça fazla bakım gerektirmektedir (Dinsdale ve diğer., 2006).

2.2.3 Yarı-İntansif (yarı-yoğun) Yeşil Çatılar

Yarı intansif (yarı-yoğun) yeşil çatılar; ekstansif ve intansif yeşil çatının karışımıyla oluşturulan sistemlerdir (Lanham, 2007). Yarı intansif yeşil çatılar geleneksel ekstansif çatılara göre biraz daha fazla yüzey derinliği sağlamaktadır (Wheeler ve diğer., 2010).

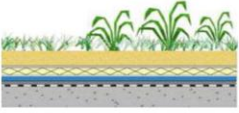
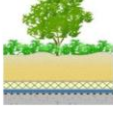
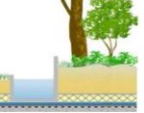
Ekstansif yeşil çatıya göre daha fazla bitki çeşitliliği bulunmaktadır fakat toprak derinliği ağaç veya büyük çalılar barındırmak için yeterli değildir (DDC, 2007)(Şekil 2.8). Bu demek oluyor ki mimar veya peyzaj tasarımcısı, ekstansife göre yeşil çatı tasarımında daha esnek davranabilmektedir. Çatıdaki bitki örtüsü seçimi ayrıca önemli olup, bu; çatının ne kadar sıklıkla bakım gerektireceğini bilmek açısından önemlidir. Yarı intansif yeşil çatılar, diğer yeşil çatılarda olduğu gibi binaya ekstra yük getirmektedir (Wheeler ve diğer., 2010). Bu sistem yapının bir bölgesinde fazla yük artışının mümkün olabileceği (düşünüldüğü) yerlerde uygulanmaktadırlar. Yaygınlığı ise oldukça azdır bu yüzden tam anlamıyla tartışılmamıştır (Lanham, 2007).



Şekil 2.8 ASLA yeşil çatısı (Wheeler ve diğer., 2010)

İncelenen ekstansif (seyrek), intansif (yoğun) ve yarı-intansif (yarı-yoğun) yeşil çatı çeşitlerinin belirlenen kriterler doğrultusunda karşılaştırılması Tablo 2.1’de yapılmaktadır.

Tablo 2.1 Yeşil Çatı çeşitlerinin Karşılaştırılması

			
ÖZELLİK	Ekstansif (seyrek) yeşil çatı	Yarı-intansif yeşil çatı	İntansif (yoğun) yeşil çatı
Kullanım Amacı	Fonksiyonel olarak; Ekolojik koruma tabakası	-	Fonksiyonel ve estetik olarak; artan yaşam alanı park, bahçe vs.
Erişilebilirlik	Erişilmez (bakım için erişim sağlanabilir)	Kısmen erişilebilir olabilir	Daima erişilebilir
Bakım	Minimal seviyede	Periyodik bakım gerekmektedir	Değişkenlik göstermektedir, fakat genelde yüksek seviye
Maliyet	Düşük seviyede	Orta seviyede	Yüksek seviyede
Yapı strüktürel gereksinimi	Yük varolan strüktür tarafından taşınabilir	-	Ekstra strüktürel destek gereklidir
Sulama	Düşük seviyede	-	Yüksek seviyede
Suya doymuş ağırlık	48,8-170,9 kg/m ²	170,9-244,1 kg/m ²	244,1-1464,7 kg/m ²
Bitki çeşitliliği	Düşük seviyede (zemin örtücü türler ve çimenler, alpin çeşitleri, sulu özlü bitkiler, otlar, bazı çimlen ve yosunlar)	Orta seviyede (Zemin örtücü türler, çimenler ve çalılar)	Yüksek seviyede (Çim veya çok yıllık bitkiler, çalılar ve ağaçlar)
Yetiştirme ortamı derinliği	15,24 cm veya daha az	15,24 cm'in %25 üstü veya %25 altı yükseklikte	15,24 cm'den daha fazla

2.3 Yeşil Çatıların İşlevleri ve Faydaları

Bu bölümde yeşil çatıların çeşitli açılardan sağlamış olduğu faydalar maddeler halinde incelenmektedir.

Dünyada iklim değişikliği algısı bir gerçeklik olarak kabul edilmiştir, nitekim bunun belirtilerini günümüzde gözlemlemekteyiz. Bu noktada yeşil çatılara önemli görevler düşmektedir. Yeşil çatılar; şiddetli yağmur ve sel olayları, yüksek kent sıcaklıkları ve atmosfer kirliliği gibi iklim değişikliğine neden olan olaylar sonucunda çözüm adresi olarak akıllara gelmektedir. Tabi ki yeşil çatılar bu sorunların çözümü için tek başına yeterli değildir (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Fakat ölçülebilir faydalar sunmaktadır. En çok su akış problemlerinin azaltılması hatta ortadan kaldırılması konusunda faydalıdır. Kuzey Carolina Üniversitesi'nde

yağmur suyu yönetimi ile ilgili güncel araştırmalar sürmektedir. Örneğin 10 cm kalınlığında bir substrata (yetiştirme ortamı) sahip bir yeşil çatının, yağmur suyunun % 60'ını tuttuğu tespit edilmiştir (Snodgrass, 2006).

Yeşil çatılar ve diğer yeşil alanlar; estetik ve pratik yararlar da sunmaktadırlar. Bitki örtüsü; kuşlar ve böcekler için yaşam ortamı sağlar, karbondioksiti ve diğer kirliliği çeker, havayı arındırır, oksijen üretir, buharlaşma yoluyla havaya serinlik katar. İngiltere’de ekolojik çatılar siyah kızılkuyruk gibi kuş türleri için çok kalabalık alanlarda yaşam ortamı sağlamak üzere tasarlanmışlardır. Binaların çevreye yararlı uygulamaları arasında yer alan yeşil çatılar, insanlar üzerinde de olumlu bir etkiye sahiptir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Schwab Rehabilitation Roof Garden, Chicago (Stater, bt.)

GREEN ROOF FOR HEALTY CITIES (Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar) verilerine göre, şehirlerin % 75'i geçirimsiz yüzeylerle kaplıdır. Çatılar bunun önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Açık arazilerin hızlı kaybolması nedeniyle geçirimsiz yüzeyler artmıştır. Toprak yüzeyinin su emme miktarı azaltıldığı için yağmur suyu akış problemleri ile karşı karşıya kalınmaktadır. Otomobil, kamyon, fabrikalardan gelen ve gaz konsantrasyonu fazla olan bölgelerde, bitki yaprakları kirliliği emerek hava kalitesine katkıda bulunur. Bitki örtüsü eksikliği olan yerlerde

ise kirlilik, bina yüzeylerinde tabakalar halinde hissedilmektedir. Yeşil çatıların ömrünü ise çatı membranı ile koruyarak uzatabiliriz. Bu uzun vadede çatı maliyetini azaltır ve aşırı sıcaklık dalgalanmalarından korur. Planlamada 30-40 yıllık bir yeşil çatı ömrü Almanya’da yaygındır. Bir yeşil çatı; mühendislik ve kurulum maliyetleri açısından geleneksel çatının yaklaşık olarak iki katına mal olabilmektedir fakat uzun vadede ısıtma veya serinletme maliyetlerinden sağladığı tasarruf düşünüldüğünde çatı zaman içerisinde ilk başta neden olduğu maliyeti fazlasıyla geri kazandıracaktır (Snodgrass, 2006).

2.3.1 Çevresel ve Ekolojik Faydaları

2.3.1.1 Biyo-çeşitlilik ve Yaşam Ortamı (Habitat)

Kentsel alanlarda biyolojik çeşitlilik insan psikolojisini önemli ölçüde etkilemektedir. Biyolojik çeşitliliğin oluşturduğu güzel görüntüler, vatandaşların günlük streslerini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Köylü, 1997). Günümüzde kentsel alanlarda biyolojik çeşitlilik giderek yaşam alanlarının dışına sıkıştırılmaktadır. Bu noktada yeşil çatılar kentsel biyolojik çeşitliliğin artırılması için daha büyük bir planın parçası olabilmektedir. Yeşil çatılar, yağmur ormanları yada sulak alan gibi doğal ortamların ekolojik değerini alamaz,fakat istatistik verilere göre yeşil çatıların biyo-çeşitliliği dünya çapında kabul görmektedir (Thomas, 2003).



Şekil 2.10 Ford Motor Company River Rouge Plant Yeşil çatısı.
(Yudelson, 2007)

Kentsel gelişim, insan toplulukları için cansız somut bir ortam oluşturmaktadır. Bu ortamın doğal çevre üzerinde yıkıcı etkisi olmaktadır. Yeşil çatılar; kuşlar, böcekler, doğal bitkiler ve nadir bulunan veya tehlike altındaki türler için yaşam alanı sağlayabilmektedir (Metro Vancouver, 2009). Yeşil çatıların biyolojik çeşitliliği sadece hayvan yaşantısına özgü değildir, bitki yaşantısı da, yeşil çatı tipine bağlı olarak çeşitlilik gösterebilmektedir. Sedum bitkileri en sık kullanılan bitkiler iken diğer bitki çeşitleri ancak toprak derinliği ve yüzey tipine bağlı olarak kullanılabilmektedir (Sihau, 2009).

Yeşil çatılar doğal özelliklere sahip bir alan üzerinde gerçekleştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bir bina inşa edilirken ekolojik yıkımlara neden olabilmektedir. Bu yüzden yeşil çatılar bize yapmış olduğumuz bu yıkımın telafisini zemin kotunda değil de inşa edilen yapının çatısında gerçekleştirmemiz açısından önemli imkanlar sağlamaktadır. Bir bakıma zeminde yeşil bir alanı yapı için kullanıp, çatıda ise bir yeşil çatı üreterek bu ekolojik yıkımı bir nebze olsun azaltmak mümkün olmaktadır. Yani yeşil çatılar zemindeki ekolojiyi çatıya taşımaktır denilebilir.

J. P. Grime (2001)'nin; Bitki Stratejileri, Bitkilendirme Yöntemleri ve Ekosistem Seçenekleri' kitabında belirttiği üzere nispeten verimsiz çorak doğal ortamlar geniş bitki türlerini desteklemektedir çünkü güçlü, agresif bitkilerin verimli toprakları bulması, gelişmesi ve hüküm sürmesi zor olduğundan daha az verimli topraklarda yaşamlarını sağlamaktadırlar. Böylece çoğu bitki türü daha az verimli doğal ortamlarda yeşil çatıda olduğu gibi bir arada yaşayabilmektedir. Şunu da belirtmek gerekir ki, oldukça fazla bitki çeşidinin bulunduğu ortamlar hayvan çeşitliliğinin artmasına yol açabilmektedir (Learned, 2007).

2.3.1.2 Yağmursuyu Yönetimi

Kentsel gelişim; asfalt yollar ve çatıların artış göstermesine sebep olmakta sonrasında ise kentsel alanların hidrolojisinde değişiklikler yaratmaktadır (Metro Vancouver, 2009). Yağmurun; toprakla kaplı bitkilendirilmiş bir ortam ile sert yapılaşmış yüzeyi etkilemesi oldukça farklı olmaktadır (Learned, 2007). Geçirimsiz

bir yüzey yağmur suyunu absorbe edemez. Su kapalı yüzeylerden akar ve yer altı içme suyunu azaltır. Aşırı yağış ve yağmursuyu ise kanal kapasitelerini aşarak taşkın olasılığını artırır, bunun sonucunda ise maddi hasarlara neden olabilmektedir (Getter, 2006).

Kentsel alanlarda geçirimsiz yüzeylerin % 40' ları aştığı noktada yeşil çatılar, yağmursuyu akışı azaltılmasında aktif bir role sahip olmaktadır. Yeşil çatı üzerine yapılan birçok araştırmanın içeriği, genellikle yağmursuyu yönetimi üzerine olmaktadır (Torres, 2010).

Yeşil çatılar sayesinde geçirimsiz çatı yüzeylerini geçirimli hale getirmek mümkün olabilmektedir. Yeşil çatı suyu emer ve yavaş yavaş bırakır, suyun bir kısmı ise bitki örtüsü tarafından tutularak buharlaşma yoluyla atmosfere bırakılmaktadır. Kalan su, çatı drenajı ile sistemden uzaklaşmaktadır (Metro Vancouver, 2009).

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 2.11 Geleneksel çatı ve yeşil çatı yağmur suyu akış kıyaslaması (Green roof manual - how to replace your dead roof with a living landscape., 2005)

Yağmur suyu tutma oranları; yağmur şiddetine, belirli bir zamanda birim yağış miktarına, süreye, yeşil çatı yetiştirme ortamı derinliğine ve yağmurun hangi mevsimde yağdığına bağlı olarak değişim göstermektedir (Şekil 2.11). Genellikle küçük ölçekli yağışlarda yağmur suyu yeterince emilirken, büyük ölçekli yağmur yağışında yetiştirme ortamının su emme kapasitesi aşılar ve yağmur suyu akışına neden olur (Forbes, 2010).

Toprak ve bitki örtüsü; ağır metaller, organik maddeler ve pek çok su kirleticisi madde için etkili bir filtrasyon yöntemi olarak kabul edilmektedir. Su yeşil çatı süzgecinden geçtikten sonra; kiremit, metal veya asfalt çatıdan akacağı konuma göre daha temiz hale gelmektedir (Thomas, 2003)(Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Ekstansif bir yeşil çatıda drenaj (Lennep ve diğer., 2008)

2.3.1.3 Hava Kirliliği Emme ve Filtreleme

Yeşil çatıların fayda sağladığı konulardan bir tanesi de hava kirliliğini emme ve filtreleme özelliğinin bulunmasıdır. Kabuloğlu Karaosman (bt.) yapmış olduğu araştırmada hava kirliliğinden şu şekilde bahsetmektedir;

Şehirlerdeki kirliliğin bir bölümü endüstri ve trafikten kaynaklanan egzoz dumanındaki nitrojen bileşikleridir. Bu birleşikler, bitkiler tarafından yakalanabilir ve besin olarak kullanılır. Bununla beraber eğer yeryüzü bitkileri bunların tamamının yutulma şansını vermezse, fazlalıklar yıkanarak suyollarına, akıntılara ve en sonunda da göllere ve denizlere karışır (Kabuloğlu Karaosman, bt, s. 5).

Partikül maddelerin (özellikle dizel motorlu araçlardan çıkan) artan solunum hastalıkları ve solunum gücünü ile bağlantılı olduğu görülmektedir. Sıcak, güneşli günlerde üretilen ozon, sisin ana ağırlaştırıcı bir bileşenidir. Ozon ve partiküller artan ölüm oranlarını etkilemektedir. Örneğin İngiltere’de, hava kirliliği sonucu prematüre ölümlerin sayısı yılda 24000’leri bulabilmektedir. Kentsel alanlardaki bitki örtüsü ise havadaki ince partikülleri filtrelemektedir. Havadaki bu maddeler bitkilerin yaprak ve kök yüzeyleri üzerine yerleşmektedir. Sonrasında ise yağmursuyu hareketi yoluyla yıkanarak toprağa geçer ya da bitki yüzeyleri üzerinde kalabilmektedir. Yeşillikler dokularında iyon tutucu malzemeler bulunması sebebiyle gaz kirliliklerini de absorbe edebilmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

2.3.1.4 Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması

Isı adası etkisi; kent ve çevresindeki bölgeler arasındaki sıcaklık farkı olarak tanımlanmaktadır. Bu sıcaklık farklılıklarının zaman zaman hissedilebilir seviyelere kadar ulaştığı görülmektedir.

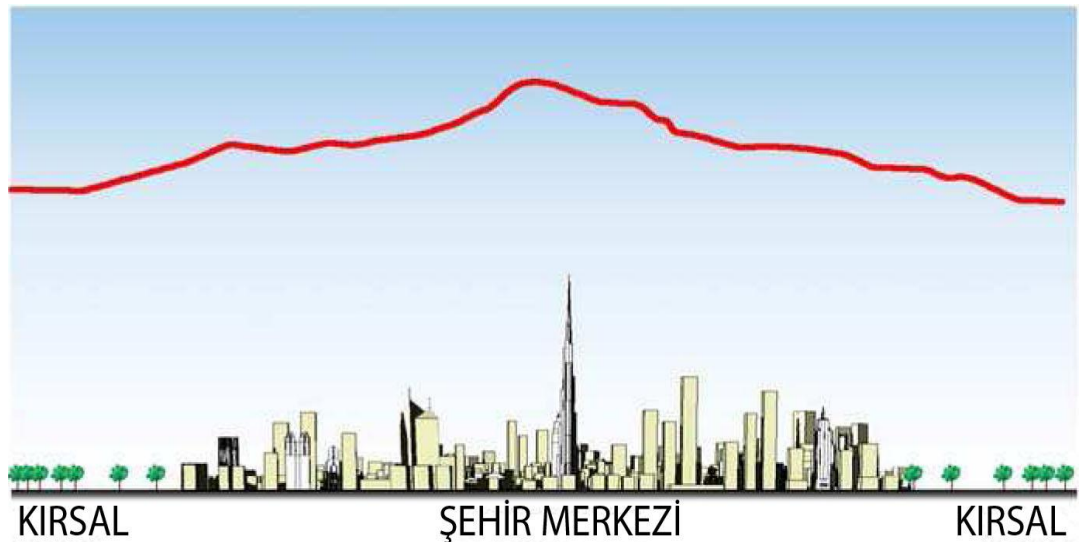
Kentlerdeki ısı adası etkisi; 1900’lerin başından bu yana yapılan bazı çalışmalarla gözlemlenmiştir. Bu fenomene katkı sağlayan çeşitli faktörler bulunmaktadır. Kentsel alanlarda sert yüzeylerin oldukça fazla olması, rüzgar yollarının engellenmesi, araba ve klima sistemleri tarafından yayılan ısı gibi faktörler ısı adasına etki etmektedir.

De la Flor ve Dominguez binaların sert yüzeylerinin kentsel ısı adası üzerine etkisini sözde Kanyon Caddesi modeli ile analiz etmiştir. Yaptıkları çalışma

sonucunda; yüzey sıcaklığının artmasıyla sert yüzeylerin güneş radyasyonunu emdiği görülmüş, yüzey ve hava arasında en fazla 35 C⁰ sıcaklık farkı olduğunu raporlarında belirtmişlerdir (Alcazar, 2004).

Şehirlerde hava sıcaklığının artışı, çeşitli nedenlerden dolayı kentsel ölçekte çevre sorunlarından biri haline gelmiştir (Alcazar, 2004). Bina yoğunluğundaki artış ve şehirlerdeki kaldırımlar (asfalt, döşeme vs.), hava akımı kısıtlaması ve artan partikül yoğunluğu sebebiyle yüksek gece sıcaklıkları, nem artışı ve özellikle de belirli bir kentsel iklim oluşmasına sebep olmaktadır. Yüksek sıcaklıklar sis oluşumu olasılığını artırmaktadır. Bununla bağlantılı olarak astım riskini artırmakta ve diğer solunum problemlerine yol açabilmektedir. Sonuç olarak kentsel hava sıcaklıklarının, çevredeki kırsal kesime göre sıcaklıkları önemli ölçüde yüksek olabilmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008)(Şekil 2.13).

Isı adası ilk olarak şehirler üzerinde atmosfer istikrarsızlığı oluşturmakta, yağış ve güçlü gök gürültülerine zemin hazırlamaktadır. Sonrasında, yaz döneminde soğutma için enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. En son olarak ise kentte hava kirliliğinin düzeyinin yükselmesine bağlı olarak kentteki hava kalitesini azaltmaktadır (Alcazar, 2004).



Şekil 2.13 Kentsel Isı Adası Etkisi –Sıcaklık Profili (Green Roof Manual, 2009)

Kentsel bitkilendirmenin ana fonksiyonu, bitki örtüsünün buharlaşma sürecini güçlendirerek ısı enerjisini kullanmak böylece genel bir serinletme sağlamaktır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Yeşilliklerle hava sıcaklığının azaltılabileceği ve ısı adası etkisinin iyileştirilebileceği de genel olarak gözlemlenmiştir. Bitkiler sert yüzeyler için gölgeleme sağlayarak yüzey sıcaklıklarını azaltmaktadır (Alcazar, 2004). Bitki örtüsü; siyah ya da sert yüzeylerden gece yayılan ısı miktarını azaltarak kentsel gece sıcaklıklarının azalmasına da katkı sağlamaktadır. Ayrıca bitkiler konvansiyonel çatı ürünlerine göre; güneş radyasyonunu yansıtmakta ve ısı emilimini azaltmaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Yeşil çatılar yazın gündüz saatlerinde ısıyı emebilir, nem seviyesini düzenleyerek yakın çevresindeki sıcaklığın azaltılmasını sağlamaktadır. Kış aylarında ya da geceleri; bitkilerden depolanmış ısı enerjisi serbest bırakılması gerçekleşmektedir. Böylece yeşil çatılar kentsel alanlarda sıcaklık farkını azaltarak kentsel ısı adası etkisini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Kanada’da Ulusal Araştırma Konseyi tarafından son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda; Toronto’nun çatılarının % 6’sı yeşil çatıya dönüştürülerek yaz sıcaklıklarında önemli bir düşüş sağlandığı görülmüştür (Ting Au, 2007).

2.3.1.5 Karbondioksit ve Oksijen Değişimi

Fotosentez; karbondioksit, su ve güneş radyasyonunu oksijen ve glikoza dönüştüren bir süreçtir. Yeşil bitkiler içerisinde gerçekleşir. İnsanlar ve hayvanlar karbondioksit üretirken, bitkilerin hayatta kalmak için bu karbondioksite ihtiyacı vardır (Thomas, 2003).

Carpenter ve Walker’ın belirttiği gibi, bitkiler; oksijen kaynağı açısından en iyi bilinenlerdir ve dünya atmosferinde doğal filtre gibi davranmaktadır. Şehirlerdeki fosil yakıtların yüksek tüketimi nedeniyle, kükürt dioksit 4-9 kat, karbon monoksit 24 kat, karbondioksit ise 9 kat daha fazladır. Şehir merkezindeki toz parçacıkları, aynı şehirde bir parkta bulunandan (toz parçası) 5 kat daha fazladır. Bu oranlar bitki örtüsü aracılığıyla azaltılabilmektedir. Çatı bahçeleri ile kentlerde yeşil alanların

miktarının arttırılması, kent merkezinde toz parçacıklarının miktarını azaltmaktadır (Köylü, 1997). Yeşil çatılar atmosfere oksijen vererek, şehirlerin hava kalitesine katkıda bulunmaktadır.

Kabuloğlu Karaosman yeşil çatı bitkilerinin karbondioksit ve oksijen değişimine etkisini şu şekilde anlatmaktadır;

Yeşil çatı bitkileri, diğer bitkiler gibi solunumları için karbondioksit kullanırlar ve bundan dolayı kirlilikteki negatif etkileri azaltırlar. En iyi olanlar bir yılda çok fazla biogaz üreten yüksek verimli bitkilerdir. Ekstansif çatılar çok fazla üretemezler, fakat intansif olanlar bunu yapabilir. Bu durumda, şehir çatı üstlerinin geniş yüzeyleri bitkilendirilerek kullanıldığı zaman küçük bir ekstra avantaj kazanılmış olabilir (Kabuloğlu Karaosman, bt. s. 5).

Tüm bu anlatılanlar göz önünde bulundurulduğunda, yeşil çatıların büyük ölçekli projelendirilmesi halinde karbondioksit ve oksijen değişimi konusunda çevreye sağladığı faydaların göz ardı edilemeyecek derecede yüksek olduğu görülmektedir.

2.3.1.6 Ses Yalıtımı

Yeşil çatılar ile sadece mikro-klima kontrol edilmekle kalmaz, aynı zamanda ses kontrolü de sağlanabilmektedir. Binaların çevresindeki yeşillikler rüzgar hızını azaltarak ses dalgalarını emmektedir. Yeşil ve toprağın çatıda oluşturduğu gözenekli tabaka, bitkiler arasından ses dalgalarını yutmaktadır böylece çatı bir ses yalıtım tabakası görevi üstlenmektedir (Alcazar, 2004).

Toprak kombinasyonu, bitki ve yeşil çatı sistemi içindeki katmanlar bir ses yalıtım bariyeri olarak birlikte hareket etmektedir. Ses dalgaları emilir, yansır veya yön değiştirir. Ses yalıtım miktarı; kullanılan sistem ve yüzey derinliğine bağlıdır. 12 cm kalınlığındaki bir substratın (yetişme ortamı) sesi 40dB ve 20 cm kalınlığındaki bir susbtratın ise sesi 46-50 dB arasında azaltabildiği yapılan araştırmalarda görülmüştür (Green roofs - benefits and cost implications, 2004).

Seçer Kariptaş (2010) bir araştırmasında yeşil çatıların ses yalıtımına olan katkısından şu şekilde bahsetmektedir “Yeşil atılar, kentlerde binalardan ve kaldırım yüzeylerinden yansıyan gürültüyü çim örtüsü sayesinde içine alarak, sesleri yansıtmak yerine sesleri azaltıcı etki sağlar.” (Seçer Kariptaş, 2010, s. 211).

Yeşil çatıda bulunan toprak tabakasının sesi izole ettiği ülkemizde yapılan çeşitli araştırmalarla da gözlemlenmiştir. Aksoy ve diğer.(2010) toprak tabakasının bu özelliğini şu şekilde anlatmaktadır “atı bahçelerinde bitkisel düzenleme için kullanılan toprak ve bitki materyalinin kendisi ses yutuculuk özelliğine sahiptir. Bu nedenle hem bina içinde hem de bina yakın çevresinde meydana gelen gürültüyü azaltma işlevi vardır.” (Aksoy ve diğer., 2010, s. 202).

Uçurum (2007)’un yapmış olduğu araştırmada ise “yeşilliklerle kaplanan yüzeylerin yansıttıkları ses miktarı, diğer çatı yüzeylerine göre 3dB daha düşüktür. Ayrıca atıdan yapı içine etki eden gürültü de 8dB’e kadar azaltılabilir. Bu husus, hava limanları, otoyollar gibi gürültülü bölgelerin yakınında bulunan yapılar için önemli yarar sağlar.” şeklinde bahsedilmektedir (Uçurum, 2007, s.32). Bu araştırmalar neticesinde yeşil çatılardaki toprak yksekliliğin ses yalıtımı ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılabilmektedir.

2.3.2 Sosyal Faydaları

Kentsel yapıların sert nitelikleri; çeşitli dokular ve yeşil yapraklarla yumuşatılabilmektedir. Yeşil atılar ekoloji, estetik ve rekreasyon alanları açısından şehirlere büyük katkı sağlamaktadır. Böylece şehirlerde gerçekleştirilecek aktiviteler için daha fazla yer sağlanması yardımcı olmaktadır (Köylü, 1997). Yeşil atıların hoşluk değerlerinin yükse olması müşteri ve tüketicilerinin artmasında oldukça etkilidir (Learned, 2007).

Bu bölümde yeşil çatıların sosyal açıdan sağladığı faydalar başlıklar halinde incelenmektedir.

2.3.2.1 Estetik Değeri

Çatıların genel olarak bakıldığında kentlerdeki en atıl alanlar arasında yer aldığı görülmektedir. Yapıların çatıları, yeşil çatı yapılarak değerlendirildiğinde şehir sakinlerine ihtiyaç duydukları dinleme alanları sağladığı, kuşlar böcekler için yaşam alanları sağladığı ve binanın estetik değerine katkıda bulunduğu görülecektir.

Aşkadar (bt.) yeşil çatıların estetik açıdan sağlamış olduğu faydayı şu şekilde anlatıyor “çatı bahçelerinin oluşturulmasıyla, özellikle turizm, ofis, eğitim ve sağlık yapılarında kullanıcılara farklı ve özel dinlenme mekanları yaratılarak verimliliğin artması, sosyal ilişkileri geliştirmesi, çevresel estetik değerlerin yükseltilmesi mümkün olmaktadır. Buna bağlı olarak, yapıların ekonomik değerinin yükseldiği ve tercih edilirliğinin arttığı gözlenmiştir.” (Aşkadar, b.t, s.18-19)(Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Fukuoka Belediye binası (Green roof guidelines, b.t)

Bitki gölgeleri; kaldırımlar ve duvarlar üzerinde güzel desenler yapmaktadır. Bu olay dünyanın dönmesiyle her saat başı değişim göstermektedir. Açıkçası benzersiz bir animasyon bitkiler tarafından bize sunulmaktadır (Köylü, 1997).

Çatıların, binanın tasarım aşamasında yeşil çatı olarak düşünülmesi halinde binaya estetik açıdan katlı sağlayan bir araç olarak değerlendirilmesi ve tasarımda sağlayacağı avantajların tasarımcı tarafından göz önünde bulundurulması yerinde olacaktır.

2.3.2.2 Eğlence ve Fonksiyonel Açık Alan Yaratılması

Kentsel yapı yoğunluğunun kaçınılmaz artışıyla sürdürülebilir rekreasyon alanlarının teşvik edilmesi gerekmektedir (Thomas, 2003). Yeşil çatılar; kent ve çevresine rekreasyon alanları sağlamada önemli bir rol üstlenmektedir. Özellikle yoğunluğun fazla olduğu ve yeşil alanların sınırlı olduğu bölgelerde bu rol oldukça fazla görülmektedir. Barbekü, yemek yeme, güneşlenme, egzersiz, golf gibi birçok aktivite rekreasyon alanlarındaki yeşil alanlarda gerçekleşmektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Yeşil çatıda günlük bir aktivite (ASLA, b.t)

İçinde bulunulan ortamın bu fonksiyonlara göre düzenlemesi yapılabilir. Çatıda ise yeşil bir alana sahip olunmasının avantajı, binanın yüksekliği ve çevresine bağlıdır. Bina eğer yüksek ise zemin düzleminde yer alan yeşil alandan daha fazla güneş ışığına maruz kalabilmektedir. Yoğun bir kent yapılaşmasının içinde ve etrafında yüksek binalar varsa bu binalar tarafından gölgelendirilir (Learned, 2007).

İnsanlara stresli zamanlarda yardımcı olmak ve stressiz bir biçimde ihtiyaçlarının karşılanmasında; park ve bahçe gibi doğal ortamlarda gerçekleştirilen boş zaman etkinliklerinin çok önemli bir yeri olduğu yapılan araştırmalar neticesinde görülmüştür. Yeşil çatılar ve düşey bahçeler kentsel alanlarda yeşil alan eksikliğini gidermek için de yardımcı olabilmektedir. Kentsel yeşil alan eksikliği nedeniyle zaman zaman kent sakinlerinin, ilk fırsatta kır evi veya varoşlara yöneldiği görülmektedir. Birçok kent sakini, çatı ve bina duvarlarının şehirler için kullanılmayan büyük bir kaynak olduğunu düşünmektedir. Çatı ve duvar alanını kullanmak için yeni yollar bulmak, ekonomik ivme üretebilmekte ve erişilebilir açık rekreasyon alanlarına önem verilerek şehirlerin daha fazla duyarlı hale getirilmesi sağlanabilmektedir (Peck ve Callaghan, 1999)(Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Louisa Residential Complex, Portland (Stater, bt.)

2.3.2.3 Sağlık ve Tedavi Değeri

Bahçeler keyifli mekanlardır ve insan sağlığı açısından önemli faydalar sağlamaktadır. Yapılan araştırmalara göre; ağaçlar ve bitkilere bakarak strese azalma olmaktadır, kan basıncı düşmektedir, kaslardaki gerginlik rahatlamakta böylelikle pozitif duygular artmaktadır. Ağaçlar, çalılar, otlar ve çiçeklerle iç içe

olmanın insan sağılığı için faydalı olduğına dair işaretler antik kentlerdeki bahçe tasarımlarında da görölmektedir.

Pensilvanya’da 1984’de yapılan bir araştırmada cerrahi hastalıkların ameliyat sonrası iyileşmede, doğal manzaranın etkileri araştırılmıştır. Aynı hastanede safra kesesinden ameliyat geçiren hastalardan oluşan iki grup iki tür odaya yerleştirilmiştir. Bir oda tuğla duvarlı bir yüzeye bakarken diğeri çevre düzenlemesi olan bir avluya bakmaktadır. Şaşırtıcı bir çalışmadır ki; bu sert kısa operasyon sonrası hemşireler avluya bakan hastalardan daha az olumsuz şikayet almışlar ve ağrıkesici ilaç kullanmışlardır. Araştırmalar göstermiştir ki, hastane binaları yeşil çatılar için heyecan verici bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca hastanın doğal alan görüşü üzerine daha fazla düşünölmesi ve araştırma yapılmasını gerekli kılmaktadır (Thomas, 2003).



Şekil 2.17 Çatı şifa bahçesi, St Luke Enternasyonel Hastanesi, Tokyo (Hopkins ve diğ., 2011)

Daha fazla araştırma yapılması; yeşil çatıların, toplumu korumak ve sigorta şirketlerinin harcamalarını azaltmak için faydalarını ortaya çıkarabilecektir (Thomas, 2003).

Yüksek yoğunluklu alanlarda yaşayan insanların, yaşadıkları yerlerde balkon veya teras bahçe bulunmaktaysa hastalıklara karşı daha az duyarlı olabilmektedirler. Bu

bitkiler tarafından sağlanan oksijen, hava filtreleri ve nem kontrolü nedeniyle önem arz etmektedir. Parklardaki ağaçlar, hava partiküllerini hemen hemen % 85'e kadar filtrelemektedir. Seslerin çeşitliliği, bitkiler tarafından sağlanan renk, hareket ve kokular ölçülebilir olmamasına rağmen insan sağlığına önemli katkılar sağlayabilmektedir (Peck ve Callaghan, 1999).

Koç ve diğer. (2010) yeşil alanların insan sağlığı üzerine olan etkisini şu şekilde anlatıyor “Günlük olağan trafikten kaynaklanan gürültünün yapılardan ve kaldırım gibi sert yüzeylerden yansıması insanların psikolojik sağlığı ve huzuru için bir tehliktir. Açık alanlar, yeşil doğal çevreler, insanların streslerini azaltır ve insanların psikolojik sağlıkları üzerinde olumlu etkilere sahiptir” (Koç ve Gültekin, 2010, s.179).

2.3.3 Ekonomik Faydaları

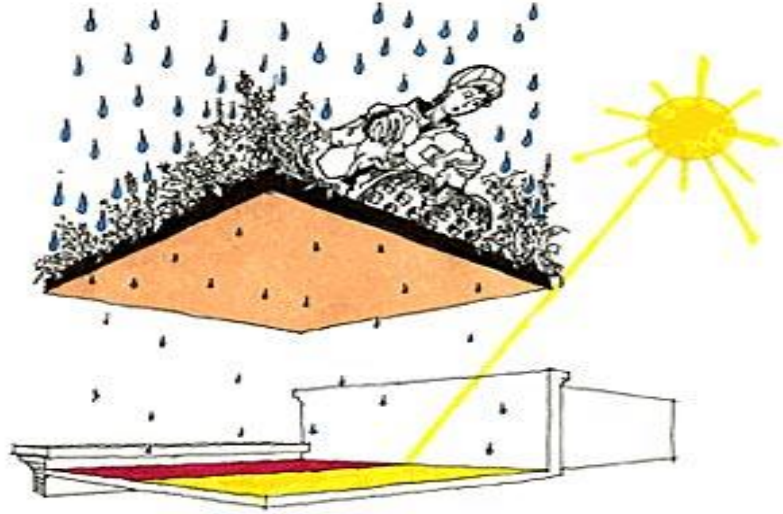
Geleneksel bir çatı sistemiyle karşılaştırıldığında yeşil çatı kurulum maliyetinin oldukça masraflı olduğu görülmektedir. Başarılı yeni teknolojiler başlangıçta kullanıldığı vakit pahalı olabilmektedir, fakat teknolojinin gelişimiyle üretim verimli olup talep artmakta, bu da maliyetin düşmesine yardımcı olmaktadır. Teknoloji ve üretimin gelişmesiyle yeşil çatı uygulama maliyeti düşmektedir. Yeşil çatı kurulumları genellikle pahalıdır fakat uzun süre dayanabilmektedir. Kişiyeye veya kamuya; çevresel ve ekonomik faydalar sağlamaktadır (Learned, 2007). Bu bölümde yeşil çatıların ekonomik açıdan sağlamış olduğu faydalar maddeler halinde incelenmektedir.

2.3.3.1 Çatı Ömrü Uzatıcı Etkisi

İnsanlar yeşil çatı fikriyle karşılaştıklarında, endişe duydukları ilk konu yeşil çatıların normal çatıya göre daha fazla su kaçağı riskine maruz kaldığıdır. Ancak konstrüksiyon uygun bir biçimde yapılırsa, yeşil çatıların ömrü geleneksel çatılara göre oldukça uzun olabilmektedir böylece hissedilebilir düzeyde maliyet faydası sağlamaktadır. Çünkü yeşil çatılar su yalıtım membranını korumaktadır. Avrupalı

araştırmacılar yeşil çatıların, çatı membranının yaşam süresini iki katıda çıkardığını tespit etmişlerdir. Çatının yaşam ömrünün iki katına çıkarılması bir de hangi sistemin kurulduğuna bağlıdır tespitinde bulunmuşlardır. Başlangıçta yeşil çatıların kurulumu oldukça pahalı görünmesine rağmen, çatının yaşam döngü maliyeti hesaplanırsa uzun vadede görülecektir ki yeşil çatılar klasik çatılardan daha az masraf gerektirmektedir.

Ultraviyole radyasyonu geleneksel çatı konstrüksiyonunda ziftli malzemenin kimyasal yapısını etkileyerek mekanik özelliğini düşürmektedir. Korunmasız haldeki çatı membranı, güneş radyasyonunu gün boyunca absorbe ederek çatı sıcaklığının yükselmesine neden olur ve sonra akşama doğru serinler (Şekil 2.18). Sıcaklığın boyutu membranın rengine bağlı olarak artış göstermektedir. Açık renkli membranlar serinlik sağlamaktadır çünkü güneş radyasyonunu siyah renk gibi absorbe etmek yerine yansıtma özelliğine sahiptir. Günlük sıcaklık dalgalanmaları membranda termal stres (basınç) oluşturmaktadır, bu olay membranın uzun dönemli performansını, kabiliyetini ve binayı su sızıntısına karşı korumayı etkilemektedir.



Şekil 2.18 Ultra viyole ışınları absorbe edilmekte (Dinsdale ve diğer., 2006)

Donma ve çözülme olayları malzemelerde dağılma, parçalanma, çatlaklar, tabakalara ayrılma ve parçalanmalar gibi sonuçları doğurmaktadır. Ek olarak geleneksel çatıların bakımı aşamasında işçiler de çatı trafiği nedeniyle çatıya zarar verebilmektedir. Çatı sıcaklığının daima sabit olması; çatının uzun ömürlü olmasını, onarım ve değişim gerektirmemesini sağlamaktadır. Birçok çalışma göstermektedir

ki, korunmasız (açıkta bırakılan) çatılar, yeşil çatılara oranla yüksek sıcaklıklara daha fazla maruz kalmaktadır.

Alman araştırmacıların göre, yeşil çatılarda sıcaklık değişimindeki düşüş ağırlıklı olarak çatıda kullanılan bitkilendirme çeşidine bağlıdır. Bitki tabakası yüksekliği ve bitki çeşitliliği açısından fazla olan bir yeşil çatının oldukça fazla izolasyon yapma kabiliyeti vardır (Learned, 2007).

2.3.3.2 Yalıtım ve Enerji Verimliliği

Günümüzde enerji tüketiminin artmasıyla yalıtım ve enerji verimliliği gibi konuların önem kazandığı görülmektedir. Yeşil çatıların önemli ekonomik faydalarından biri de, binada enerji tasarrufu sağlama potansiyellerinin oldukça yüksek olmasıdır.

Del Barrio yapmış olduğu analizinde, yeşil çatıların serinletme potansiyeli açısından, sanki bir yalıtım cihazı gibi davrandığı sonucuna varmıştır. Binalarda ısıtma ve serinletme maliyeti yeşil çatı sistemi kullanılarak aşırı derecede düşük olabilmektedir. Substrat (yetişme ortamı) ve bitki tabakaları yalıtım görevi gerçekleştirerek binanın yazları serin kalmasını sağlarken, kışların ise ılık olarak geçirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Cunningham, 2001).

Seçer Kariptaş (2010) yeşil çatıların enerji verimliliği etkisinden şu şekilde bahsediyor “kış mevsiminde toprak tabakası ek bir yalıtım sağlayarak binaların ısıtma gereksinimini azaltır. Yaz mevsiminde ise çok fazla yükselen çatı sıcaklığını önleyerek, binanın hem iç çevresini hem de dış çevresini doğrudan etkiler” (Seçer Kariptaş, 2010, s. 2).

Kabuloğlu Karaosman (b.t) “tek bir ağacın gölgesi ile bile, birkaç derecelik daha düşük sıcaklık sağlanabilir. Ve soğutma etkisi geceleri çoğalır, böylece ertesi gün onların daha fazla ısı biriktirmesine izin verirler.” şeklinde açıklama yaparak

bitkilerin enerji verimliliğine katkısını vurgulamaktadır (Kabuloğlu Karaosman, b.t, s. 4).

Del Barrio'ya göre ise hafif substrat (yetiştirme ortamı) oldukça fazla su tutabilmektedir böylelikle bina genelinde termal iletkenliği azaltarak termal verimliliği artırmaktadır. Yeşil çatı sistemleri, klasik çatı sistemlerinden % 10 oranında daha fazla verimlilik sağlamaktadır (Cunningham, 2001).

2.3.3.3 Kentsel Tarım

Aşırı yoğunluklu kent ve şehirlerin baskısı zemin kotunda yeşil alan isteği ile bizleri karşı karşıya bırakmaktadır. Bahçe alanları kentsel alanlardaki aşırı yoğunluklu binalardan dolayı oldukça sınırlı seviyededir. Bu yüzden yeşil çatılar kent sakinlerine, bahçeleri sevme ve yiyecek üretme konusunda güvenli ve önemli fırsatlar sunmaktadır (Learned, 2007).



Şekil 2.19 Kentsel tarım eğitim bahçesi, Denver (Tolderlund, 2010)

Özel olarak tasarlanan bir yeşil çatı çiftçilik için fırsat oluşturarak gıda üretimini desteklemektedir (Şekil 2.19) Bu yeni bir fikir değildir, fakat kullanımını yaygın olarak görememekteyiz. Çatı bitkilendirmesinin boyutuna bağlı olarak, bu tip yeşil çatılarda üretilen taze gıdalar, yerel işletmelere ve lokantalara satılabilmektedir.

Alternatif olarak daha küçük ölçekli yeşil çatılar da, bina sakinlerinin gıda ihtiyaçlarını giderilebilmektedir. Çatıda yetiştirilen gıdaların avantajları oldukça yüksektir. Üretimi ise daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilir çünkü şehir dışından gelen bir gıdada nakliye ve ulaşım masrafları fiyatları önemli ölçüde artırmaktadır (Wheeler ve diğer., 2010).

2.4 Yeşil Çatılar ile İlgili Bazı Sorunlar

Yeşil çatıların birçok faydasına rağmen, bir takım zorlukları da mevcuttur. Yeşil çatılar düzenli bahçe gibi değildir. Doğal manzaranın aksine, doğaya eşdeğer değildir, üretilmiş ya da üretilen sistemlerdir, dolayısıyla tasarım ve fabrikasyon gerektirmektedir. Yeşil çatı erişim sorunları, yeşil çatı peyzajcılarının karşılaştıkları sorunlar arasındadır. Bir yeşil çatı zeminden 20 kat yukarıda ve sınırlı ulaşılabilirliği varsa, yetiştirme ortamı ve bitkiler dahil tüm malzemeler siteye taşınmalıdır. Bu genellikle çevre düzenlemesiyle ilgili olmayan maliyetler eklemektedir. Asansör kullanılması veya vinç kiralanması siteye malzemelerin ulaşımı açısından güvenli olacaktır Bitkilerin belirli koşullarda davranışı onların seçimini ve bakım şekillerini etkilemektedir. Doğru bitki seçimi yeşil çatı bitkilendirmesinin en önde gelen dikkat edilmesi gereken konularından bir tanesidir. Örneğin sulama olmadan ve 20 cm'nin altındaki organik yetiştirme ortamına sahip Kuzey Amerika'daki çatılarda, değişik bitki türlerinin sürdürülmesi olanağı zayıftır. Yeşil çatı bitkilendirmesi için bir başka dezavantaj ise yüksek kurulum maliyetleridir ve yatırım getirisi uzun sürmektedir (Snodgrass, 2006). Yeşil çatıların yaygın kullanımı; yüksek kurulum maliyeti, ekstra yapısal yük gereksinimleri ve yüksek açılarının olduğu çoğu eğimlerde uygulanabilirliği nedeniyle sınırlıdır (Schumann, 2007).

Yeşil çatılar ile ilgili bazı diğer sorunlar ise şöyle sıralanabilir;

- İklimsel ve hava koşullarına bağlı kısıtlamalar
- “Kullanıcının olumsuz görüşü (uçan ve yer değiştiren canlılardan dolayı oluşan habitat alanını istememesi)” (Özdemir ve diğer., 2010, s. 193)
- Yangın güvenliği konuları (Spengen, 2010)
- “Karmaşık drenaj sistemlerinin yapım zorluğu” (Erbaş, 2011, s.61)

BÖLÜM ÜÇ

TASARIM VE UYGULAMAYA YÖNELİK KRİTERLER

Yeşil çatı sistemlerinin yapım süreci, üzerinde titizlikle durulması gereken bir konudur. Günümüz teknolojisinin sağlamış olduğu olanaklar sayesinde bu yapım süreci oldukça kısalmaktadır. Çeşitli firmaların gerek malzeme gerekse yeşil çatı bileşenleri konusunda uzmanlaşması tasarımcıları farklı seçeneklere yöneltmektedir. Bu olay uygulama farklılıklarına yol açmakla birlikte yeşil çatı konusunda tasarım zenginliği oluşturmaktadır. Bu noktada yeşil çatı sistemlerinin farklı uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda yapım sürecine başlamadan önce dikkate alınması gereken bazı temel konular göze çarpmaktadır.

Bu bölümde yeşil çatı sistemlerinin tasarım ve uygulamaya yönelik kriterler (tasarım gelişim süreci, tasarımda arazi ve yapı ile ilgili dikkate alınması gereken kriterler, yeşil çatı sistemini oluşturan katmanlar, yeşil çatı sistemi çeşitleri ve son olarak yeşil çatıların işletme-bakımı) hakkındaki bilgilere ayrıntılı olarak yer verilmektedir.

3.1 Yeşil Çatı Sistemi Tasarımı İle İlgili Kriterler

Yeşil çatı tasarımı yapılırken neden bu yapı için yeşil çatı yapıyoruz sorusu sorulmalıdır. Özellikle de bu yeşil çatının amacı nedir?, İnsanlar bu çatının üzerinde toplandığında bu ortamı beğenecekler mi ve doğa ile etkileşim kuracaklar mı?, Eğer öyleyse yeşil çatıdan bu tip kullanımın gerektirdiği bazı strüktürel gereksinimleri yerine getirmesi beklenmektedir.

Belki yeşil çatılar insanlar için bir toplanma yeri olmayacak, binanın içindeki önemli mekanlardan görünebilen estetik açıdan hoş alternatif bir çatı yüzeyi olacaktır, belki de yeşil çatı yağmur suyu kaçışını azaltmak, enerji tüketimini azaltmak, LEED sertifikası kazanmak için bir planın parçası olabilmektedir. Yeşil çatı tasarlarken bazen de dışarıdan nasıl görünmeli ve ne tür bir amaca hizmet etmeli sorusu sorulmalıdır (Luckett, 2009)

Yeşil çatı tasarımı dengeli bir gereksinim ve finans gerektirmektedir (Luckett, 2009). Yeşil çatı sistemlerinin kullanımının önemli bir yönü mimariyi ve peyzajı etkili bir şekilde birleştirme yeteneğinin olmasıdır. Kentsel ortamlara; bireysel veya toplu uygulandıklarında (yeşil çatı sistemleri) çevreye daha fazla yararlı olabilmektedirler (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

3.1.1 Fizibilite, Programlama ve Ön Tasarım

Bir proje genellikle fizibilite çalışması ile başlar. Projenin başarılı olup olamayacağına dair testler yapılarak projenin finansal, estetik, çevresel, yapım ve lojistik hedeflerine karar verilmelidir. Ekonomik fizibilitesi genellikle yeşil çatı sistemi için sınırlayıcı bir faktör olmaktadır. Projede maliyetler ve ekonomik faydaların öncelikle değerlendirilmesi gerekmektedir. (Weiler ve Scholz-Barth, 2009)

Bütçe kısıtlamaları projenin tasarım aşamasına erken dahil edilmelidir. Yeşil çatı maliyeti araziye özgü durumlardan etkilenir, örneğin eğim, malzeme, bitki türü ve boyutu, derinlik, sistemdeki katmanlar, kullanılan bitkilerin miktarı, kurulum ve bakım maliyetleri, bitkilerin yaşam süresi ve çatının kendisi de bütçe belirlenmesinde rol oynayacaktır.(Snodgrass, 2006)

Programlama ve ön tasarım, genel bir tasarım ve yapım yaklaşımı oluşturmak amacıyla proje süresince karşılaşılabilecek fırsatları ve kısıtlamaları tanımlamak için çoğu kez eş zamanlı gerçekleşir. Ön tasarım, bir projenin hem çevresel etkileri hem de arazi koşullarından oluşmaktadır. Büyük ve daha karmaşık yeşil çatı projelerinde, proje ekibinde yeşil çatı konusunda donanımlı tasarım danışmanları gerekmektedir.

Tasarım ekibi genellikle mimar, peyzaj mimarı veya özel yeşil çatı tasarımcısından oluşmakta, bunların yanı sıra inşaat mühendisi, makine mühendisi, elektrik mühendisini de içermektedir. Tasarım ekibi, özel yapısal gereksinimleri fizibilite çalışması sırasında dikkate almalıdır. (Weiler ve Scholz-Barth, 2009)

Aşağıda yer alan konular genellikle fizibilite ve ön tasarım aşamasında gereklidir;

- 1- Çevresel etki analizi
- 2- Yerel kurumlar (devlet kurumları) tarafından yapılan analizler ve raporlar.
- 3- İlk saha analizi (rüzgar, güneş, bitki örtüsü, görünüm, dolaşım)
- 4- Jeolojik incelemeler ve raporlar (toprak türü, ana kayaya olan derinlik)

Programlama ise devam eden bir süreç olduğu için her aşamada gelişir. Programlamanın birincil amacı proje ihtiyaçlarını ve gerekli tasarım elemanlarını belirlemektir. Bu aşama; ihtiyaç duyulan malzeme türlerini belirlemede, yağmur suyundan beklenen hacmi tutmada yardımcı olmaktadır. Her projenin kendi programatik gereksinimleri olacaktır. (Weiler ve Scholz-Barth, 2009)

Programatik gereksinimleri araştırmada aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır;

- 1- Yapı sahibi yeşil çatıyı yağmursuyu yönetimi ve görsel hoşluğu sağlamak için mi kullanacak?
- 2- Yapı sahibi kullanılabilir açık alan oluşturma niyetinde mi?
- 3- Alan, kimin kullanımına yönelik olacak ve erişim nasıl sağlanacak?
- 4- Yapı sahibinin yeşil çatı bakımı için ne tür bir planı vardır?
- 5- Yeşil çatı ne tür fayda sağlayacaktır ve bakım maliyeti ne kadardır?
- 6- Bakım için ne tür erişilebilirlik gereksinimlerine ihtiyaç vardır? (Weiler ve Scholz-Barth, 2009)

gibi soruların cevaplanması oldukça önemlidir.

3.1.2 Konsept Tasarımı

Konsept tasarımı aşamasında sonuca varmak için her şey açık bir şekilde tanımlanmış olmalıdır. Bunlar aşağıda maddeler halinde belirtilmektedir;

- 1- Açıklayıcı vaziyet planı, arazi kesitleri, yapı planı, yapı kesitleri
- 2- Konsept detayları; arazi ve bina kesiti, çatı kesiti
- 3- Strüktürel analiz
- 4- Kolon aralıkları, boyutu, döşeme kalınlığı, toprak ağırlığı, vs.
- 5- Mekanik, elektrik ve tesisat analizi vs.

- 6- İnşaat mühendisi analizi (raporu)
- 7- Yağmursuyu yönetimi gereksinimleri
- 8- Yasal gereklilikler; toprak mülkiyeti, irtifak hakları, imar, izin ve yönetmelikler (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Ekonomik etki analizinde ise olası inşaat maliyetleri için maliyet büyüklüğü tahmini ve maliyet-fayda analizi konularının iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu konuların bir bütün olarak ele alınması yeşil çatı sistemi tasarımcısının konsept tasarımındaki sınırlarını yaklaşık olarak ortaya çıkarmaya yardımcı olacaktır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

3.1.3 Şematik Tasarım

Şematik tasarım süresince, konsept tasarımı ayrıntılarıyla geliştirilerek tasarıma yön verilmektedir. Yeşil çatı sistemleri için düzgün bir şekilde etüt yapılabilmesi için şematik tasarım aşaması esastır. Her meslek grubunun (mimarlık, peyzaj mimarlığı, elektrik mühendisliği, makine mühendisliği, inşaat mühendisliği gibi) bu aşamada şematik çizimleri hazırlaması gerekmektedir. Bu meslekler şematik çizimleri oluşturma esnasında çatışmaları önlemek için birbirleriyle koordineli çalışmak zorundadırlar. (Weiler ve Scholz-Barth, 2009)

Peyzaj mimarlarından ön çizimlerin hazırlanması için tasarım sürecinin son aşamasına kadar yararlanılmaktadır. Herhangi bir tasarımda projenin sınırlarını belirlemek için bir dizi çizim, malzeme ve yapım yöntemleri belirlemek gerekmektedir. (Cantor, 2008)

3.1.4 Tasarım Ekibini Bir Araya Getirme

Yeşil çatılar birçok farklı disiplinin iş birliğini gerektiren karmaşık tasarımlardır. Yeşil çatı uygulamalarında en yaygın sorunlardan biri koordinasyon eksikliğidir. Yeşil çatı tasarımlarında ilk adım tasarım ekibi oluşturmaktır. (Cantor, 2008) Tasarım ekibinin seçimini belirleyen en önemli faktörler bütçe, projenin büyüklüğü, zaman

çizelgesi, sistem türü, yeni yapı olması veya mevcut güçlendirilecek bir yapı olmasıdır (Tolderlund, 2010). Bir ekipte proje yöneticisi veya koordinator mutlaka yer almalıdır. Bu kişinin danışmanın kullandığı terimleri anlama kabiliyeti olması gerekmekte, iletişim ve paylaşım anlayışını vurgulayarak projeyi programa göre yapmak için çaba harcamalıdır. Projenin karmaşıklığına ve büyüklüğüne bağlı olarak, çeşitli tasarımcılar ve müteahhitler tasarım ekibinin bir parçası olabilmektedir. (Cantor, 2008). Özellikle ilk tasarım aşamalarında pahalıya mal olacak hataları ve tasarım boşluklarını önlemek, sistemin tam işleyişini sağlamak için yeşil çatı malzemesi satanlar ile işbirliği de tüm süreç boyunca çok önemli olmaktadır (Tolderlund, 2010). Küçük bir projede, özellikle de mevcut bir binanın çatısında konumlanacak bir yeşil çatı için; mimar, peyzaj mimarı ya da diğer danışmanların hepsinin bir arada olması gerekmeyebilir. (Cantor, 2008)

Planlanan proje tipi ikamet amaçlı ise, büyük ve karmaşık bir projede; mimar, peyzaj mimarı, ekolojist, inşaat mühendisi, sulama uzmanı ve kat mülkiyet sahibinin de projeye ilgilenmesinde fayda vardır (Cantor, 2008). Müşteri, bina sahibi, mimar, yerel imar yetkilileri, bahçıvan ve peyzaj mimarı; ihtiyaçları ve tasarımı konuşmak üzere bir takım halinde çalışmalıdırlar. Bunu yaparken de erişilebilirlik, güvenlik, bitki seçim kriterleri, istenen özellikler, kurulumu gerçekleştirmek için gerekli lojistik, bütçe ve bakım kısıtlamaları gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. (Snodgrass, 2006)

Çatı ve peyzajını yapan müteahhit de tasarım ekibinin bir parçası olarak kabul edilerek tüm önemli toplantı ve koordinasyon faaliyetlerine dahil edilmelidir. (Cantor, 2008)

3.2 Yeşil Çatı Sistemi Tasarımında Arazi ve Yapı ile İlgili Dikkate Alınması Gereken Kriterler

Bu bölümde yeşil çatı sistemi tasarımı aşamasında dikkate alınması gereken arazi ve yapıya dair kriterler başlıklar halinde detaylı olarak sunulmaktadır.

3.2.1 Fonksiyon ve Yer Seçimi

Bir yeşil çatı sistemini tasarlarken önceliğimiz çatının hangi fonksiyona hitap edeceğini belirlemek olmalıdır. Bütçe faktörleri ve bina strüktürü tasarım kararlarına rehberlik edecektir. Çatı ekstansif (seyrek) mi yoksa intansif (yoğun) mi? bunun kararını vermemizi sağlayacaktır. Çatı çevreye hizmet eden bir amaçla mı yapılacak yoksa estetik amaçla mı?, bu ve buna benzer soruların cevabını hazırladığımızda bu tip noktalar yeşil çatı projesinin tasarım kurgusunu bize sunmaktadır (Learned, 2007).

Öncelikli konu; bahçenin (yeşil çatının) insanlar için erişilebilir olup olmayacağıdır. Bunun dışında insanlar tarafından doğrudan deneyimlenmesi amaçlanan bir arazi manzaralı olmasının yanı sıra insanların ihtiyaçlarını da karşılaması gerekmektedir. Bahçenin (yeşil çatının) kamuya ait veya özel olup olmadığına bağlı olarak kullanım derecesi değişebilmektedir. Site halka açıksa kolayca erişilebilir olmalıdır. Tekerlekli sandalyeden bebek arabasına, çocuklardan yaşlılara kadar kullanıcılara geniş bir yelpazede hizmet vermesi beklenmektedir. Özel bir çatı bahçesi (yeşil çatı) ise; hedeflenen ziyaretçi grubu tarafından ziyareti teşvik ederken, halkın büyük çoğunluğuna erişimi kısıtlamak gerekir. Bu tip bir çatı bahçesi (yeşil çatı) en ideal geleneksel bir çatı bahçesi kavramına (gökyüzü bahçesi) uygun olabilmektedir (Osmundson, 1999).

Yer seçimi; erişilebilirlik, yapının strüktürel anlamda sağlamlığı ve kamusal alanda görünürlüğe bağlı olarak yapılabilir (Prowell, 2006). Yeşil çatının konumu; tasarım yöntemini belirlemede önemli bir faktördür (Learned, 2007).

Çatı yüksekliği, çevre binalar, yönlenim, rüzgar, güneş ve gölge gibi olaylar düşünüldüğünde binanın konumu oldukça önemlidir (Green Roof Manual, 2009). Her yapı; yeşil çatı için uygun olmayabilir (EAD, 2006). Yapının çeşidi bu noktada önemli bir faktördür (Learned, 2007). İlk aşamada yeşil çatı yeni binaya mı yoksa var olan binaya mı yapılacak bunun ayrımının yapılması gerekmektedir. Çoğu durumda yeni bir yapıya yeşil çatı yapılması, var olan bir çatıya yeşil çatı yapımından daha az

masraflı olacaktır. Projeye tasarım aşamasında bir yeşil çatı eklenmesi, yeşil çatı tasarımına esneklik kazandıracaktır. Eğer bir proje yeşil çatının avantajlarını göstermek adına tasarlanmışsa güçlendirmenin sonrasında yapılması uygun olacaktır (EAD, 2006).

3.2.2 Giriş-Çıkışlar (Erişilebilirlik) ve Güvenlik

Yeşil çatının bulunduğu alan girişleri çok önemlidir. Sadece kuruluşunda ve içeri girilmesinde değil, malzeme, toprak ve bitki gibi donanımlarını taşıma açısından da önem arz etmektedir. Yeni bir projede, başlangıç katından itibaren her kata bağlanan iç merdiven veya asansör tasarlamak kolay ve nispeten ucuz bir yaklaşım olacaktır. Fakat mevcut bir binada bu söylenenleri yapmak oldukça masraflı olabilmektedir. Eğer asansör çatıya kadar ulaşmazsa, malzemeler üst kata elle, merdiven veya portatif merdivenle taşınmak zorundadır ya da bir başka seçenek ise vinçle taşımaktır. Bütün bunlar çaba ve maliyet gerektirmektedir. İç mekandan portatif merdiven veya merdivenle taşımayı sağlamak binanın dışından herhangi bir vinçle taşımaya nazaran oldukça güvenlidir (Learned, 2007).



Şekil 3. 1 Yeşil çatı girişi ASLA binası çatısından bir görünüş (Werthmann, 2007)

Yeşil çatı sistemlerinin evrensel koruma sistemlerine sahip olması gerekmektedir (The GRO green roof code, b.t). Ziyaretçiler yeşil çatıya vardığında, güvenlikleri sağlanmış olmalıdır (Luckett, 2009). Çocukların da yeşil çatıları bir oyun alanı gibi kullandığı göz önünde bulundurulduğunda yeşil çatılar yüksek muhafazalı olmalıdır (Köylü, 1997).

Güvenlik genellikle çatının çevresi boyunca parmaklık veya çit yapılarak düzenlenebilmektedir. Böylece ziyaretçiler korunmakta ve aşağı düşmeleri engellenmektedir. Aynı zamanda çatıda yeterli aydınlatma, GFI (toprak kaçak akımı devre kesici) korumalı prizler, basamak korkulukları ve çatı donanımları ile erişilebilir alanları birbirinden ayıran iyi tanımlanmış sınırların yapılması gerekmektedir. Bakım araçları ve kimyasallarını saklamak için güvenli depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca rutin bakım olanağının sağlandığı ve ziyaretçilerin bahçede olmadığı özel bir saat düşünülmelidir. Komşu binalarda yürütülen faaliyetler de dikkate alınmalıdır, ziyaretçilerin güvenliğini sağlamak için (camlardan, iskele, yangın kaçışları, balkon vb. mekanlardan bazı nesnelerin düşmemesini sağlamak) gerekli tedbirler alınmalıdır. Bir yeşil çatı; ziyaretçi karşılamak için tasarlanmış olmasa da, bazı güvenlik konuları vardır ki özellikle tasarıma dahil edilmelidir. Çatı kenarına 3 metre yakınlıkta çalışan herkes için düşmeye karşı önlemler alınmalıdır. Bu yeşil çatıyı ilk inşa eden ekip için de, rutin bakım yapan kimseler için de geçerlidir. En maliyet etkin şekilde düşmeye karşı korumanın yolu tasarıma bazı konuları dahil etmekten geçmektedir. Çatı ile parapet duvarlarının en az 1 metre yüksekliğinde olmasına özen gösterilmelidir. Erişim için merdiven gerektirecek küçük projelerde merdivenin güvenli bir bağlantı noktası olması gerekir. Düşmeye karşı koruma için, düşük maliyetli ve kolay bir merdiveni tasarıma bağlantı noktası olarak entegre etmek uygun olacaktır (Luckett, 2009).

3.2.3 İklim

Yerel iklim faktörleri, güneş ışığı, gölge, rüzgar ve sıcaklık gibi unsurlar yeşil çatı inşa etmeden önce dikkate alınması gereken unsurlardır. Bitkiler sert iklimlerle ve

rüzgarlı alanlarla devamlı mücadele içindedirler (Green roof manual - how to replace your dead roof with a living landscape, 2005).

Bölgesel iklim verileri yeşil çatıda seçilecek bitki türlerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bahçecilik endüstrisi, hangi bölgeler için hangi bitkilerin uygun olduğunu belirlemek amacıyla bölgesel kategoriler kullanmaktadır. Bazı bahçecilik sanayisi bitki türlerinin ısı ve kuraklık toleransını belirlemek için bitkilerin yaz ayları tahammül bölgelerini geliştirmişlerdir. Yüksek ısı, yeşil çatılar üzerindeki kuraklık etkisini artırmaktadır. Bitkiler düşük sıcaklıklarda uzun süre yağış olmadan yaşayabilmektedir. Bir yeşil çatı bitki seçimi için çeşitli kaynaklardan zaman içinde danışmanlık sağlanabilmektedir. Örneğin aşağıdaki web siteleri; www.greenroofs.org, www.greenroof.com gibi. Bitki seçimi de göz önünde bulundurulduğu zaman, bitkilerin kış ve yaz mevsimlerine karşı performansları ve hidrasyon gereksinimlerine dikkat edilmelidir (Luckett, 2009).

3.2.4 Rüzgar

Rüzgarlar genellikle yüksek rakımlarda daha fazladır (Luckett, 2009). Yapılar üzerinde hareket eden pozitif ve negatif basınç kuvvetleri oluşturabilir (Green Roof Manual, 2009). Çatıdaki rüzgar yükleri; binanın konumu, rüzgara maruz kalma ve alan için belirlenen rüzgar hızına bağlı olarak değişim göstermektedir (Arrowstreet, 2009). Çatı arasında esen rüzgarlar bitki seçimi ve yerleştirilmesini de etkilemektedir. Uzun boylu dik bitkiler rüzgarı yakalamaktadır ve çatı kenarında rüzgar fazla olduğu için çatı kenarından uzakta bir yerde konumlanması gerekmektedir (Luckett, 2009).

Ağaçlar ve dikey strüktür gibi (çitler, duvarlar, bahçe kulübeleri) unsurlar; devrilme veya kırılmaya karşı rüzgarın şiddetine direnmek için tasarlanmış veya seçilmiş olmalıdır (Anderson, b.t). Bu uzun boylu bitkilere bir şans verebilmek ve kökleri rüzgar yüklerine karşı dayanabilir kılmak için tamamlayıcı ankraj gerekli olabilmektedir. Çatı çevresi rüzgar girdabından etkilenmektedir. Burada rüzgar binanın duvarına kadar geçebilmektedir ve çatı yüzeyinde negatif bir basınç

oluşturmaktadır. Bu olay çatı kenarı boyunca etkisini göstermektedir. Belki de bu alanların (çatı kenarları) bitkisiz bölge olarak düşünülmesi uygun olacaktır (Luckett, 2009).

Çatının iç bölgelerinde, güçlü rüzgarlar bazen büyük hasarlara yol açmaktadır. Bitkilerin kurulumunu gerçekleştirene kadar rüzgar battaniyesi kullanımı gerekebilmektedir. Battaniye jeo-tekstil bir malzeme olup çatı yüzeyini örterek yetişme ortamı yüzeyini rüzgara karşı korumaktadır. Rüzgar battaniyesi çatı yüzeyine ankrajlı haldedir. Rüzgar; bitkilere rüzgar battaniyesi üzerinde açılmış küçük açıklıklar vasıtasıyla yayılmaktadır. Rüzgar battaniyesi organik bir malzemeden tasarlanmış olması nedeniyle çürümesi yavaş gerçekleşmektedir. Bitkiler olgunlaşıp çatı yüzeyini örterken, battaniye yetişme ortamına organik besin tedarik ederek yarar sağlamaktadır. Yüksek rüzgar yükünün olduğu bir yeşil çatı projesinde küçük sorunların büyük aşamalara ulaşmaması adına sık denetim gerekmektedir (Luckett, 2009). Ilık meltemler büyük ölçüde sıcak aylarda açık alanlarda konforu artırırken, aşırı derecede esen rüzgar çok sıcak ya da soğuk eserek rahatsız edici olabilmektedir. Kuvvetli rüzgarlar zemin seviyesindeki bahçelerde olduğu gibi çatı bahçelerinde de bir dereceye kadar hafifletilebilmektedir (Osmundson, 1999).

Rüzgar yönü; bariyer sistemi tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır (Anderson, b.t). Rüzgar ekranları ve rüzgar kırıcılar; rüzgarı yönlendirmek veya engellemek için kullanılmaktadırlar. Rüzgar ekranları kullanıldığında cam malzemenin seçimine dikkat edilmelidir. Kırılmaz cam olmadığı sürece, şiddetli rüzgar basıncı rüzgar kırıcıları paramparça edebilir. Tayfun ve kasırga gibi olaylara maruz kalan alanlarda, rüzgar siperinin tasarımı bir mühendis tarafından yapılmalıdır (Osmundson, 1999).

3.2.5 Gölgeleme ve Yansıma

Sıcaklık ve yansıma çatı bahçesi üzerinde zaman zaman rahatsız edici boyutlara ulaşmaktadır. Yeterli gölgeleme çatı bahçesi kullanımı ile ilgili belki de tek ve en önemli unsurdur. Yeterli gölge temin edilmemesi durumunda, bahçenin çok az ya da

sınırlı bir kullanımı olacaktır. Yapay gölgeleme, ağaçların yeterli olmadığı alanlarda sağlanmış olmalıdır (Anderson, b.t). Yeşil çatıya yakın yüksek binalar, çatı üzerinde gölge oluşturabilmektedir. Bu duruma bağlı olarak gölge değişik zamanlarda (gün içinde ve yıl boyunca) çatı üzerine düşebilmektedir. Bitkiler sıcaklığa karşı az toleranslı olduğundan sabah güneşi ışığından yararlanmak için konumlandırılabilirler. Öğleden sonraki gölgeleme ise sıcaktan rahatlama sağlamaktadır. Sürekli gölgede bulunan yeşil çatı için dikkatli bitki seçimi yapılması gerekmektedir. Bazı bitki türleri tamamen gölgelendiklerinde, doğrudan güneş ışığına maruz kaldığından daha farklı bir görünüme sahip olabilmektedir. Bazı türler ise kuzey iklim bölgelerinde kış gölgesine karşı toleranslı olmamaktadır. En iyisi gerçekçi beklentiler ile gölgeli yeşil çatılı projeler yapılması denenmelidir (Luckett, 2009).

Camdan yapılmış komşu düşey duvarlar veya yansıtıcı metal kaplama yansımayı sağlayarak güneş ışığının etkisini artırmaktadır. Bu yüzeylere çarpan güneş ışınları yetiştirme ortamını kurutarak bitkilerin suyunun alınmasına sebep olmaktadır. Bu alanlar aşırı derecede kuraklık ve ısı toleransı olan bitki türlerine ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca sık sık sulama gerektirebilmektedir. Yetiştirme ortamının derinliği artırılarak ısı kazancı ve daha fazla suyun alıkonulması sağlanarak bitkilerin su ihtiyacı giderilmektedir (Luckett, 2009).

3.2.6 Bina Yükseklik Kısıtlaması

Bina cephesinin yüksekliği yeşil çatı tasarımına yön vermektedir. Hacim ve yeşil çatı malzemesinin ağırlığı özellikle de yetiştirme ortamı, çatıya aşırı yükleme yapmaktadır. Binanın yüksekliğine bağlı olarak malzemelerin çatıya ulaştırılması nakliye açısından pahalı olacaktır. Aşağıdaki kategorilerde malzeme kaldırma yüksekliği basitleştirilerek anlatılmaktadır. 6 metrenin altında, 6 ile 36,5 metre arasında ve 36,5 metreden yüksek binalar olarak kategorize edilmektedir. 6 metre yüksekliğinin altındaki binalarda uzatma vinç kolu forkliftler ve çatı yükleme cihazları kullanılarak stok yapılabilir. Bu cihazlar kiralanabilmekte ve yerinde inşaat personeli tarafından kullanılmaktadır. Malzeme teslimatında zamanlama

açısından esneklik sağlamaktadır. 6 ila 36,5 metre yüksekliğindeki binalarda, genellikle malzeme kaldırma için vinç kullanımı gerekmektedir. Bu yükseklikte işlemleri yürütmek büyük bir beceri ve koordinasyon gerektirmektedir. Bir vinç kullanarak malzeme kaldırmak ayrıca deneyim gerektirmektedir. Bu deneyimleri el işaretiyle sinyal vermek, vinç operatörü ile telsiz cihazları aracılığıyla iletişim kurmak, çatı döşemesinin yük kapasitesi hakkında öngörü sahibi olmak, güvenlik uygulamaları, çatı faaliyetleri için düzenlemeler ve diğer kaldırma işlemleri gibi sıralamak mümkündür. Malzeme teslim süresinin koordinasyonu ve vinç durumu kritik bir öneme sahiptir. Yüksekliği 36,5 metreyi aşan binalarda genellikle kule vinç veya asansör kullanılmaktadır. Kule vinçlere erişim, sıkı zamanlama dilimleri ile düzenlenmiştir. Tüm gereksiz adımları ortadan kaldırmak ve süreci hızlandırmak için, kaldırma planı provalar içermektedir. Çeşitli ticari grupların proje içinde çalışması için belirli bir zaman tahsis edilir. Bir sonraki planlanan ticari grup için vinç hazır konumda olmalıdır veya her sonraki ticari grubun işi gecikecektir. Alternatif olarak bazı projelerde yetişme ortamının ve bitki malzemesinin taşınması için büyük körükler kullanılmaktadır. Bu yöntem yetişme ortamının hızla büyük alanlar üzerinde dağıtılmasını sağlamaktadır. Yüksek cepheli binalarda bu yöntemi yapmak oldukça zor olmaktadır. Yükseklikle orantılı olacak şekilde maliyet de artmaktadır (Luckett, 2009). Yapının yüksek olması bina sakinlerine alanı kullanmak için izin verirken doğal erişimi kısıtlamaktadır (Osmundson, 1999).

3.2.7 Çatı Ekipmanları

Isınma, klima ve havalandırma ekipmanlarının çatıda konumlanması yeşil çatı tasarımını şekillendirmede önemli bir etkidir. Havalandırma fanlarından boşalan gazlar duman içermekte olup yeşil çatıda bulunan bitkilere zarar verebilmektedir. Örneğin mutfaktan tahliye olan hava; yağ damlacıkları içerdiği için yeşil çatıdaki bitkiler için oldukça zararlıdır. Bu tür yağların çatıda oluşmaması için rutin bakım gerekmektedir bu nedenle çatıda ekipmanların konumlanması için uygun bir alan oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca binadan boşalan hava, soğuk havalarda yeşil çatının ısıtılmasında da etkili olabilmektedir. Bu durum hava deliğinin etrafında

bulunan bitkilerin büyüme evresinin uzatmasına sebep olabilmektedir (Luckett, 2009).

3.2.8 Güneş Ekipmanları (Fotovoltaik Paneller)

Güneş ekipmanları sürdürülebilir bir tasarımın parçası veya yapım stratejisine bağlı olarak sık sık çatıda konumlandırılabilir. Çatılar doğa tarafından sağlanan mükemmel bir yerdir çünkü güneş enerjisi için engelsiz erişim sağlamaktadırlar. Bu bakımdan yeşil çatılar; fotovoltaik panel kurulumu ve güneş enerjisi üretimi için mükemmel bir ortam sunmaktadır. Paneller genellikle çatı üzerinde gölgeler oluşturduğunda bu gölgeli alanlar için bitki seçimi iyi düşünülmelidir (Şekil 3.2). Ortam sıcaklığının düşük olduğu yüzeylerde fotovoltaik uygulamalarla yeşil çatı performansının artırılabilirdiği yapılan araştırmalar neticesinde görülmektedir (Luckett, 2009).



Şekil 3.2 Ekstansif yeşil çatı ile birleştirilmiş fotovoltaik panel uygulaması, Stuttgart yakınlarında bir okul (Ansel ve diğer., 2004)

Kohler ve arkadaşları tarafından Berlin’de yapılan araştırmalar, yeşil çatılar ile fotovoltaiklerin aynı çatıda birbirleriyle uyumlu olduğunu göstermiştir. Gerçekten de bu ikili birbirini tamamlamaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Çatı seviyesindeki bir fotovoltaik panel; yeşil çatı üzerinde kurulduğunda geleneksel bir çatı yüzeyinde kurulduğundan daha verimli çalışmaktadır (GLA, 2008).

Fotovoltaik panelin yeşil çatıya montajı sırasında önemli bir konu ise su yalıtım membranının zarar görmemesidir. Gemi (2010) yaptığı araştırmasında bu konudan şu şekilde bahsediyor;

Tüm teras çatılarda olduğu gibi, yeşillendirilmiş çatılarda panel montajında ana kural, su yalıtımının hiç bir şekilde delinmemesidir. Bu nedenle paneller, bitki taşıyıcı tabakaların ağırlığı ile sabitlenir. Bu amaçla su yalıtımı ve/veya koruyucu keçe üzerine hiçbir sabitleme bağlantısı olmadan konacak özel plakalara, paneli taşıyan çerçeveler sabitlenir. Bu plakalar aynı zamanda su tutma haznelerine ve difüzyon deliklerine sahip olduğu için drenaj vazifesini sürekli olarak sağlarlar. Bu plakaların üzeri, gerekli yük miktarı kadar bitki taşıyıcı katmanla kaplanarak sistem tamamlanır (Gemi, 2010, s. 186).

3.2.9 Sert Zemin Malzemeleri Seçimi

Güçlü bir görsel etki, kaldırım (döşeme) malzemesindeki renk ve dokuyla oluşturulabilmektedir (Köylü, 1997). Kaldırım malzemesinin yansıtıcılığı temel unsur olmalıdır. İkinci olarak tipi ve seçilen kaldırım malzemelerinin deseni, mekanın gerçek kullanıcıları kadar çevre binadaki izleyiciler için de önemlidir. Malzemelerin renk, ton ve zıtlıkları ile güçlü bir görsel çekicilik oluşturulabilmektedir. Parke malzemelerinin hafif nitelikli ve dayanıklı olarak seçilmiş olması gerekmektedir. Eğer mümkünse parke drenaja yardımcı olmak açısından, yoğun yağış miktarlarıyla baş edebilmek için su geçirgenliğine izin vermelidir (Anderson, b.t).

3.2.10 Döşeme Strüktürü ve Taşıyıcılığı

Amaç, fonksiyon ve birçok faktör yeşil çatı projesi tasarımının belirlenmesine etki etmektedir. Ancak yeşil çatının görselliğinin tamamlanmasından önce, yeşil çatı tasarımcıları; çatının strüktürel gereksinimini ve yük kapasitesini belirlemesi gerekmektedir (Luckett, 2009). Taşıyıcılık herhangi bir yeşil çatı sistemi için en önemli unsurlar arasındadır (Snodgrass, 2006). Bir mühendislik arka planı olmadan

çatı yük taşıma kapasitesi hesaplanırken zorlanılabilmektedir. Yeşil çatı tasarımcılarının çoğu yapı bilgisine sahip mühendis olmasa da, çatı yük sınırlamaları ve aşırı yükleme sonuçlarının farkında olmaları gerekmektedir. Bir yeşil çatı tasarımcısı yapının en azından strüktürü hakkında temel bir anlayışa sahip olmalı ve çatı için önerilen ilave yüklere nasıl karar verildiğini bilmesi gerekmektedir (Osmundson, 1999). Bu süreç nitelikli bir yapı mühendisinin projeye dahil olmasını gerektirmektedir. Yeni inşaat projeleri için strüktürün yeşil çatıyı destekleyebilecek şekilde öngörülmesi gerekmektedir. Ancak mevcut binalar için yeşil çatılar genellikle strüktür sınırlamalarına dayalı olarak tasarlanmalıdır (Luckett, 2009).

Mevcut bir çatıda yapısal değerlendirme yapmak için en kolay yöntem; binanın mevcut planlarını incelemektir (Luckett, 2009). Yapı mühendisi binanın orijinal çizimlerini gözden geçirmeli, yeşil çatı yükünü karşılamak için gerekli yük ayarını tespit etmelidir (Snodgrass, 2006). Eski yapılar da ise planlara nadiren ulaşılabilir. Ulaşılamadığı durumlarda ise mühendis çatının strüktürel analizini yapmaya ihtiyaç duyacaktır. Burada en zor aşama yeşil çatı tasarımında yatmaktadır. Yani yeşil çatı ile çatı strüktür kapasitesinin bütünlüğü son derece önemlidir. Birçok yeşil çatı projesi bu noktada iflas etmektedir (Luckett, 2009).

Mevcut bir bina üzerinde kurulum olacaksa, mühendis ya yapı için yeşil çatı tasarımını onaylayacak ya da yapısal iyileştirmeler için bir rapor hazırlayacaktır. Eğer yeşil çatı sisteminin strüktürel gereksinimi; yapının kapasitesi üzerinde veya strüktür maliyeti bütçeyi zorluyor ise; yeşil çatı, ağırlığı azaltmak için tekrar tasarlanmalıdır (Luckett, 2009).

Eğer proje yeni ise; mühendis toplam yükü karşılayabilmek için, strüktürü tasarlayabilmektedir (Luckett, 2009). İdeal olarak yeni yapılarda; yeşil çatı özellikle yapı tasarım aşamasında göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Bir yeşil çatı daha önceden tasarım planına dahil edilirse, maliyeti daha az olabilmektedir. Mevcut bir yapının yeşil çatı için güçlendirilmesi, yeni yapılan ve üzerinde yeşil çatı bulunan bir tasarımdan çok daha pahalı olabilmektedir (Snodgrass, 2006). Eğer ağırlık ve

bütçe konularında bir uzlaşma sağlanamazsa yeşil çatı projesi gerçekleştirilemeyecektir (Luckett, 2009).

Yük gereksinimleri ise aşağıdaki ek unsurlara göre çeşitlilik göstermektedir. Yeşil çatı strüktürü mevcut veya yeni ise, düz veya eğimli bir yüzeye yönelik olup olmadığı, kar, yağmur ve rüzgar gibi yerel iklim şartları, yetiştirme ortamının derinliği ve kompozisyonu (yapısı) iyi düşünülmelidir. Yapı mühendisleri yükleri iki genel perspektife göre değerlendirirler. Canlı (hareketli) ve ölü yüklerdir (Snodgrass, 2006).

Yönetmeliklerde yapıların hareketli yükleri belirlenmiştir. Bunlar kar yükü, rüzgar yükü ve binanın performansı için gerekli emniyet faktörleridir. Hareketli yükler ayrıca insan trafiğini de içermektedir, mobilya veya bakım ekipmanları gibi geçici yükleme ve doğadaki geçici başka yükler.. (Snodgrass, 2006). Yeşil çatı bir kamusal toplanma alanı olmadığı zamanda, hareketli yükler yeşil çatının strüktürel gereksinimleri açısından daha az karmaşık bir durum oluşturmaktadır (Luckett, 2009).

Ölü yükler ise çatının kendi ağırlığını içermektedir. Çatı katmanları dahil çatı yapısını oluşturan herhangi bir kalıcı eleman ile birlikte, ısıtma soğutma için kalıcı mekanik tesisat yükleri düşünülmelidir (Snodgrass, 2006). Kısacası çatı bahçesinde (yeşil çatıda) kullanılan her daimi malzeme ek bir ölü yüküdür (Osmundson, 1999). Sonuç olarak yeşil çatılar hem canlı hem ölü yüklere dayanacak şekilde tasarlanmış olmalıdırlar (Snodgrass, 2006).

Çatının yük kapasitesini etkileyen en önemli faktör ise nemli (ıslak) toprağın her metre küpteki ağırlığıdır (Learned, 2007). Yük hesaplanması sırasında, ortamın sıkıştırılmış olup olmadığı ve ne derece nemli olduğu gibi durumlar düşünüldüğünde yeşil çatı malzemelerinin ağırlığına da bağlı olarak yüklerin önemli ölçüde değişeceğinin unutulmaması gerekir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Yapının yükleme hesaplaması, yeşil çatı sisteminin suya doyma noktasındaki ağırlığı göz önüne alınarak yapılmalıdır. Yeşil çatı sistemi tamamen suya doyduğunda, çatı strüktürüne etki eden bir ölü yük parçası olarak düşünülebilir. Doymuş yeşil çatı sisteminden akan fazla su ise hareketli yükün bir bölümü olarak düşünülebilmektedir. Kar yükü de bir hareketli yük parçası olarak kabul edilmelidir. Mühendis, yeşil çatı bileşenlerini de kapsayacak şekilde yapısal ölü yükün yanı sıra beklenen hareketli yükü de hesaplar (Luckett, 2009).

Mevcut bir çatı, yeşil çatıya dönüştürüldüğünde ise tasarım şu anki çatının yük taşıma kapasitesinden dolayı oldukça sınırlı düzeyde yapılabilmektedir. Bir başka seçenek ise binanın taşıyıcı sisteminde iyileştirme yapılmasıdır ki bu yüksek miktarda yatırım gerektirebilmektedir (Learned, 2007). Mevcut betonarme veya çelik bir yapı açısından düşünüldüğünde, bahçe tasarımcısının; bilgili, becerikli ve yaratıcı olması durumunda genellikle çatı bahçesinin gerektirdiği yükleri bu yapılar karşılayabilmektedir (Osmundson, 1999)(Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Yer altı otoparkı, Dubai (Green Roof Manual, 2009)

Yeni inşaatlarda ve proje güçlendirmede; bina konstrüksiyonu ve malzeme seçimi tüm projenin başarılı olup olmayacağı konusunda çok önemli rol oynamaktadır (Snodgrass, 2006). Yeşil çatı projelerinde karşılaşılan strüktürlerin en yaygın türleri

betonarme, ön yapım beton plakalar, çelik ve çelik-beton kompozit malzemelerdir (Cantor, 2008). Döşeme malzemesi ne olursa olsun, yeni yapılacak veya rehabilite edilecek yapının yük taşıma kapasitesi araştırılmalıdır (Forbes, 2010). İlave yüklere karşı verdiği taşıma kapasitesinden dolayı genellikle en uygun döşeme strüktürü betonarmedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Beton yüzey üzerine yapılan yeşil çatılar, yeşil çatı projeleri için en iyi örneklerdir (Snodgrass, 2006).

Kontraplak (ahşap panel), Kuzey Amerika’da çatıda en yaygın olarak kullanılan malzemedir. Beton veya metalden daha az strüktürel güce sahiptir, ticari projelerin en tercih edilen malzemesidir. Ahşap panellerin bu yüzden yeşil çatıyı desteklemek için ek desteğe ihtiyaçları vardır (Snodgrass, 2006).

Ahşap karkas yapılar ise; çelik ve betonarme binalara göre daha az yapısal güce sahip olup bu sınırlama çatıya uygulanan ağırlığa doğrudan yansımaktadır. Genel olarak ahşap yapıların yeşil çatıları kutulu ya da saksı bitkileri, ahşap zemin kaplaması ve emniyet korkulukları ile sınırlı kalmaktadır (Osmundson, 1999).

3.2.11 Çatı Eğimi

Birçok yeşil çatı projesinde inşa edilecek çatı yüzeyi düz görünse de, aslında hemen hemen tüm çatı yüzeyleri uygun drenajı sağlamak için eğimli bir yüzeye sahip olmalıdır (Luckett, 2009). Eğimli bir çatının en düşük kenarında bulunan yetiştirme ortamı bol miktarda su tutacaktır. En üst kenarında ise daha az su ve daha fazla hava boşluğu bulunmaktadır. Bitki türleri, bu nem farklılıkları dikkate alınarak seçilmelidir. Uygun sulama sistemi tasarımı, eğimden kaynaklanan su durumu farklılıklarını dengeleyebilmektedir. Eğimli çatılarda; tasarımcıların bitkilerin doğru bölgelere yerleştirilmesi için bitki uzmanları ile koordineli çalışması gerekmektedir (Snodgrass, 2006). Eğimli yeşil çatılar ile ilgili en önemli sorun kayma sorunudur. Kayma veya bombeleme sorunuyla; çıta konularak veya çerçeveleme (ızgara) yapılarak mücadele edilebilmektedir. Bu yöntemler kullanılarak yeşil çatılar 30 derece veya % 58 eğime kadar kolayca yapılabilir. Bu taneli malzemeler için duruş açısidir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Düz çatılar ise uzun açıklıklı yatay yüzeylerin örtülmesi için pratiktir, aynı zamanda düz çatılar daha küçük ölçekli yapıları kapsayacak şekilde de kullanılabilir. Bu tür çatılar için hava koruması, genellikle esnek malzemelerden (erimiş katran ve asfalt veya elastomerik veya plastik tabanlı katmanlardan) yapılmaktadır. Bazı durumlarda düz çatı yapmak daha ekonomik olmasına rağmen, birincil eksikliği yağmur suyu drenajını kolaylaştırmak için düşük eğime sahip olması, su birikimine yol açabilmesi ve tüm çatı sisteminin bozulmasını hızlandırabilmesidir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Eğimli ve düşük eğimli çatılar, özellikle yaz mevsiminde doğrudan güneşe maruz kaldığı için olağanüstü ısınırlar. Sıcaklık değişimi, normal hava koşullarında bile, gün boyunca 70 C⁰'yi aşabilir. Eğimli veya düşük eğimli çatıda bir yeşil çatı uygulaması, kullanım amacı ve pratik uygulanabilmesine bağlıdır. Herhangi bir yeşil çatının birincil amacı, su saklama ve yağmur suyu akışını azaltmak ise bunun için düşük eğimli çatılar daha uygun olabilmektedir. Çünkü minimum eğim yağmur suyu akışını geciktirmekte ve su tutulmasını kolaylaştırmaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Betonarme strüktür tarafından desteklenen yeşil çatılarda ise minimumda % 2 eğim sağlanmalıdır. Diğer yapısal sistemler tarafından desteklenen yeşil çatılar için minimum çatı eğimi % 3'tür. Erozyona karşı dirençli bir yeşil çatı için % 40'dan daha fazla eğim tavsiye edilmemektedir (FMIC, 2007).

3.2.12 Yangın Önleme ve Riskler

Günümüzün ilk yeşil çatıları yangın tedbirlerine uyumlu kurulmuştur. Almanya'daki yeşil çatı deneyimleri yangın riskinin küçük olduğunu göstermesine rağmen, kuru bitkilerin uzun süreli sıcak havalarda yangına yakalanma potansiyeli vardır (Green roof guidelines, b.t). Ot yangınlarını önlemek için çatı boyunca, düzenli aralıklarla yangın kırıcı entegrasyonu; çatı çevresi ve tüm çatı çıkmaları etrafında tavsiye edilmektedir. Bu kırıcılar çakıl veya beton gibi yanmaz malzemeden yapılarak, 60 cm genişliğinde ve tüm yönlerde 40 metre ara ile yerleştirilmelidir. Diğer seçenekler ise yangın geciktirici sedumların kullanımındır. Sedumlar yüksek su içeriğine sahiptir bu nedenle yangın önlemeye katkı

sağlamaktadır ya da yangın alarmina bağlanabilen bir yağmurlama (sprinkler) sulama sistemi önerilebilmektedir (Peck ve Kuhn, b.t).

İyi tasarlanmış bir yeşil çatı yangın riskini önlemede başarılı olabilmektedir. Bazı bitkiler diğerlerine göre daha az yangın dayanıklı olmasına rağmen, organik madde katmanları ve nem, yangının yayılmasını önlemede etkili olabilmektedir. Tüm yeşil çatılar, yerel yangın yönetmelikleri ile uygun olmalıdır. Hatta bunların denetimi itfaiye birimleri tarafından yapılmalıdır (Tolderlund, 2010).

Vasella, ekstansif yeşil çatı tasarımında dikkate alınması gereken bazı tedbirleri şu şekilde belirtmiştir. Bunlar;

- Bacalar, birbirinden en az 40 metre mesafede ve çatı yüzeyi üzerinden en az 30 cm yukarıda olmalıdır.
- Tüm çatı pencereleri ve çatı çevresinde yerleştirilen 50 cm genişliğinde çakıl şerit olmalıdır.
- Çatılar diğer yapıların bitişik olan herhangi bir tarafı boyunca 50 cm çakıl tampon şerit içermelidir.

Defahl (1998) ise çatıda kullanılan drenaj sistemi ve substrat seçiminin yangından korunmada önemli rol oynadığını gözlemlemiştir (Cunningham, 2001).

3.3 Yeşil Çatı Sistemini Oluşturan Katmanlar

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi yeşil çatılar boyutu, türü ve fonksiyonu bakımından farklılıklar göstermektedir. Bununla birlikte yeşil çatının düzgün bir şekilde işleyişini sağlayan evrensel olarak kabul gören bazı bileşenleri vardır. Bu bölümde bir yeşil çatı sistemi için gerekli olan bu evrensel bileşenlerden su yalıtım tabakası, koruyucu tabaka, ısı yalıtım tabakası, kök tutucu tabaka, drenaj tabakası, filtre tabakası, yetişme ortamı ve bitkilendirme tabakası hakkında ayrıntılı bilgilere yer verilmekte olup, bitkilendirme tabakasının alt başlığında ise bitki seçimi, bitki türleri ve bitkilendirme yöntemleri başlıklar halinde ele alınmaktadır.

Tüm bitkilendirmeler dikkatli yapım sürecini gerektirmektedir. Bir projenin başarısı için yapısal şartların eksiksiz ve sorunsuz olması; çatı mimari anlatımının ise tam olması gerekmektedir. En alt tabakadan en üst tabakaya kadar nelerin olduğu çizimlerle ifade edilmelidir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Yeşil çatılar düzgün işleyişi sağlamak için tasarlanmış sistemler gerektirmektedir.

Her bir yeşil çatı tek ve benzersiz iken ortak bileşenleri, su yalıtımı, ısı yalıtımı, filtrasyon, drenaj tabakası, kök tutucu, yetiştirme ortamı ve bitki malzemesidir. Bu elemanlardan herhangi biri eksik olursa veya olmadığı düşünülürse, çatının başarısız olmasına, çatı su kaçaklarının oluşmasına neden olabilmektedir. Pratik sorunların genellikle yapım ve onarımla ilgili olduğu, çatıdaki başarısızlık ve hataların ise genellikle pahalıya mâl olduğu görülmektedir. Unutulmamalıdır ki, doğru mühendislik, planlama, tasarım, ve kurulum yeşil çatı için mutlaka gereklidir (Snodgrass, 2006).

Uygun sistem bileşenini seçmek için; teknik özellikler, uygun sürdürülebilirlik performansı, ticari açıdan mevcut olup olmadığı veya özel fabrikasyon gerektirip gerektirmediği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca ürüne ait standartlar bulunarak eşit veya daha kaliteli ve benzer ürünler olup olmadığı araştırılmalıdır. Sonuç olarak başarılı bir kurulum için bunlara ayrı ayrı dikkat edilmesi gerekmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Aşağıdaki temel kriterler yeşil çatı bileşenlerinin her biri için tespit edilmelidir;

- Fonksiyon
 - Fiziksel Özellikler: Bileşen nelerden yapılmıştır?
 - Fiziksel sınırlamalar (kısıtlamalar): Sistem içinde bileşenin performansını etkileyen herhangi bir sınırlayıcı özellik var mı?
 - Diğer bileşenler ile ilişkileri: Bileşen diğer bileşenler ile uyumlu mudur?
- (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Bileşen Özellikleri, Fonksiyonu ve Performansı;

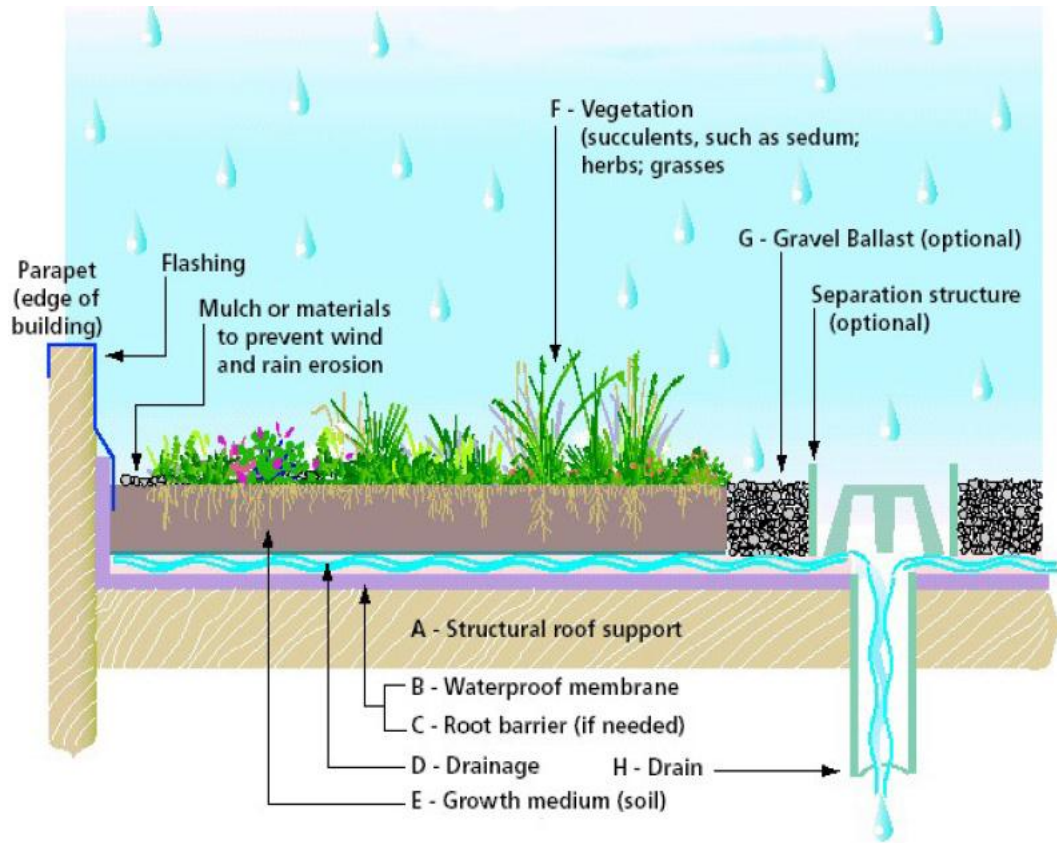
- Bileşenin fiziksel özellikleri, fonksiyonu ve sistem uygulamasının genel bir tanımını sağlamak amacıyla temel bilgileri içermelidir.

Her bir bileşen için bunları değerlendirmek fayda sağlayacaktır;

- Performans kriterleri
- Teknik gereklilikler (ihtiyaç)
- Bir ürünün değerlendirilmesi için kaynak, standartlar vs. (mevcut endüstri standartları var mı?, meslek odalarının önerileri vs.)
- Maliyet (ne'den yapılmakta (madde türü), malzeme; bileşenlerin performansını nasıl etkiliyor, malzeme diğer sistem bileşenleriyle uyumlu mu?)
- Mevcut ürün (mevcut ürün verilen konumda çalışacak mı?)
- İmalatçılar ve tedarikçiler (üretimi kim yapacak?)
- Bulunabilirlik (kolayca bulunabilir mi?)
- Özel imalat (ticari olarak kolay temin edilemezse, fabrikasyonu kim yapacak?)
- Yeni ürünleri ve inşaat eğilimlerini değerlendirmek (yeni veya denenmemiş ürünler mevcut mu?)
- Bileşenlerin belirtilmesi ve dökümantasyonu ile ilgili konular (Bileşen nerede kullanılıyor, geniş bir alan üzerinde kullanılırsa fabrikasyon olarak boyutları uygulama ile uyumlu olacak mı? diğer malzemeler ile fiziksel veya kimyasal reaksiyonları var mı, bu bileşenlerin performansını etkileyebilir mi?)
- Bileşenlerin kurulumlarıyla ilgili konular (iyi bir performans sağlamak için, bileşenin kurulum ve bakımı nasıl olacak?)
- Bileşenlerin özellikleriyle ilgili konular (Ürün bilgileri gerekmede, kullanılan ürünün istenilen özellikleri karşıladığından emin olunması gerekmektedir)
- Standartların uygulanabilirliği (Uygun bileşenlerin seçimine yardımcı olabilmek için hangi standartlar mevcut?, Bileşenlerin özelliklerini de anlatan, hangi standartlar açıkça uygundur ve uygulanabilmektedir?, Bileşenin test edilmesine gerek var mı?, eğer varsa test sonuçlarının yorumlanması gerekmektedir.) (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Yeşil çatı aslında işleyen bir sistemi andırmaktadır. Çeşitli bileşenleri ve katmanlarıyla birlikte çalışan tek bir birleşik birim olarak işlev görmektedir (Şekil 3.4). Bu sistemin katmanları ise aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

- 1- Su yalıtım tabakası,
- 2- Koruyucu tabaka,
- 3- Isı yalıtım tabakası,
- 4- Kök tutucu tabaka,
- 5- Direnaj tabakası,
- 6- Filtre tabakası,
- 7- Yetiştirme ortamı ve
- 8- Bitkilendirme tabakası'dır.



Şekil 3.4 Yeşil çatı sistemi kesiti (Thomas, 2003)

Sistemin tüm bileşenleri bir ömürlük tasarlanmış olmalıdır. Tek bir katmanın başarısızlığı sonucunda tüm sistemin değişmesi gerekebilmektedir.

3.3.1 Su Yalıtım Tabakası (Çatı Membranı)

Bütün çatıların gerek yeşil çatı olsun gerekse geleneksel çatı sistemi olsun nem ve güneşe karşı korunmak için membrana ihtiyacı bulunmaktadır. Membran yeşil çatı sistemlerinin en önemli bileşenlerinden bir tanesidir (Learned, 2007). Bu tabaka genellikle esnek, gerilme mukavemeti olan, kolay ve rasyonel bir şekilde birleşebilen, alt tabakalarla düşük seviyede yapışma özelliği olan bir tabakadır (Cunningham, 2001)(Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Su yalıtım tabakası (Stater, b.t.)

Membran; styrene butadiene styrene (SBS), elastomerik asfalt veya polivinil klorid (PVC) tabanlı üretimlerden oluşabilmektedir (Vanwoert, 2004)(Şekil 3.5). Ayrıca termoplastik poliolefin (TPO) membranlar da mevcuttur. Eğer su yalıtım malzemesi organik ise, bitki köklerinin membrana zarar vermesini önlemek için ek olarak kök tutucu tabaka gerekli olacaktır (Velazquez, 2005). Etkili ve güvenilir su yalıtım tabakası olmadan yeşil çatının başarılı olabileceğini söylemek mümkün değildir (Snodgrass, 2006). Yeşil çatıların yatay ve dikey kesitleri koruyucu bir zar ile su geçirmez olmalıdır (Köylü, 1997).

Yeşil çatıda bulunan bu tabakanın aynı zamanda bahçe aletleri, onarım ve bitki kökleri gibi mekanik hasarlara karşı direnme yeteneğine sahip olması beklenmektedir. Sonuç olarak binanın ömrü boyunca tamir ve değişim olmadan kalıcı dayanıklılık yeteneğine sahip olmalıdır. Uygun su geçirmez membran seçimi mimar veya tasarımcı sorumluluğundadır. Bu nedenle mimar membran tasarımı ve kurulumuna dikkat etmelidir. Çatı bahçesi tasarımcısının su yalıtımına zarar vermeyecek, membran için mümkün olan en uzun ömre katkı sağlamak adına tasarım ve inşaat çözümleri geliştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle kalıcı bir su geçirmez membran kurulumu için en iyi uygulama mimar ve peyzaj mimarı arasında yakın işbirliğini gerektirmektedir. Mimarlar ve mühendisler tarafından kullanılan çeşitli ürünlerin doğasını anlamak ve onları sudan korumada bahçe tasarımcısının bilgisi oldukça önemlidir. Uygun malzeme seçimi ve en yüksek kalitede işçilik ayrıca büyük önem taşımaktadır (Osmundson, 1999). Bu noktada su yalıtım tabakası üzerinde yer alan kök tutucu tabaka ve drenaj tabakası bileşenlerinin de önemli bir rol üstlendiği görülmektedir (Vanwoert, 2004).

Yeşil çatı kurulduktan sonra, su kaçağını önlemek için membran çatıya sıkıca yapışmazsa ileriki aşamalarda sızıntının yerini bulmak oldukça zor olabilmektedir. Çünkü yeşil çatı kurulduktan sonra büyük masraf olmadan çatı tamir edilmesi veya değiştirilmesi mümkün olamamaktadır bu yüzden membranın alttaki tabakaya tamamen yapışması gerekmektedir. Kurulum ve malzeme açısından ise yüksek standartları karşıladığından emin olunmalıdır. Şu anda su yalıtımı tabakası; düz ya da eğik çatı için kullanılan yöntem ve malzemeler açısından üç gruba ayrılmaktadır (Osmundson, 1999).

3.3.1.1 Çok Katlı Su Yalıtım Tabakası

Çok katlı su yalıtımı; konut, ticari ve endüstriyel binalarda yıllardan beri kullanılan standart bir yöntemdir ve halen sıkça kullanılmaktadır (Osmundson, 1999). Adından da anlaşılacağı gibi, bu membran bir dizi çok katlı çakışan öğeden oluşmaktadır (Fisher, 2007). Basit olarak belirtilecek olursa, bu sistem 2 kat sıcak asfalt bitümün arasında, asfalt emdirilmiş ve hafifçe üst üste getirilmiş keçe

örtülerden oluşmaktadır. Bu sistemde (çok tabakalı) asfalt veya bitüm birincil su yalıtım malzemeleridir. Çok katlı su yalıtımı, bitümün organik bir madde olması yüzünden durgun suya, güneşe maruz kalmaya, sıcaklık değişikliklerine ve hava kirleticilerine karşı dayanıksızdır. Ultraviyole ışınları, atmosfer sıcaklığındaki değişim ve havada bulunan nem; malzemelerde büzölmeye, çatlamaya ve sızıntılara yol açmaktadır. Gölge ve sıcaklık değişimi için çatı yüzeyi üzerinde kırık çakıl tabakası uygulaması, bu tür çatıların büyük ölçüde ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca 15 ya da 20 yıl boyunca üretici ve uygulayıcılar tarafından garanti altına alınmaktadırlar. Bahçe malzemeleri ile kaplı olup olmadıkları, güneşin veya atmosferin şartlarına maruz kalıp kalmamaları çok önemlidir. Bu olgu, membranın çatı bahçelerinde yalnız kullanılmasını engellememektedir. Kök geçirmez malzemeli bir katman, bu membran türüyle uyumlu olduğu sürece membran üstüne eklenebilir. Çok tabakalı su yalıtım membranının; betondan koruyucu tabaka, levha veya diğer kök tutucu tabakayla birlikte kullanılmasında fayda vardır (Osmundson, 1999). Membran üzerine bir beton tabaka eklenmesi, çatının uzun yıllar dayanıklı olmasını sağlayacaktır. Beton tabakası sadece kökleri zarara karşı korumakla kalmaz eğimli yapıldığı takdirde çatı drenajını da kolaylaştırmaktadır. Ayrıca inşaat aşamasında koruyucu tabaka görevi de üstlenmektedir (Fisher, 2007).

3.3.1.2 Tek Katlı Su Yalıtım Tabakası

Tek katlı su yalıtım membranları, inorganik plastik veya sentetik kauçuk malzemelerden oluşmaktadır. Eklem yerleri üst üste getirilerek ısıtıcı veya yapıştırıcılarla montajı yapılmaktadır (Osmundson, 1999). Rulo tabakalardan oluşmaktadır (Snodgrass, 2006).

Ateşle yapıştırmalı veya sıcak asfalt olarak uygulanırlar. Tek katlı su yalıtım membranı köklere dayanıklıdır ve ekstra kök bariyeri gerektirmez (Snodgrass, 2006). Modern elastomerik ürünler doğru bir şekilde uygulandıklarında geleneksel çok katlı membranlara göre birçok avantajı bulunmaktadır (Osmundson, 1999). Düzgün uygulandıklarında ve bağlantı yerleri düzgün kontrol edilip bağlandığında, yeşil çatı uygulamalarında çok iyi performans göstermektedirler (Snodgrass, 2006).

Ortalama 10 ila 15 yıllık bir servis yapabilmektedir. Tek katlı su yalıtım tabakası kullanımının önemli bir avantajı, çok katlı sistemlere göre daha hızlı kurulabilmesi ve daha az işçilik gerektirmesidir. PVC ve EPDM membranları, kurulumu kolay ve nispeten düşük maliyetlidirler. EPDM membranı; yeşil çatılar için iyi bir seçenektir, köklere karşı dayanıklı olduğu için ek bir kök bariyeri gerekmez (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Avrupa’da kullanılan ekstansif yeşil çatı sistemlerinde çoğu kez PVC’li su yalıtım membranı kullanılmıştır. PVC membranlar; suyu geri çevirme adına iyi bir performans göstererek kökün membran içine işlemesini engellemektedir (Scholtz-Barth, 2001).

3.3.1.3 Sıvı Uygulanan Su Yalıtım Tabakası

Sıvı uygulanan membranlar; çoğunlukla kubbe ve kabuk gibi karmaşık şekillerin yanı sıra su yalıtımı gerektiren dikey kenarlar için uygulanır. Yeşil çatılar genellikle karmaşık şekiller üzerine kurulmadığı için bu membran daha az kullanılmaktadır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).



Şekil 3.6 Sıcak uygulanan likid membran (Henshell, 2005)

Sıvı uygulanan membran; sıcak veya soğuk bir sıvıdır, beton yüzey üzerine boyama veya püskürtme ile uygulanır (Fisher, 2007). Bu tür membranlar da diğerleri gibi doğal olarak bitki köklerine karşı dirençlidir (Snodgrass, 2006)(Şekil 3.6).

3.3.1.4 Su Yalıtımı Tabakası Seçiminde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Kriterler

Su yalıtım membranının seçimi ve özellikleri; bir çatı sistemi içinde yer alan diğer bileşenlerin seçimi ve özellikleriyle koordineli olarak belirlenmelidir. Bu bağlamda çatı ve döşeme yüzeyi, uygun su yalıtım sisteminin seçiminde yol gösterici olabilmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Membranın kimyasal yapısı sistem bileşenleriyle uyumlu olmalıdır (Learned, 2007). Bileşenlerin uyumluluğu tüm sistemin uzun süreli performans sağlamasına yardımcı olacaktır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Eğer membran; katran veya başka organik maddeler içeriyorsa membran ile bitki tabakası arasında sürekli bir ayırıcı gerekmektedir (Learned, 2007).

Öncelikli olarak koruma ön planda olduğu için, birden fazla işleve cevap veren ve daha uzun ömürlü su yalıtım sistemleri tercih edilmelidir. Su yalıtım sisteminin yetersizliği sadece bina içi hasara yol açmaz, aynı zamanda betonarmede korozyona sebep olabilmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Su yalıtım sisteminin seçimi mimar ile yapılabilir; ancak yapı mühendisi, peyzaj mimarı, kurulumu yapan kişiler, tedarikçiler ve yapı sahibiyle dayanışma içinde karar verilmelidir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Genel olarak su yalıtım tabakası seçiminde;

- Döşeme strüktürünün boyutu ve karmaşıklığı
- Çatı alt katının ne olarak kullanıldığı
- Yapım teknikleri (yeşil çatı sistemlerinin kurulumu ve sonraki bakım önlemleri)
- Membrana erişebilirlik

- Membranın koruma yeteneği
- Maliyet
- İklim, yapım uzmanlığı ve malzeme mevcudiyeti gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

3.3.2 Koruyucu Tabaka

Çatı membranının; binanın strüktür hareketine, gün içindeki sıcaklık değışimine, yeşil çatı kurulumu aşamasındaki zarar görmelere ve gübrelemeye karşı korunma ihtiyacı vardır (Ting Au, 2007). Tüm bileşenler kurulana kadar membranı korumak için bir plan oluşturularak membran koruma tabakası kullanılmaktadır. Genellikle bu tabaka bozulmayan ve suya karşı dayanıklı malzemeden yapılmaktadır (Tolderlund, 2010).

Koruyucu tabaka ağırlıklı beton tabaka şeklinde, sert bir yalıtım örtüsü, kalın plastik levha, bakır folyo veya çeşitli malzemelerin kombinasyonu şeklinde olabilmektedir (Ting Au, 2007). “Korunma derecesine bağı olarak, örgüsüz kumaşlar, filmler, hasırlar veya düzlem plaklar koruyucu tabaka olarak kullanılabilir.” (Pehlevan ve diğ., 2010, s. 119). “Çürümeye dayanıklı özel keçeler; kök tutucu katmanları ve su yalıtım tabakalarını mekanik etkilere karşı korurlar” (Sistem ondugreen, b.t).

Sağılık açısından olumsuz özellikleri nedeniyle üretimi durana kadar, geçmiş yıllarda 6,4 mm kalınlığında ve 1,2 ila 2,5 metre boyutlarında asbest tabakası kullanılmıştır (Osmundson, 1999).

....Ancak bu malzemenin kullanımı sınırlandırıldıktan sonra son yıllarda farklı bileşime sahip katmanlar kullanılmaktadır. Bitkilendirme ortamı altında test edilmemiş olmasına rağmen, bugün çoğunlukla inşaat sırasında kullanılan malzemelerden biri, selüloz elyafla güçlendirilmiş çimentodan imal edilen panellerdir. Bu malzemeler, sıkıştırılmış tabakalar halinde bulunurlar. Belirli bozulma ve çürüme testlerine tabi tutulmuş ve bozulma ya da çürümeye dayanıklı

oldukları ortaya konmuştur. Bunlara örnek olarak hardipanel verilebilir.’ Koruma katmanı membran üzerine gevşek olarak yerleştirilmelidir ve çatıyı örten izolasyonla ve beton koruyucu tabakayla kaplanarak inşaat sırasında yerinde bırakılmalıdır. Koruma tabakası çatının kalıcı bileşenidir. Eğer ağırlık sınırlamaları çatı üstüne beton koruma tabakasının yerleştirilmesini engelliyorsa, su yalıtımının üzerine direkt olarak genişletilmiş ısı izolasyonu yerleştirilir ve bunu koruma tabakası takip eder. Daha sonra ise, koruma tabakası üzerine bahçe bileşenleri yerleştirilir (Ekşi, 2006, s.77).

3.3.3 Isı Yalıtım Tabakası

İnşaat sektöründe, ısı yalıtımı yönetmelikler kanalıyla sağlanmaktadır. Yalıtım binanın dış yüzeyleri sayesinde, içerideki sıcak ya da soğuk havanın dışarı geçişini azaltarak, kışın binayı daha sıcak tutmaya yardımcı olmaktadır. Mekan için daha istikrarlı ve optimal düzeyde sıcaklık sağlamakla birlikte, bina sakinleri için daha fazla rahatlık sunmaktadır. Yalıtım yoğunlaşmayı azaltmaya yardımcı olmaktadır. Bir binada yoğunlaşmanın ve bununla bağlantılı olarak nemin azaltılması insanlara daha rahat bir ortam sunmaktadır ayrıca malzeme ömrünü uzatmaktadır. En önemlisi, iyi bir yalıtım soğuk binalar için enerji talebini azaltmaya yardımcı olur. Enerji tüketimi; ekonomik, çevresel ve kültürel maliyetlere sebep olduğu için entegre tasarım çözümleri ve daha etkili malzeme ve yapım yöntemlerinin kullanılmasına yol açmaktadır.

Enerji verimliliği de, yönetmeliklerle düzenlenmektedir. İzin verilen ısı kaybı ve enerji verimliliği için standartlar yönetmeliklerde belirlenmiş olup, bölgesel ve yerel iklim koşullarına göre değişiklik göstermektedir.

Yeşil çatılar üst düzeyde yalıtım sağlamaktadır. Yalıtım özellikleri yetiştirme ortamının derinliği ve nem içeriğine (miktarına) bağlıdır. Yeşil çatı sistemi aracılığıyla binanın enerji performansını artırmak için bir yöntem, toprak kütlelerini artırmaktır, bu da sistemin termal direnç sağlamasına yardımcı olmaktadır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

İklime bağılı olarak, daha fazla ısı kazancı sağlamak için ek bir yalıtım katmanı kök tutucu tabaka altına monte edilebilir. Yalıtım tabakasının hafif ve basınca karşı dayanıklı olması gerekmektedir böylece üstteki malzemenin ağırlığıyla ezilmiş veya şekil değıştirmiş olmayacaktır (Cantor, 2008). Yeşil çatı tasarımı ve su yalıtım tabakasının özelliklerine bağılı olarak; ısı yalıtım tabakası su yalıtım tabakasının üzerine veya altına kurulabilmektedir (Forbes, 2010).

En çok kullanılan ısı yalıtım malzemeleri açık gözenekli (ekspanded polistren köpük, EPS) ve kapalı gözenekli (ekstrüde polistren köpük, XPS) malzemeler olmak üzere ikiye ayrılabilirler. Bunun dışında; hasır ve plak şeklinde cam yünü, taş yünü, Hindistan cevizi lifi, masif yaygı şeklinde cüruf köpüğü, perlit veya gazlı arduvaz ve plak şeklinde ahşap lif esaslı malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılabilmektedir (Pehlevan ve diğ er., 2010, s. 120)(Şekil 3.7).

Bu iki malzeme de genellikle yeşil çatıları hafif bir şekilde oluşturmak için kullanılmaktadır (Tolderlund, 2010).



Şekil 3.7 Isı yalıtım tabakası (Ancaya, b.t)

Çatının su yalıtım tabakası kontrol, tamirat v.b. çalışmalar esnasında çeşitli mekanik etkilere maruz kalır. Isı yalıtım tabakası, su yalıtım örtülerinde mekanik

tahribat nedeniyle oluşan hasarları da ortadan kaldırır. Isı yalıtım tabakası sayesinde, su yalıtım örtülerinde ultraviyole ışınlar nedeniyle oluşan tahribatlar önlenerek bu tabakanın ömrü uzatılır (Koç ve diğer., 1998, s.505).

Bu tabakalar % 100'e yakın kapalı gözenekli ve bünyesine su almayan, ısı yalıtım katsayısının sabit olduğu sert köpük benzeri malzemelerden yapılmaktadır. Uygulamada, ısı yalıtım tabakalarının üzerine filtre tabakası ve bunun üzerine de çakıl, karo veya beton gibi malzemeler yerleştirilir. Böylece, rüzgarın ısı yalıtım tabakalarını yerinden oynatması veya suyun bu tabakaları yüzdürmesi önlenabilir (Koç ve diğer., 1998, s.505).

“Isı yalıtım tabakasının bütün çatı bahçelerinde kullanılması gerekmemektedir. Örneğin, garajlar üzerinde gerçekleştirilen uygulamalarda, ısı yalıtım tabakasının yer alması isteğe bağlıdır. Bu tabakaya genellikle yaşama ve sürekli kullanım mekanlarının üzerinde yer verilir.” (Koç ve diğer., 1998, s.504).

3.3.4 Kök Tutucu Tabaka

Çatının üzerinde kurulacak su yalıtım membranı; zift, asfalt veya diğer organik maddelerden herhangi birini içeriyorsa, membran ve bitki tabakası arasının sürekli bir biçimde ayrı olarak muhafaza edilmesi gerekmektedir. Çünkü su yalıtım membranı mikroorganizmaların ve köklerin faaliyetlerine karşı duyarlıdır bu yüzden çürümeye karşı dayanıklı değildir (Snodgrass ve diğer., 2010).

Yeşil çatıya kök tutucu tabaka ya da koruyucu tabaka kurulması, başarılı bir yeşil çatı oluşturmak için gerçekleştirilmesi gereken önemli adımlar arasındadır. Yeşil çatı katmanlarında her katman önemli olmasına rağmen, iyi bir kök tutucu tabaka suyun çatıya vereceği zarara karşı çatıyı korumak için son derece önemlidir (Forbes, 2010). Çünkü bitkiler su yalıtım membranına kolayca nüfuz edebilmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Eğer su yalıtım membranı; köke karşı dayanıklılığı sağlarsa kök tutucu tabakaya gerek duyulmayabilir (Clark, 2008).



Şekil 3.8 Kök tutucu tabaka ve direnaj tabakası (Stater, bt.)

Kök tutucu tabaka, bitki büyümesi için hiçbir zararlı madde içermemelidir. Bu tabakanın seçimi aşamasında; peyzaj mimarı, yeşil çatı uzmanı, mimar, su yalıtım üreticisi, kurulumu yapanlar ve bağımsız bir su yalıtım danışmanın fikirlerine başvurulmalıdır. Seçilen toprak karışımı, yetiştirme ortamı ve bitki türünün yanı sıra, su durumu da kök tutucu tabaka seçimini etkileyebilmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Bitki köklerinin özellikle sağlam ve sert olacağı düşünülürse, bu tabakanın güçlü kök baskısına karşı da dirençli olması gerekmektedir (Cunningham, 2001)(Şekil 3.8).

Bu kök tutucu sistemler en sık olarak polivinil klorid (PVC) ve yüksek yoğunluklu polietilen levhalar (HPDE)'dan yapılmaktadır. Bazı durumlarda kök gelişimini caydırmak için kimyasal madde emdirilmiş olabilmektedir (Fisher, 2007). PVC rulolardan oluşan kök tutucu tabaka kalınlığı 0,8 mm ile 1 mm arasında değişmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010). Ayrıca kalınlığı 1,5 mm olan etilen propilen rubber (EPDM) de kullanılmaktadır (Cunningham, 2001). Bunlar dışında “Etilen kopolimer bitüm (ECB) ve özel metal folyo içeren bitümlü örtüler kullanılmaktadır.” (Pehlevan ve diğer., 2010, s.120).

En etkili kök tutucular, polietilen plastik levhalardır. Su yalıtım membranı üzerine doğrudan uygulanabilmektedir. Ayrıca bazı kök tutucu tabakalar; poli-propilen jeotekstil kumaşlardan da oluşabilmektedir (Weiler ve Scholz-Barth, 2009).

Kök tutucu katman iki şekilde oluşturulabilir. İlk yöntem diğer katmanlarda olduğu gibi bu gereksinim için bir koruyucu malzemenin kullanılmasıdır. İkinci yöntem ise çatı taşıyıcı döşeme ya da şap gibi beton yüzeylere çeşitli kimyasallar yardımı ile kök tutuculuk özelliğinin kazandırılmasıdır. Ayrıca günümüzde bitkilendirilmiş çatı sistemleri örneklerinin birçoğunda görüleceği üzere su yalıtım katmanı olarak kullanılan bitüm esaslı örtülere de köklere karşı dayanım özelliği kazandırılarak ayrı bir malzeme kullanmadan ekonomik çözüm üretme yöntemleri tercih edilmektedir (Tokaç, 2009, s.55-56).

3.3.5 Drenaj Tabakası

Yeşil çatılar, iyi işleyen bir drenaj sistemine sahip olmalıdır (Snodgrass, 2006). Drenaj sistemi; tüm peyzaj mimarlığı projeleri için, özellikle de başarılı bir yeşil çatı için son derece önemlidir (Fisher, 2007). İlk olarak su yalıtım membranının korunması açısından gerekli bir bileşendir. Bu tabaka yetiştirme ortamı ile çatı membranı arasında yer almaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Sızdırılmış yağmur suyunun çatıdan hızlı yatay bir şekilde kolaylıkla taşınmasına yardımcı olmaktadır (Martin, 2008). Bitkilerin ve yetiştirme ortamının kritik doyma noktasına ulaşmasını sağlayarak bitkiler ve yetiştirme ortamı tarafından absorbe edilemeyen aşırı suları toplamaktadır (Cantor, 2008). Ayrıca bitki köklerini havalandırmak gibi bir özelliği de bulunmaktadır (Ting Au, 2007).

Drenaj sistemi, birbirine çok yakın ilişkide olan iki elemandan oluşmaktadır. Birinci katman, çatının beton koruma tabakasının üzerinde bulunan drenaj materyali katmanı; ikincisi ise çatıdan aşağıya inerek şehrin kanalizasyon şebekesine bağlanan boru ve kanalların bulunduğu sistemdir. Buna ek olarak, başarılı bir drenaj sistemi, üzerinde bulunan katmanlara bağlıdır. Bitkilendirme

ortamının tipi ve filtre örtüsünün kapsamı drenaj sisteminin verimliliğini doğru orantıda etkilemektedir (Ekşi, 2006, s.80).

Yeşil çatı projelerinde drenaj tasarımı; dengeli bir şekilde yapılmalıdır, projenin tasarım amacı da dahil olmak üzere birçok değişken bu dengeyi etkilemektedir. Bu noktada bölgesel iklim, yağış, binanın yapısal yükleme kapasitesi ve çatı eğimi gibi faktörler devreye girmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010). Filtreleme ve yağmur suyu akışını geciktirmek açısından, drenaj sistemi su yalıtım membranının sürekli üzerinde olmalıdır (Weiler ve Scholz-Barth, 2009). Ayrıca bu tabaka; üstündeki bileşenlerin yüklerini karşılayabilmek için yeterince güçlü olmalıdır (Fisher, 2007). Atmosferik şartlara karşı dirençli, uzun ömürlü ve stabil olması gerekmektedir. (Köylü, 1997).

Drenaj çeşitli şekillerde sağlanmaktadır. Çatıyı hafif eğimli tutarak ve tanecikli malzeme içeren çakıl ve agrega gibi malzemeler kullanılarak suyun drenajı sağlanabilir. Ayrıca prefabrike drenaj elemanları da kullanılabilir. Bu sert plastik katman; yukarıdan yumurta kartonuna benzeyen bir görünüme sahiptir, su deposu işlevi üstlenmekte olup aşırı suyu tahliye etmektedir (Cunningham, 2001).

Drenaj malzemeleri yapay veya doğal hafif gözenekli malzemelerden olmalıdır. Aşırı suyu tahliye etmek için gözenekli ve su geçirmez bir yapıya sahip olmalı, kimyasal açıdan dayanıklıya uğramamalıdır. Herhangi bir yük kısıtlaması yoksa çakıl malzeme bu amaca hizmet edebilmektedir. Köşeli malzemelerin kullanılması önerilmemektedir çünkü bu malzemelerin su yalıtım membranına zarar verebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Köylü, 1997). “Serbest granül malzemeler, düz ve profilli plaklar ve hasırlar; drenaj tabakası için uygun malzemelerdir” (Pehlevan ve diğer., 2010,s.119).

Drenaj malzemelerini aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür;

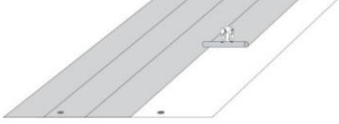
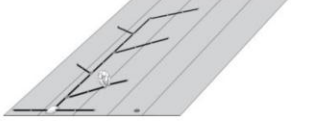
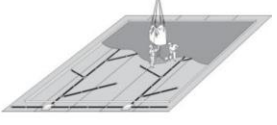
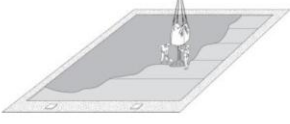
- 1- Granüllü malzemeler (küçük parçacıklar, kırma taş, bezelye çakıl vs.)
- 2- Gözenekli polistren paspaslar, plastik veya organik maddeler
- 3- Drenaj modülleri (Tolderlund, 2010)

Yeşil çatılarda yer alan drenaj malzemeleri ve uygulama safhaları alt başlıklar halinde detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

3.3.5.1 Granüllü malzemeler

İri taneli malzeme çakıl, mıcır, kırılmış kiremit, kilinker, lav kaya, ponza, genişletilmiş şeyl veya genişletilmiş kil granülleri bir katmanda ya da boşlukta birlikte kullanıldıklarında aralarında çok miktarda hava ya da boşluk oluşturmaktadır. Bu boşluklu alan bitki örtüsü yetiştirme ortamı arasından suyu taşımak için kullanılır. Bu yöntem bitki kaplarının tabanına kaba malzeme koyarak drenajı teşvik etmekle aynı olup drenajın en düşük teknoloji ve basit şeklidir. Granüllü malzemenin en büyük avantajı ise, kök için ek alana dönüşebiliyor olmasıdır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Ancak granüler drenaj tabakaları, çatı drenajı için etkili olmasının yanı sıra ağırdır ve kurulumunda yoğun emek gerektirmektedir (Luckett, 2009). Drenaj tabakasının granüllü malzeme olması sebebiyle yetiştirme ortamından, daha istikrarlı bir sıcaklık ve nem koşulları ile gazlı ortam sunmaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Granüllü drenaj malzemelerinin uygulama safhaları Tablo 3.1’de olduğu gibi sıralanabilmektedir.

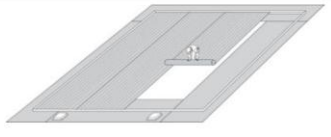
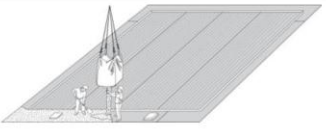
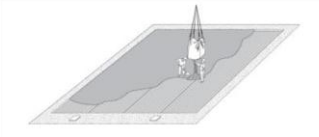
Tablo 3.1 Granüllü drenaj malzemeleri uygulama aşamaları (Green roof handbook, b.t)

 1-Koruyucu tabakanın oluşturulması	 2-Drenaj Sisteminin Kurulması	 3-Çatı kenarlıklarının montajı
 4- Granül Malzemelerinin çatı yüzeyine serilmesi	 5-Granül malzemesinin üstünün filtre tabakası ile örtülmesi	 6-Çatı kenarlıkları ile çatı dış sınırları arasında kalan bölgenin çakıl malzeme ile doldurulması
 7-Toprak tabakasının filtre tabakası üzerine serilmesi	 8-Bitkilendirme için çatı yüzeyine ekim yapılması	

3.3.5.2 Gözenekli paspaslar

Gözenekli paspaslar kendi yapısı içinde suyu emerek bir sünger gibi davranış göstermektedir. Giyim eşyası ve araba koltukları gibi geri dönüşümlü malzemeler olmak üzere bir dizi malzemeden yapılabilmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Bu paspaslardan bazılarının yetiştirme ortamındaki nemi emmesi bakımından birkaç tehlikeli özelliği de bulunmaktadır. Bu olay bitkinin büyümesine negatif etki etmektedir. Gözenekli paspas malzemelerin uygulama safhaları Tablo 3.2’de olduğu gibi sıralanabilmektedir.

Tablo 3.2 Gözenekli paspas malzemeler uygulama aşamaları (Green roof handbook, b.t)

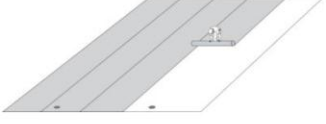
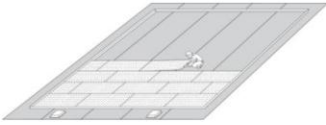
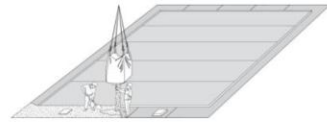
 1-Koruyucu tabakanın oluşturulması	 2-Drenaj kutularının montajı	 3-Çatı kenarlıklarının montajı
 4- Drenaj paspasının (battaniyesi) serilmesi	 5-Çatı kenarlıkları ile çatı dış sınırları arasında kalan bölgenin çakıl malzeme ile doldurulması	 6-Toprak tabakasının battaniye üzerine serilmesi
 7-Bitkilendirme için çatı yüzeyine ekim yapılması		

3.3.5.3 Hafif plastik ve polistren drenaj modülleri

Drenaj modülleri tasarım ve görünüm açısından değişkenlik göstermektedirler. Çoğu tabakalar 2,5 cm’den incedir. Bazılarının su tutma kapasitesi bulunmakta bazılarının ise bulunmamaktadır. Bazıları ise granüler ortam ile dolgu olabilmektedir. Bu modüllerin birçok işlevi bulunmaktadır. Yetiştirme ortamı ve bitki örtüsünü desteklemek için yeteri kadar sert bir yapıya sahiptir. Bitki ortamı altında serbest bir şekilde akan hafif bir drenaj tabakası işlevi görmektedir. Bazı durumlarda, suyu depolayacak ve böylelikle aşırı kurak dönemlerde bitkiler nem elde edebilecektir

(Dunnett ve Kingsbury, 2008). Hafif plastik ve polistren drenaj modüllerinin uygulama safhaları Tablo 3.3’de olduğu gibi sıralanabilmektedir.

Tablo 3.3 Hafif plastik ve polistren drenaj modülleri uygulama aşamaları (Green roof handbook, b.t)

 1-Koruyucu tabakanın oluşturulması	 2-Drenaj Kutularının montajı	 3-Çatı kenarlıklarının montajı
 4- Drenaj tabakasının kurulması	 5-Filtre tabakasının kurulması	 6-Çatı kenarlıkları ile çatı dış sınırları arasında kalan bölgenin çakıl malzeme ile doldurulması
 7-Toprak tabakasının filtre tabakası üzerine serilmesi		 8-Bitkilendirme için çatı yüzeyine ekim yapılması

3.3.6 Filtre Tabakası

Su; bitkilendirme ortamından drenaj sistemine geçerken toprak parçaları ve bitki atıkları taşıyabilmektedir. Eğer su filtrelenmezse; yetiştirme ortamı kaybedilecek ve binanın kanalları tıkanabilecektir (Osmundson, 1999). Bu noktada koruyucu bir eleman olan filtre tabakası akıllara gelmektedir. Filtre tabakası; hafif ve dayanıklı bir malzemedir (Cantor, 2008).

Filtre tabakası olarak serbest (granül) malzeme, düzlem plak veya örgüsüz kumaşlar kullanılır. Kalın serbest malzemeli bitki taşıyıcı tabaka ile ince serbest malzemeli drenaj tabakası filtre tabakasının görevini yerine getirebilir. İyi bir bitki taşıyıcı tabaka elde etmek için drenaj tabakasının üzerine bir filtre tabakası serilmelidir. Bu filtre tabakası kalınlığı 0,7-2,5mm’lik poliamid (PA), polikrolonitril (PAN), poliester (PET), polietilen (PET), ve propilen (PP) esaslı örgüsüz hasırlardan, cam lifleri veya taş yünü gibi malzemelerin liflerinden yapılmaktadır (Pehlevan ve diğer., 2010, s.119).

Günümüzde filtre katmanında, malzeme olarak örgü olmayan formda jeotekstiller tercih edilmektedir (Şekil 3.9). Örgü olmayan jeotekstiller; hizalı ya da düzensiz yerleşmiş olan çeşitli uzunluktaki liflerden oluşmaktadır. Bu lifler çeşitli mekanik, kimyasal ya da ısısal etmenlerle bir araya getirilmiş olarak örtüyü oluşturabilirler. Ya da hammadde olarak kullanılan ağacın kendi yapısal niteliği sayesinde doğal hali korunarak üretilebilir (Tokaç, 2009, s. 54-55).



Şekil 3.9 Filtre tabakası (Suita international, b.t)

Jeotekstil kullanımında genel olarak aşağıdaki özelliklere dikkat edilmelidir.

- 1- Çevresel uyumluluk
- 2- Bitki uyumluluğu
- 3- Yangına karşı davranışı
- 4- Yüzey alandaki birim ağırlığı
- 5- Mekanik filtrasyon etkinliği/diyafram genişliği
- 6- Kök nüfuzuna karşı duyarlılık
- 7- Mikroorganizmalara karşı direnç
- 8- Çekme dayanımı, esneklik ve sürtünme katsayısı (Wheeler ve diğer., 2010).

3.3.7 Yetiştirme Ortamı

1860'lara kadar gittiğimizde bilim adamları yapay toprakta büyüyen bitkiler ve su hakkında belli başlı girişimlerde bulunmuşlardır. Suda büyüyen bitkiler ve yapay topraklar için metodlar (yöntemler) 1860-1890 yılları arasında yayınlanmaya başlamıştır. Bunu takiben 1900'lerde formüllü çözümler daha da geliştirilmiş ve besin eksiklikleri incelenmeye başlanmıştır. Ürün kullanımı için; topraksız yetiştirme ortamı üzerine girişimlere 1928 civarlarında başlanmıştır. Şu anda birçok ortam; genellikle mineral ve organik madde içeren bitki örtüsü çatıları olarak tasarlanmakta ve pazarlanmaktadır (Alsup, 2004).

Yetiştirme ortamı; inorganik madde, organik madde, hava ve suyun tipik bir kombinasyonudur (Tolderlund, 2010). Bu ortamın birincil işlevi bitki örtüsü için fiziksel destek sağlaması ve gelişmekte olan bitkiler için besin, su ve oksijen tedarik etmesidir (Emilsson, 2005). Ayrıca gölgeleme, yalıtım ve evapotranspirasyon sağlamakta böylece yeşil çatı sisteminin termal özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Liu ve Baskaran., bt.).

Yeşil çatı yetiştirme ortamı aşağıdaki özellikleri sağlayan bir birleşime sahip olmalıdır;

- 1- Hafif
- 2- Rüzgar ve su erozyonuna karşı dirençli
- 3- Yabani otlardan, hastalık ve zararlardan arınmış
- 4- Köklerin bağlayıcı etkisiyle rüzgar yükselmesi riskini azaltmak için yetiştirme ortamı içinde iyi bir ankraj sağlamalı
- 5- Organik maddelerden yüksek oranda kaçınma yoluyla yangına karşı dirençli
- 6- Uygun su tutma /bırakma eğilimine sahip (bitkilerin ihtiyaçlarını karşılayabilmeli) (The GRO green roof code, b.t)
- 7- Toprak derinliği, PH değeri ve besin içeriği açısından bitki örtüsü için uygun olmalıdır (Green Roof Manual, 2009).

Yetiştirme ortamı; bir toprak uzmanı tarafından tasarlanabilir veya bir fabrikada mühendislik gerektirecek şekilde oluşturulabilir (Wheeler ve diğer., 2010). Bu mühendislik gerektiren karışım, organik ve inorganik maddeleri belirli bir oranda içermektedir. Özellikle yeşil çatı bitkilerine hava, su ve besin seviyesi sağlamak için tasarlanmakla birlikte, hayatta kalmaları için ihtiyaç duyduğu fazla suyun serbest bırakılmasını kolaylaştırmaktadır (The GRO green roof code, b.t). Yetiştirme ortamını oluşturan maddelerin miktarı hakkında çok tartışma olmuştur. Çoğu durumda çatı konumunun iklimine göre kullanılan organik maddelerin miktarını belirlemek gerekmektedir (Friedrich, 2005). Tipik bir yetiştirme ortamı yaklaşık olarak % 80 organik olmayan malzeme ve % 20 organik malzeme içermektedir (Martin, 2008). Bu sığ köklü bitkiler için gerekli drenaj, toprak hava kapasitesi ve yeterli organik besin sağlayacaktır. Organik veya mineral katkı maddeleri ile toprak karışımı kullanılarak (torf, humus, talaş lav, genleştirilmiş kil), yeşil çatı bitki örtüsünün optimum su tutma yeteneğine, geçirgenliğe, yoğunluğa ve erozyon kontrolüne ulaşması mümkündür (Wheeler ve diğer., 2010).



Şekil 3.10 Proje çalışanları mevcut çatıya substrat eklerken (Dunne ve diğer., 2006, s.45)

Yüksekliği artırılmış bir yetiştirme ortamı; çatının bitkiyle kaplanma oranı, binaya yalıtım sağlama ve yeşil çatının yağmur suyu tutma kapasitesi açısından önemli derecede fayda sağlamaktadır (Martin, 2008)(Şekil 3.10). Ayrıca bu katman bitki büyümesi için gerekli olan; mekanik dayanım, açık gözenek yapısı, besin ve drenaj

özellikleri gibi gerekli tüm unsurları bünyesinde barındırmaktadır (Lennep ve diğer., 2008).

Minimum derecede önerilen bir yetiştirme ortamı yüksekliği; şüphesiz iklimden etkilenmektedir. Soğuk iklim bölgelerinde yeşil çatı bitkilendirmelerindeki hasarlar genellikle bitkilendirme ortamı yüksekliğine bağlı olarak gelişmektedir. Sıcaklığın 0 C⁰'nin altına düştüğü bölgelerde yeterli kalitede yetiştirme ortamı yüksekliği, donmadan kaynaklanan zararları azaltacaktır. Zorlu kış koşullarına karşı soğuk iklim bölgelerinde, önerilen minimum yetiştirme ortamı yüksekliği 100 mm olmalıdır (Martin, 2008).

Hafif yetiştirme ortamı; sık sık ponza, lav kaya, genişletilmiş kil toprakları, hafif emici dolgular ve belirli orandaki organik malzemelerden oluşmaktadır. Uygun ölçekteki (büyüklükteki) mineral bazlı bir yetiştirme ortamı yağmur suyunu etkili bir biçimde muhafaza edebilmelidir. Hafif bir yetiştirme ortamı bitkinin büyüme aşamasında rüzgar erozyonuna maruz kalmaktadır bu nedenle kontrol battaniyesi kullanımını gerektirebilmektedir (Wheeler ve diğer., 2010).

Ekstansif yeşil çatıda kullanılan yetiştirme ortamı genellikle hafiftir ve düşük besin seviyesine sahiptir (Lennep ve diğer., 2008). Çoğu ekstansif yeşil çatının yetiştirme ortamı genişletilmiş kayrak, şist veya kilden oluşmaktadır (Bousselot, 2010). Bu tip çatılarda kullanılan yetiştirme ortamının organik madde açısından düşük bir yüzdeye sahip olması gerekmektedir (Martin, 2007). Şöyle ki ideal ekstansif bir çatının % 75 ila 90'ı inorganik olmalıdır. Kümülatif olarak ortam çok az sıkıştırılmış olmalı ve bitkilere çapa yapılmalıdır. Ortam; nem ve besin muhafaza edebilmeli ayrıca gözenekli olmalıdır. Kesin karışım; çatıya yönelik bitki türleri, arazideki iklim koşulları, ağırlık ve drenaj ihtiyacına göre belirlenecektir. Ortamda PH nötr olmalıdır (Snodgrass, 2006). İntansif yeşil çatılar ise genellikle derin ve verimli bir yetiştirme ortamı gerektirmektedir (Lennep ve diğer., 2008).

Genel olarak bakıldığında yeşil çatı yetiştirme ortamlarında kullanılan malzemeleri tablo 3.4'deki gibi gruplamak mümkündür.

Tablo 3.4 Yeşil çatı substratında kullanılan bazı malzemeler (Dunnett ve Kingsbury, 2008)

Doğal mineraller	Yapay mineraller	Geri dönüşümlü veya atık malzemeler
Kum	Perlit	Ezilmiş kil tuğla veya kiremit, tuğla molozu
Cüruf ve Pomza	Vermikülit	Ezilmiş beton (beton molozu)
Çakıl	Hafif genişletilmiş kil granülleri ve genişletilmiş şist	Alt toprak

3.3.8 Bitkilendirme Tabakası

Dikkatli bitki seçimi yeşil çatı başarısı için şarttır. Geleneksel kurallara göre yer seviyesindeki bir bitki seçimi, çatı üzerinde bazen başarılı olamamaktadır. Yeşil çatının bulunduğu çevre ve coğrafya bitki seçimini etkilemektedir. Bitki seçiminde; güneş ışığı, rüzgar, gölge ve sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalma dahil olmak üzere iklim koşulları dikkate alınmalıdır. Bölgesel farklılıklar ve yoğun güneş ışığına maruz kalma kullanılacak bitki özelliklerini etkileyecektir.

Genel anlamda en başarılı yeşil çatı bitkileri kısa olanlardır. Yani sıcak, soğuk, güneş, rüzgar, kuraklık, böcek ve hastalıklara dayanıklı olan sığ köklü çok yıllık bitkilerdir. Yüksek miktarda besin gerektiren bitkilerden kaçınılmalıdır. Ayrıca bitkilerin kuraklık ve ısı dalgalanmalarına karşı dayanıklı olması gerekmektedir (Snodgrass, 2006).

Del Barrio'ya göre yeşil çatılarda kullanılan bitkiler, çatı yüzeyine yapabilecekleri gölgelendirme kabiliyetlerine göre seçilmelidir. Büyük yapraklı bitki türleri veya yatayda gelişim gösteren bitkiler çatı yüzeyinde tercih edilmelidir. Böylece güneş radyasyonunun bina içerisine iletimi azalmaktadır. Scholtz-Barth ve Scrivens ise yerli çim türlerinin kullanılmasını önermektedir. Yavaş büyüyen bitkiler kök salana kadar yerli türler hızlı filizlenmekte ve toprağı stabil bir duruma getirmektedir (Cunningham, 2001).

3.3.8.1 Yeşil Çatılar için Bitki Türleri

Bitkiler yıllık ve sürekli büyüme döngülerine dayalı olarak sınıflandırılabilir. Yıllık bitkiler büyür, çiçek açar ve bir büyüme mevsiminde ölürler. İki yıllık olanların bitki örtüsü ilk büyüme sezonunda gelişir, sonra çiçek açar, tane topluluğu oluşturur ve ikinci büyüme mevsiminde ölürler. İki yıllık olanlar genellikle yeşil çatıda kullanılmazlar. Uzun ömürlü olanlar ise büyür, çiçek açar, bir veya birden fazla büyüme sezonu yaşarlar (Snodgrass, 2006). Belirtilen yeşil çatı bitki çeşitleri ve diğerleri aşağıda başlıklar halinde incelenmektedir.

a- Yıllık Bitkiler

Yıllık bitkiler ekstansif yeşil çatıların çoğunluğu için baskın bitki türü değildir çünkü bu bitkiler bir proje maliyetini etkin kılmak için gereken uzun ömrü sunmamaktadır. Yıllık bitkilerin yaygın olarak kullanıldığı yerlerde ayda en az 7,5 cm düzenli yağış gerekmektedir. Ayrıca bitkiler için ilave sulama sistemi gerekmektedir (Snodgrass, 2006). *Phacelia campanularia* (kaliforniya maviçanı) bitki türü yıllık bitkiler için ideal bir örnek olarak yeşil çatılarda önerilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 *Phacelia campanularia* (Wikipedia, b.t)

b- Çok Yıllık Otsu Bitkiler

Estetik nedenlerden dolayı, çok yıllık otsu bitkiler ekstansif çatılar için en çok arzu edilen bitkilerdir. Bu tür bitkiler; renk, doku ve mevsimsel değişkenlik sunması açısından oldukça iyidir ancak derin yetiştirme ortamı ve nem gerektirmektedir. Çok yıllık otsu bitkilerin birçoğunun kuraklık toleransı ve diğer ortam koşullarına karşı koyabilme yeteneği sınırlıdır. Ancak bazı çok yıllık otsu bitkiler ekstansif yeşil çatıda iyi gelişim göstermektedir. Örneğin bazı türleri dianthus, phlox, campanula, teucreum, allium, potentilla, achillea, prunella, viola, origanum ve diğer düşük büyüme özelliğine sahip çok yıllık sığ köklü bitkilerdir (Şekil 3.12)(Şekil 3.13).



Şekil 3.12 Dianthus bitkisi (Creekside nursery, b.t)

Bitki materyali olarak uzun boylu otsu çok yıllık bitkiler tercih edildiğinde, yetiştirme ortamı derinliği 10 cm'den fazla yükseltilmiş olup bitkiler için yeterli su kaynakları mevcut olmalıdır. Çok yıllık otsu bitkiler kullanılırken bölgesel konular da önem arz etmektedir. Uyumluluk açısından araziye özgü koşullara göre seçim yapılmalıdır.



Şekil 3.13 Campanula bitkisi (The hairy pot plant company, b.t)

Çok yıllık otsu bitkiler için zengin yetiştirme ortamı, yabancı otlar için daha uygun koşulları oluşturur. Derin bir yetiştirme ortamı seçilmişse, yabancı otları kontrol altında tutmak için ilaç kullanılması rutin bir bakımın parçası olarak gerekli olabilmektedir (Snodgrass, 2006).

c- Dayanıklı Dolgun (sulu, özlü) Bitkiler

Dayanıklı dolgun sulu özlü bitkiler birçok alanda yetiştirme ortamı derinliği 10 cm veya daha az olan sistemler için birincil bitki türleridir. Bu bitkiler kuraklık ve rüzgar koşullarına karşı oldukça dirençlidir. Uzun dönemler için yapraklarında su depolamaktadırlar. CAM olarak bilinen bir metabolik süreç boyunca su tasarrufu sağlarlar. Bu bitkiler stomalarını açarak gece boyunca su kaybını azaltırlar, fotosentez için karbondioksit depolarlar, sonra gün boyunca stomalarını kapatırlar böylece terlemedeki kaybı azaltırlar. Bu çöl bitkileri veya kuru ortam bitkileri sığ kök sistemleri ile diğer bitkilere göre ayırt edici özelliğe sahiptir. Kuraklık dönemlerinde uzun yaşayabilmenin yanı sıra, aşırı soğuğa da dayanabilmektedir (Snodgrass, 2006).

Not: Bazı bitkilerde karbondioksit (CO₂) özümlemesi, Crassulacean asit metabolizması yoluyla gerçekleşmekte olup, bu nedenle bu bitkilere CAM (Crassulacean Asit Metabolizması) bitkileri adı verilmektedir. Birçok bitki CAM olarak sınıflandırılır. Buradan su kısıtlı olduğu takdirde bitkiler CAM süreci geçirecek anlamı çıkmaktadır.

Dayanıklı dolgun sulu özlü bitkiler, sedum, sempervivum, talinum, jovibarba ve delosperma özellikle bazı durumlarda (ince yetiştirme ortamı, sulanamama, ekstansif yeşil çatı için) tek seçenektir. Sedum bitkileri geniş bir alanda etkinlik göstermektedir. Pembe, beyaz ve sarıçiçekleri ile yeri örterek yayılmaktadır. Bazı türlerinin yüksekliği ise 1 metreye kadar ulaşabilmektedir. Genellikle uzun ömürlü ve kendi kendine yayılan bitki türleridir. Sedumların zorlu koşullar altında hayatta kalma özellikleri nedeniyle yeşil çatıda kullanımları son derece uygundur. Sedum bitkilerinin açık yeşilden kırmızı ve mora kadar birçok rengi vardır (Snodgrass, 2006).

d - Otlar

Bu tür bitkiler bulundukları ortama canlılık ve doku katmaktadırlar. Dolgun bitkilere göre daha dik olup, kuş ve böcekler için yaşam alanı sunmaktadırlar. Bu türler kendi kök sistemlerini yerleştirmek için daha derin yetiştirme ortamına ihtiyaç duymaktadır. Çok yıllık bitkiler gibi otlar da bakım gerektirmektedir (Snodgrass, 2006).

e - Yeşil Çatılarda Yerli Bitkiler

Yerli bitkiler iklime, hastalığa, böcek ve hayvanlardan gelebilecek zarara karşı kalıcı bir biyolojik çeşitliliği sağlamak için oldukça dayanıklıdır. Başarılı bir yeşil çatı kurulumu, yapıdaki bitki topluluğuna bağlıdır. Doğal bir bitki topluluğu isteniyorsa, proje çatı ile sınırlı kalmamalı, bir bütün olarak yakın çevresi de göz önünde bulundurulmalıdır. Genellikle bu tür bitkiler ekstansif yeşil çatı ortamına uygun değildir (Snodgrass, 2006).

3.3.8.1.1 Ekstansif (seyrek) Yeşil Çatı Bitkileri. Uyum ve gelişim açısından intansif yeşil çatıdaki bitki çeşitliliğinin aksine, ekstansif yeşil çatılarda bitki çeşitliliği çok daha kısıtlıdır. Yetiştirme ortamı çok sığ olup neredeyse hiç sulama gerektirmemektedir. İlk büyüme mevsimi boyunca bitki materyalinin kurulmasına yardımcı olmak açısından sulama yapılabilir ancak sulama genellikle ilk yıl sonunda kesilir. Ara sıra tamamlayıcı bir sulama aşırı kuraklık esnasında gerekebilmektedir. Ekstansif yeşil çatılar için en iyi bitkiler, beslenme gereksinimi nispeten düşük olan türlerdir. Kök tutucu tabaka penetrasyonunu önlemek için bitkiler ana kök yerine, yan köklere sahip olmalıdır ve tohumların rüzgâr tarafından dağıtılmamasına dikkat edilmelidir. İyi bir büyüme ve çevre koşullarına karşı en iyi adapte olan bitki grupları sedumlar, sulu özlü bitkiler ve benzer türlerdir. Ancak Kuzey Amerika’da yeşil çatı sektörü geliştikçe, bazı otlar da dahil olmak üzere birçok otsu türlerin ekstansif yeşil çatı kurulumu için uygun olacağı görülmektedir (Cantor, 2008).

Her ne kadar ekstansif yeşil çatı bitkileri için çok sayıda seçenek olsa da, yağmursuyu yönetimi, enerji korunumu, habitat oluşumu, ısı adası azaltma, estetik ve kullanışlı yeşil alan oluşturulması gibi farklı tasarım konuları nedeniyle, ekstansif yeşil çatılar için ideal olan bazı bitkilerin temel özellikleri bulunmaktadır. Bunlar düşük büyüme yüksekliği, hızlı büyüme ve yayılma, yüksek kuraklık toleransı, lifli kök sistemi, düşük bakım ve kendiliğinden çoğalmadır (Green roof toolkit, b.t).

Ekstansif yeşil çatılarda birkaç çeşit bitki türü görülmektedir. Bunların dünyanın farklı iklim bölgelerine göre kullanımı zaman zaman değişiklik göstermektedir. Hafiften ağıra doğru aşağıda her birine yer verilmektedir.

3.3.8.1.1.1 Yosun - Sedum. Yosun-sedum ince ve hafif yetiştirme ortamına sahip bir ekstansif yeşil çatı bitkileridir. Olağanüstü yetiştirme koşullarına karşı dayanıklı olup kök sistemi minimum yüksekliktedir. Bitki türleri renk değiştirebilmektedir. Yosun-sedum karışımı uzun süreli kuraklığa karşı koyabilmektedir (Şekil 3.14). Bir yosun-sedum karışımı yaklaşık olarak 2 ila 8 cm kalınlığında bir yetiştirme ortamına ihtiyaç duymaktadır. Suya doyduğunda ise 25 ila 75 kg/m²’lik bir ağırlık aktarmaktadır.



Şekil 3.14 Yosun sedum bitki çeşidi (Extensive green roofs, b.t)

Avrupa’da ince yosun-sedum bitkilendirmesi 2 ila 3 cm kalınlığında yetiştirilmektedir. Özellikle naylon ve bağ teli kullanılarak prefabrike hasır şeklinde forme edilerek üretilmektedir. Bu hasır direk olarak çatı üstüne nakledilmektedir. Böylelikle sedum türleri bütün çatı yüzeyini kısa sürede örtmektedir (Cunningham, 2001).

3.3.8.1.1.2 Sedum. Sedum türleri kuraklık toleransı nedeniyle yeşil çatı projeleri arasında en çok kullanılan bitki türleridir (Getter, 2009). Ağır koşullar altında birçok sedum renklerini yeşilden kırmızıya, mora ve kahverengiye değiştirmektedir (Şekil 3.15). Sedumlar ince yüzeylerde veya basit nemli paspaslar üzerinde büyüyerek aşırı kuruluk dönemlerinde dağınık hale gelmektedir (Living roofs, 2006).

Almanya’da sedum üzerine yapılan gen deneyleri, ekstansif yeşil çatılar için birincil bitki türünün sedum türü bitkiler olduğunu göstermiştir. Sedum tipi bitkilerin Almanya’daki başarısı dünyanın değişik bölgelerinde de araştırılmasına yol açmış, bu cinsin diğer iklim bölgelerindeki kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sedumlar kuraklığa karşı dayanıklı olup, fotosentetik karbon metabolizması sayesinde suyu bünyelerinde biriktirebilmektedirler (Vanwoert, 2004).



Şekil 3.15 Sedum bitki türü (Green roof guidelines, b.t)

Bu çatı bitkilendirmesinin yosun-seduma göre oldukça fazla su tutma kabiliyeti bulunmaktadır. Toplam ağırlığı 50 ila 100 kg/m² civarındadır. (Cunningham, 2001).

3.3.8.1.1.3 Sedum - Yosun - Ot. Sedum-yosun-ot; güneşli, gölgeli ve değişken ışık alabilen alanlar için uygundur. Sistemin yetiştirme ortamı kalınlığı yaklaşık olarak 6 ila 10 cm arasında değişmektedir. Toplam ağırlığı 50 ila 100 kg/m²'dir. (Cunningham, 2001).

3.3.8.1.1.4 Sedum– Ot- Çim. Sedum-ot-çim; güneşli çatılar kadar gölgeli çatılar için de uygundur. Yetiştirme ortamı gerektirmekte ve oldukça fazla miktarda suyu bünyesinde tutabilmektedir. Sistem tamamen suya doyduğunda yaklaşık olarak 100 ila 120 kg/m²'lik bir ağırlık oluşturmaktadır (Cunningham, 2001).

3.3.8.1.2 İntansif (yoğun) Yeşil Çatı Bitkileri. İntansif yeşil çatılar için bitki seçeneği ekstansife göre daha fazladır (Johnston ve diğer., 1993). İntansif yeşil çatı bitkileri büyük çoğunlukla ağaçlar, çalılar ve uzun ömürlü olan bitki türlerinden oluşmaktadır. Ağaçlar için *cedrus nigra* ve *acer palmatum*, çalılar için *forsythia suspensa* ve *spirea vanhouttei*, uzun ömürlü bitki türleri için ise *liriope muscari* ve

opuntia fragilis başlıca intansif yeşil çatı bitkileri arasında yer almaktadır (Şekil 3.16)(Şekil 3.17).



Şekil 3.16 Forsythia suspensa bitkisi (Missouriplants, b.t)

Doğu ABD gibi ılıman iklime sahip bölgelerde bu bitkiler intansif yeşil çatılara uyarlanabilmektedir. Güneş, gölge miktarı, yüksek rüzgar frekansı ve yönü, sıcaklık, su gereksinimleri, büyüme oranı, bitki boyutu ve derinliği intansif yeşil çatı bitkileri için dikkate alınması gereken konulardır (Cantor, 2008).



Şekil 3.17 Acer palmatum bitkisi (Bonsaist, b.t)

3.3.8.2 Bitkilendirme Yöntemleri

Yeşil çatılarda uygulanan bitkilendirme yöntemlerinde dört temel yaklaşım vardır. Bunlar; tohum veya çelikler (aşı dalı) ile doğrudan uygulama, saksıda yetişen bitki veya fide ile uygulama, bitki paspası ile uygulama ve son olarak ise doğal kolonizasyon uygulamasıdır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Bahsedilen bu yöntemler başlıklar halinde incelenmektedir.

3.3.8.2.1 Tohum veya Çelikler (aşı dalı) ile Doğrudan Uygulama. Doğrudan doğruya ekim 20 m^2 'den büyük yeşil çatıların kurulması için faydalı ve ekonomik bir tekniktir. Özellikle çim, otlar veya çayır tipi bitki örtüsü ekimi için uygun olup bütün bir bitki topluluğu olarak kurulmaktadır. Doğrudan ekimde bitkilerin gelişimi uzun zaman almaktadır. Ekimin yüksek bir oranda gerçekleştirilmesi halinde bu sorunun üstesinden kısmen gelinebilmektedir.

Soğuk ve kuraklık bitki büyümesini yavaşlatacağından, tohum bahar aylarında ekilmektedir. Çiçek, ot ya da çiçekli bitkilerden oluşan tohum karışımlarını düzenli dağıtmak zaman zaman zor olabilmektedir. Ekim sırasında yüzey boşluklarının ortadan kaldırılmasına özen gösterilmelidir. Böylece toprak erozyonu tehlikesinin önlenmesi başarıya ulaşacaktır. Tohum dağıtılmadan önce kumla karıştırılırsa bu işlem daha kolay yapılabilir. Tohum ideal olarak ekili alanda 3-5 mm gömülü olmalıdır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Tohum ekim yöntemi dışında aşılama yöntemi dediğimiz bitkiden parça alınarak bitkilerin üretilmesi de mümkündür.

3.3.8.2.2 Saksıda Yetişen Bitki veya Fide İle Uygulama. Doğrudan uygulama küçük ölçekli çatı yeşillendirme projeleri için en uygun yöntemdir. Dikimin tasarlanmış olmasını sağlar. Geleneksel bahçe merkezleri veya fidanlıklardan alınan bitkiler ise her zaman iyi bir seçenek değildir. Çünkü toptan fiyatına alınmaz ise maliyet hızla artacaktır. Ayrıca kök topu boyutu projenin daha sığ türleri için çok büyük olabilmektedir. Bitkilerin yayılması için en iyi seçenek fide tepsileridir. Üretim çiftliklerinde kullanılan hücresel birimler çok sayıda küçük bitkinin (fidenin) büyümesini sağlamaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).



Şekil 3.18 Fide tepsisi (Bluebirdgreenhouse, b.t)

Bitki örtüsü kurarken fide bitkiler genellikle çok verimlidir çünkü onlar iyi gelişmiş bir kök sistemine sahiptir. Bu bitkiler doğrudan alana nakledildikten sonra büyümeye başlar. Bitkilendirme bahar veya yaz başında yapılmalıdır. Bitkilendirme sonrası sulama yapılarak bitkilerin (oturması) toprağa bağlanması sağlanmalıdır. Ekimden sonra uygulanan mineral bazlı malç (bitki atıkları) nemin muhafaza edilmesine yardımcı olacaktır (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Yeşil çatılarda fide dikimleri ile % 80-90 oranında bitkilerin hayatta kaldıkları görülmüştür çünkü verimliliği sağlamak için uygun bir şekilde konumlandırılabilirler (Harris ve diğer., 2006)(Şekil 3.18).

3.3.8.2.3 Bitki Paspası ile Uygulama. Bitki paspasları önceden hazırlanmış bitki örtüsüyle kaplı sistemlerdir. Jeotekstil tabanlı ince bir tabaka üzerine yetiştirme ortamı serilir sonrasında ise doğrudan ekilen tohum ya da çelikler ile üzerinde bitkiler yetiştirilir. Bu sistemde toprak genellikle battaniyenin parçalanmasını önlemek için plastik örgü ile korunmaktadır. Paspaların yapımına genellikle küçük bir sera veya polietilen tünel örtüsü altında başlanır ardından bitkiler dış ortamda yetiştirilir. Büyük ölçekli dikimlerde paspaslar halı gibi rulo yapılarak uygulanacak alana taşınabilmektedir. Küçük ölçekli projelerde ise battaniye bölümleri karo halı gibi birbirine monte edilebilmektedir. Bitki örtüsü paspasları veya battaniyeleri ekim işinin zor olduğu eğimli ya da erişilmez durumlarda fayda sağlamaktadır. Paspalar;

bahçıvan ya da ekolojist olmayanlara önemli avantaj sunmaktadır çünkü bunlar önceden hazırlandığından dolayı bitki seçimi hakkında verilmesi gereken herhangi bir karar bulunmamaktadır. Bu sistemde kullanılan bitki türü olarak genellikle sedumlar tercih edilmektedir. Çatıda yetiştirme ortamı üzerine doğrudan serilebilmektedir. Paspaslar uygulanacak alana mümkün olduğunca çabuk götürülmelidir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

3.3.8.2.4 Doğal Kolonizasyon. Yetiştirme ortamı yüzeyini bitkisiz bir şekilde bırakmak burada açıklanan ekim yöntemleri arasında en ekolojik olanıdır. Bu ortamda büyüyecek bitkiler yerel koşullarla uyumlu olacaktır. Doğal yeşillendirme birçok mali ve ekolojik faydalar sunmaktadır. Zamanla bu yaşam ortamlarının biyo-çeşitlilik açısından son derece değerli olduğu İsviçre’de kanıtlanmıştır. Doğal bitki örtüsü genellikle terk edilmiş endüstriyel veya meskun mahaller üzerinde gelişir. Aynı zamanda belli bir bölgede bitki türlerinin seçimi için rehber olarak da kullanılabilir (Dunnett ve Kingsbury, 2008)(Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Moorgate Crofts İş Merkezi yeşil çatısı (Sidebar chelsea, b.t)

Yukarıda ele alınan çeşitli yöntemler maliyet açısından değişiklik göstermektedir. Doğrudan ekim geleneksel yöntemlerde en ucuz yöntemdir. Bunu sırasıyla tohum

ekimi, fide dikimi ve saksı bitkilendirmesi takip etmektedir. En pahalı yöntem ise bitki paspaslarının kullanılmasıdır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

3.4 Yeşil Çatı Sistemleri

Bu bölümde yeşil çatı sistemine yönelik yapılan çeşitli tanımlamalara yer verilerek, yeşil çatı sistemlerinden olan tam sistemler, modüler sistemler ve önceden ekili bitki battaniyeleri alt başlıklar halinde sunulmaktadır.

Yeşil çatı sistemleri çatıda bitki büyümesini destekleyen özel sistemlerdir. Çatı membranına ek olarak bu tür sistemler, birkaç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar kök tutucu tabaka, drenaj tabakası, filtre tabakası, yetiştirme ortamı ve bitkilendirme tabakasıdır. Bileşenler uygun bir ortam koşulu ve bitki gelişimini sağlamak adına birlikte hareket etmektedirler (Liu, 2005).

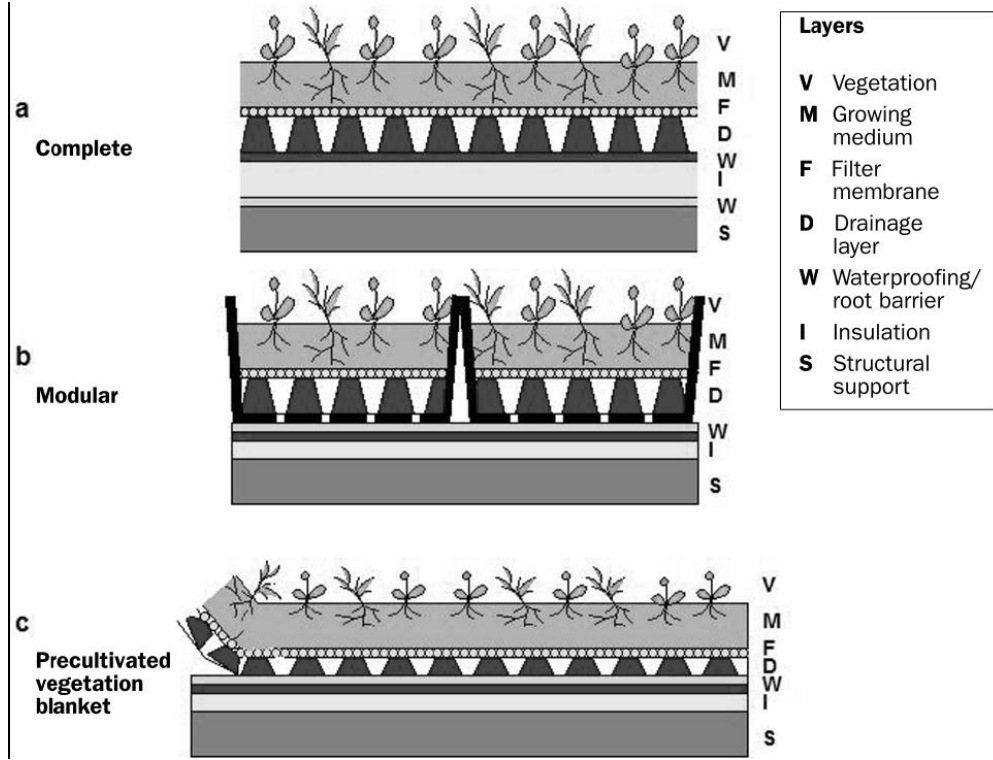
“...Yeşil çatı sistemleri; bitkilendirme için potansiyel oluşturan çatı alanlarında, bitki ve bitkinin yetiştirilmesini, hayatta kalmasını sağlayacak olan katman, katman malzemeleri ve alt sistemlerin bütünü olarak tanımlanabilir” (Tokaç, 2009, s. 17).

“Osmundson ise bitkilendirilmiş çatı sistemleri ile ilgili hazırlamış olduğu kitapta bu sistemlerin tanımını, genellikle zemin kotunda görmeye alıştığımız bitkisel öğelerin ve alt sistemlerinin, çatı alanlarına taşınması olarak yapmıştır” (Tokaç, 2009, s. 16).

Bir yeşil çatı sistemi seçimi yapılırken kök alanı büyüklüğü (boyutu), bitkiler için kullanılabilir (mevcut) su miktarı, su temini ve depo tipi, kısa ve uzun vadeli besin kaynağı, bitki taşıyıcı tabakanın uzun vadeli davranışı ve bakım ihtiyacı gibi kriterler bitki fizyolojisi açısından önem taşımaktadır (Green roof system, b.t).

Çatı güvenliğiyle ilgili ise sızdırmazlığa karşı koruma, ağırlık, drenaj, erozyon davranışı ve kurulum sırasındaki çalışma yöntemleri gibi kriterlerin listeye eklenmesi gerekmektedir (Green roof system, b.t).

Yeşil çatı sistemleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir (Şekil 3.20). Bunlar tam sistemler, modüler sistemler ve önceden ekili bitki battaniyeleridir.

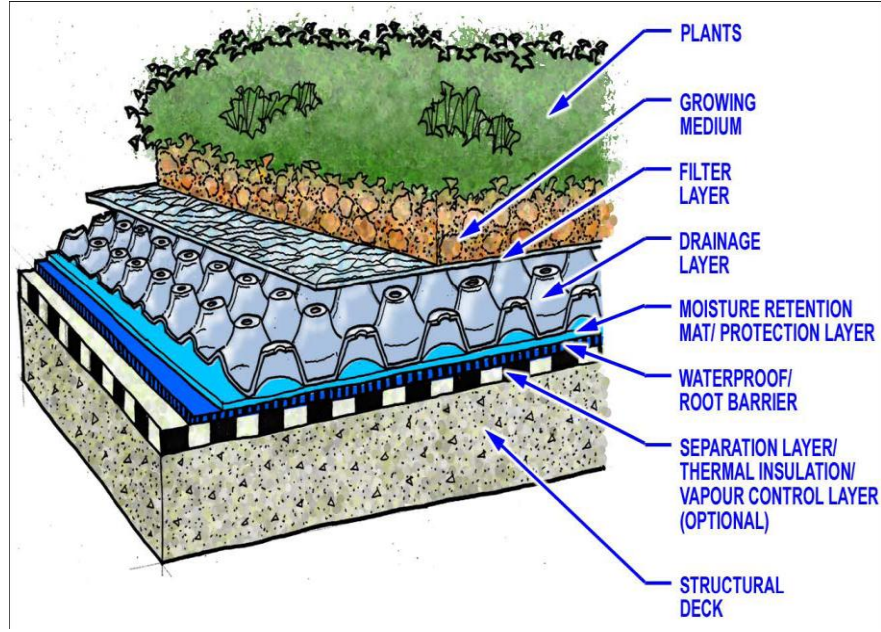


Şekil 3.20 Yeşil çatı sistemleri (Oberndorfer ve diğer., 2007)

3.4.1 Tam Sistemler (Yerinde Uygulanan)

Yerinde uygulanan yeşil çatı sistemleri ilk olarak Avrupa’da geliştirilmiştir. Bu teknoloji karmaşık ve kalıcı bir çözüm sunmaktadır (Alsup, 2004). Günümüzde kurulum açısından Avrupa ve ABD’de sık kullanılan bir yeşil çatı sistemidir (Tolderlund, 2010).

Bu sistemlerde tüm bileşenler çatı membranı da dahil olmak üzere tabaka tabaka olarak çatı sisteminin üzerine doğrudan monte edilmektedir (Green Roof Manual, 2009)(Şekil 3.21). Zaman ve kurulum için gereken maliyetleri nedeniyle modüler sistemlerden daha pahalı olabilmektedir. Yerinde uygulanan yeşil çatılarda bitkilendirme, yetiştirme ortamı, drenaj, sulama sistemi, su yalıtım membranı ve diğer katmanlar yer almaktadır (Alsup, 2004).



Şekil 3.21 Yeşil çatı sistemi katmanları (Townshend, 2007)

Bu sistemler genellikle büyük ölçekli projelerde tercih edilmektedir. Ayrıca her bir bileşeni üzerinde uzmanlaşan çok fazla sayıda firma bulunmaktadır. Koordinasyon, sorumluluk ve yerinde uygulama gerektirmektedir. Önemli bir avantajı her bir proje için özelleştirilmiş tasarım olanakları sağlamasıdır (Fisher, 2007).

3.4.2 Modüler Sistemler

Modüler yeşil çatı sistemi, yeşil çatı yetiştiricilerinin çatı üzerinde şekillendirdiği (düzenlediği) sistemdir (Luckett, 2009). Çatı yeşillendirmesi için tercih edilen en pahalı yöntemdir (Snodgrass ve diğer., 2010). Modüler sistemler; yetiştirme ortamı, drenaj sistemi ve bitkileri içermektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Bu ürünlerin çoğu mühendislik bilgisi gerektiren toprak karışımları gerektirmektedir. Kullanılan bitkiler ise projenin bölgesel iklimine bağlıdır (Luckett, 2009). Modüllerdeki bitkiler genellikle bitki tepsisi içerisinde kapalı tesislerde yetiştirilmektedir. Tam olarak yetiştirildiğinde ise çatıya taşınmaktadır. Genellikle modüler sistemlerde toprak derinliğinin 7,5cm ile 30 cm arasında olması gerekmektedir (Dinsdale ve diğer., 2006).



Şekil 3.22 Modüler yeşil çatı sistemi (Dinsdale ve diğer., 2006)

Bu sistemler çatıya bütünüyle monte edilmiş bir uygulama değildir. Mevcut bir çatıya yerleştirilmektedir (Dinsdale ve diğer., 2006)(Şekil 3.22). Kendi kendine yeten modüllerden oluşmaktadır (Luckett, 2009). Su yalıtım membranı üzerine doğrudan uygulanabilmektedir (Fisher, 2007). Modüller vinç veya asansör yardımıyla çatıya taşınabilmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Tek bir uygulama ile yeşil çatının tamamlanması gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum modülleri çatılar için cazip kılmaktadır (Luckett, 2009). Esneklik avantajı ve kurulumunda büyük kolaylık vardır. Onarım gerekiyorsa veya çatı görünümünü değiştirilmek isteniyorsa var olan modüller farklı bitki içeren modüllerle değiştirilebilmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Bu özelliği çatıdaki su kaçaklarının onarımı ve gelecekteki çatı değişiklikleri konusundaki endişeleri ortadan kaldırmaktadır (Luckett, 2009).

Serbest halde konumlanan modüller yeşil çatı kenarlarının kenarlık veya bariyer konulmaksızın tanımlanmasını sağlamaktadır. Zamanla bütçe elverdiğince modüllere eklemeler yapılabilmektedir. Bu sistemin bir dezavantajı ise sert malzemelerden yapılmış olması sebebiyle modüllerin düzensiz şekilli çatı alanlarına uygulanmasının zor olmasıdır (Luckett, 2009).

Modüller ayrı bitki örtüsüne sahip sistemlerdir. Genellikle siyah plastik kareler veya dikdörtgen birimlerden oluşmaktadır. Bu birimlerin alanı $0,4 \text{ m}^2$ ila $1,5 \text{ m}^2$ arasında değişmektedir. Bitki paspaslarına göre daha kolay değiştirilebilmektedir (Snodgrass, 2006).

Modüler yeşil çatı sistemi alanında faaliyet gösteren başlıca firmalar kendilerine özgü çeşitli yöntemler geliştirmektedir. Örneğin bir modüler yeşil çatı sistemi olan Weston Green Grid sistemi 60 cm x 120 cm tepsilerden oluşup, % 60 oranında geri dönüşümlü plastik içeren malzemeden yapılmıştır. Green Grid modülleri yeniden yerleştirilebileceği gibi gerektiğinde kaldırılabilir. Sedum, çimen ve kır çiçeklerini bünyesinde barındırmaktadır (Alsup, 2004)(Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Green Grid Sistemi yerleşimi (Web _29, b.t)

Green Roof Blocks sistemleri ise 75 cm x 75 cm anotlanmış alüminyum bloklardan oluşmaktadır ve su geçirmezdir (Alsup, 2004)(Şekil 3.24).



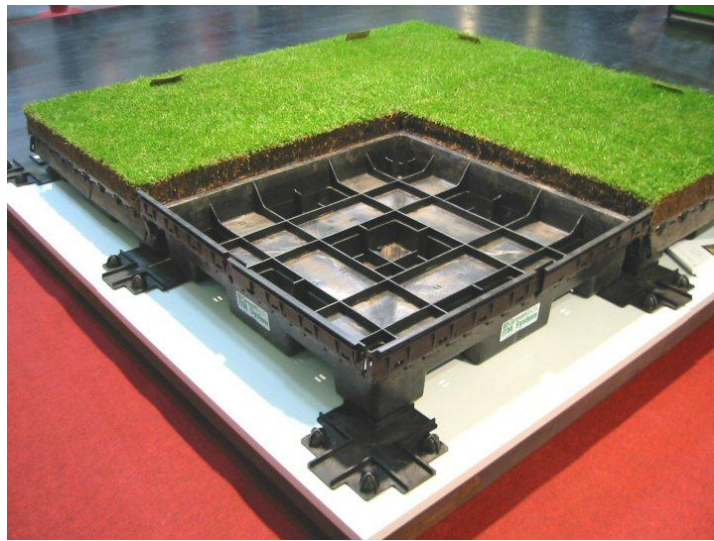
Şekil 3.24 Green Roof Blocks yeşil çatı sistemi (Greenroof blocks, b.t)

Diğer bir modüler sistem de Green Paks sistemidir. Bu sistem Green Roof Blocks tarafından üretilmektedir. Polietilen yeşil çatı modüllerinden oluşmaktadır. Hafif yetiştirme ortamı ile içeriği önceden doldurulmuş sistemlerdir (Alsup, 2004)(Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Green Paks modüler yeşil çatı sistemi (Greenroof blocks, b.t)

Son olarak Green Tech Modüler Sistem ise yenilikçi bir teknolojiye sahiptir. Tasarım, konstrüksiyon ve bahçe bakımı konularında çözümler sunmaktadır. Green Tech Sistemi hazırlanmış bir yüzey üzerine yerleştirilmektedir. Her bir modül ayak konumlandırıcıları ile çatıya monte edilmektedir böylelikle modüllerin düzgün yerleştirilmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.26).



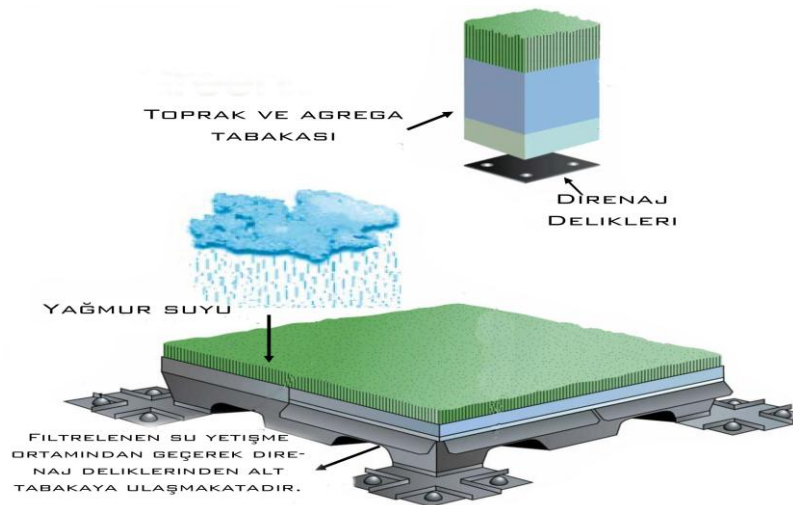
Şekil 3.26 Green Tech Modüler sistemi (Greentech module specifications green roofs; natural green applications b.t)

Bir reçete şeklinde oluşturulan yetiştirme ortamıyla; bitki veya çim büyümesi için belli bir seviyeye kadar doldurulmaktadır (Şekil 3.27). Filtre kumaşı, hafif agrega ve bezelye büyüklüğündeki çakıl malzemelerin kombinasyonu toprak çökmesini önlemek, drenaja yardımcı olmak ve hava akışını sağlamak amacıyla Green Tech modülüne başlangıçta yerleştirilmektedir (Modular Roof Top Garden System GreenTech, b.t).



Şekil 3.27 Green tech modülü ve yetiştirme ortamı (Greentech module specifications green roofs; natural green applications, b.t)

Her modülün altında kanal bulunmaktadır. Bu kanallar; sistemde kullanılacak toprağın seçimi ile birlikte drenaj oranları ve gaz değişiminin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28 Green Tech Modüler yeşil çatı sistemi katmanları (Greentech, b.t)

3.4.3 Önceden Ekili Bitki Battaniyeleri (Bitki Paspasları)

Önceden ekili bitki battaniyeleri; yetiştirme ortamı ve bitkilerden oluşmaktadır. Mevcut bir çatı sistemi üzerine, gerektiğinde drenaj paspası ve kök bariyerleri ile birlikte serilmektedir (Green Roof Manual, 2009). Bu sistemler modüler sisteme benzemektedir (Dinsdale ve diğer., 2006). Bölünmüş şeritler halinde oluşturulan paspasların, rulo haline getirilerek yeşil çatı yapılacak siteye hızla taşınması gerçekleştirilmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010)(Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Önceden ekili bitki battaniyeleri (Ancaya, b.t)

Paspasların taşınması oldukça zordur. Sıcak aylarda soğutmalı kamyonlarda olmadıkça uzun mesafelere taşınamazlar (Snodgrass, 2006). Bu battaniyeler çok incedir. Bitki seçimi ve koruma noktasında fazla esnek bir sistem değildir (Dinsdale ve diğer., 2006). Bitkileri genellikle sedumlardan seçilmektedir. Çünkü yalnızca bu tür bir bitki böyle zorlu koşullara karşı dirençli olabilmektedir. Önceden ekili bitki battaniyelerinde genellikle kuruluş aşamasında sulamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Paspasların taşınması ve kurulumu güç olduğundan diğer sistemler gibi pahalıdır (Snodgrass ve diğer., 2010). Özel uzmanlık ve donanım gerektirmektedir. Buna ek olarak, paspaslar kurulumdan önce minimumda bir yıl yetiştirilmelidirler (Snodgrass, 2006). Paspaslar; rüzgarlı durumlar, dik yamaçları olan yerler ve tekdüze bitki çeşidi isteyen müşterilerin projeleri için iyi bir çözüm sunmaktadır (Snodgrass ve diğer.,

2010). Erozyon nedeniyle hemen hemen hiçbir kayba uğramamaktadırlar (Snodgrass, 2006).

3.5 İşletme ve Genel Bakım

Bu bölümde yeşil çatı sisteminde yer alan; bitki ve diğer bileşenlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için kurulum öncesi ve sonrası süreçte yeşil çatıların işletme ve genel bakımına yönelik konular anlatılmaktadır.

3.5.1 Bakım

Yeşil çatıları korumak istiyorsak mutlaka bakım yapılmalıdır. Çatı bahçelerinin (yeşil çatıların) zaman zaman sık bakım gereksinimi olabilmektedir. Daha doğal bitkilerin kullanılması durumunda, çatı doğal olarak az bakım gerektirir. Yeşil çatının bakımında kullanılmak üzere küçük malzemeler için uygun depolar olmalıdır. Toprak, bazı ağaçlar ve çalılar gerektiğinde değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca rüzgara karşı önlemler alınmalıdır. Sulama musluklarının yeri yeşil çatı için uygun yerde olmalıdır. Sulama ve drenaj sistemleri düzenli olarak kontrol edilmelidir. Yeşil çatılar için yaşam döngüsü en az 10 yıl olmalıdır sonrasında ise bazı bitkiler büyük revizyona ihtiyaç duymaktadır (Köylü, 1997).

Sistem düzgün tasarlanmış ve kurulmuşsa ekstansif çatıları korumak için fazla bir uğraş gerekmemektedir. Bitkilerin kurulumu mümkün olduğunca çabuk olmalıdır. Yabani otları ise mümkün olduğunca alt seviyelerde tutmak, uzun vadede iyi bir performans için etkili olacaktır. Ayrıca yapılan düzenli muayene ve rutin bakım yeşil çatı ömrünü uzatmaya yardımcı olacaktır. Çok daha pahalı büyük iyileştirmelerin yapılmasını erteleyerek uzun vadede tasarruf sağlayacaktır (Snodgrass ve diğer., 2010).

Başlangıç periyodunda yapılacak bakımı aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- 1- Bitkiler için düzenli sulama yapılmalıdır.

- 2- Sulama ihtiyaçları yeşil çatı tasarımıının bir parçası olarak kurulum aşamasından itibaren yüklenicinin garanti süresine dahil edilmelidir.
- 3- Bitki türlerine uygun gübreler kullanılmalı ve FLL kılavuzu doğrultusunda gübreleme yapılmalıdır.
- 4- Herhangi bir moloz, p ya da yaprakların temizlenmesi gerekmektedir.
- 5- Büyük fırtına sonrası sızıntı, su gllenmeleri ve kötü drenaj durumlarına karşı kontrol yapılmalıdır (Arrowstreet, 2009).

Düzenli olarak uygulanacak bakım ise şu şekilde sıralanmaktadır. Bunlar;

- 1- Büyük fırtına olaylarından sonra drenaj sistemi düzenli bir şekilde incelenmelidir.
- 2- Bitki örtüsünün sağlıklı bir şekilde gelişim göstermesi için denetleme yapılmalıdır. Kuraklık, hastalık ve bunlara sebep olabilecek kalıntılara dikkat edilmelidir.
- 3- Düzenli olarak ayıklama yapılmalıdır.
- 4- atı membranı kontrol edilmelidir.
- 5- Gbrelemeye dikkat edilmelidir.
- 6- Enkaz ve çöpler kaldırılmalıdır (Arrowstreet, 2009).

Yukarıda belirtilen konular dışında bir yeşil çatı sisteminin bakımını yapacak ekibin doğru seçilmesi gerekmektedir.

3.5.1.1 Yabani Otlardan Ayırma

Yeşil çatıda yer alan yabani otların temizlenmesine, kuruluş aşamasında diğer zamanlara göre daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Yabani otları bitkilerin büyüme dönemlerinde olabildiğince bitkilerden uzak tutmak gerekir çünkü onlar da besin ve su tkötirler. Kuraklık dönemleri sonucunda ölmektedirler sonrasında ise çatıda büyük boşluklu yamalar oluşmaktadır. Bu nedenle erken ve düzenli ot bakımı yapılması son derece önemlidir (Snodgrass, 2006).

3.5.1.2 Bitki ve Toprak Bütünlüğünün Korunması

Bitki ve toprak bütünlüğünün sağlanması için yetiştirme ortamı bakım dönemleri sırasında kontrol edilmeli ve derinliğinin tasarım özellikleri ile uyumlu olduğundan emin olunmalıdır. Rüzgar, sıkıştırma ya da organik maddelerin çürümesi ortam hacminin kaybedilmesine böylelikle bitkilerin sağlığından ödün verilmesine neden olmaktadır. İlk büyüme sezonunda, iyi bir yetiştirme ortamında bitkilerin büyümeye başlaması için yeterince organik madde bulunmalıdır. Bundan sonra ise yavaş salınlı gübre uygulaması genellikle yeterlidir. Ancak bahçedeki bir toprak gibi yeşil çatı yetiştirme ortamı her yıl düzenli olarak kontrol edilmelidir. Yıllık kontroller, sorunların erken tespitine yardımcı olmaktadır. Böylelikle oluşabilecek zararları önlemek daha kolay hale gelmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010).

3.5.1.3 Yeşil Olmayan Elemanların Bakımı

Yeşil çatı bakımı bahçıvanlığın ötesine geçmektedir. Tüm çatı elemanlarının düzgün çalıştığından emin olunmalıdır. Çalışmadığı takdirde bitkilerin sağlığı ve çatı bütünlüğü tehlikeye girebilmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010). Bu nedenle yeşil çatıda bulunan elemanların zaman zaman kontrol edilmesi gerekmektedir. Aşağıda bu elemanlara başlıklar halinde yer verilmektedir.

Direnler ve drenajlar: Yeşil çatı için iyi bir drenaj sağlamak son derece önemlidir. Çatı üzerinde çok fazla suyun olması çatı ağırlığının artmasına, hasara hatta çöküşe neden olabilmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010)(Şekil 3.30).

Bu nedenle çatıdaki aşırı suyun drenaj sistemi ile tahliye edilmesi gerekmektedir. Drenaj sisteminin bloke olması çatıda su havuzu oluşmasına yol açabilmektedir. Bu durum bitkinin kök sistemine zarar vermekle birlikte çatı yüzeyinin hasar görmesine devamında ise çürümelere neden olmaktadır. Drenaj sisteminin bloke olabilir noktaları için düzenli muayene ve bakım planı oluşturulması gerekmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).



Şekil 3.30 Direnler (Tolderlund, 2010)

Sert zemin: Bakım ekibi yeşil çatıyı ziyaretleri sırasında döşemenin sağlam ve istikrarlı olduğundan emin olmak için kontrol etmelidir. Bunun ötesinde yeşil çatı sert zeminindeki bakım gereksinimleri projeye özgü olabilmektedir. Yabani otlar döşemeler arasında büyüyor ise üremeleri önlenmelidir.

Ekipmanlar: Binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin; genellikle yakınındaki bitkiler üzerinde etkisi olacaktır. Isı, kuru cebri hava ve yansıyan güneş ışığı bitkiler üzerinde stres oluşturmaktadır ayrıca yoğunlaşmadan kaynaklanan ekstra nem yabani otları teşvik etmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010).

Membran: Yeşil çatı strüktürünün uzun ömrü için en önemli bileşen çatı membranıdır. Membranın bitki köklerinin nüfuzunu caydırıcı etkisi olması gerekmektedir. Ayrıca yapısal çelik bileşenleri nemden korumalı ve sonuçta suyu çatıda tutabilme özelliğine sahip olması gerekmektedir (Thomas, 2003). Su yalıtım membranının bakımı ve görsel kontrolü karmaşık olabilmektedir. Sebebi ise yeşil çatı sisteminin membranı tamamiyle örtmesinden kaynaklanmaktadır. Yeşil çatıların;

membranı delinmeye ve güneş radyasyonuna karşı korumasına hatta yaşam süresini ikiye katlamasına rağmen, membran birleşim noktalarından sızıntılar olabilmektedir. Düzenli bakım kontrolü zaman çizelgesi oluşturarak standartlarına uygun şekilde bakım yapılmalıdır. Özellikle garanti süresi dolmadan önce oldukça dikkatli kontrol edilmelidir. Çatının boyutuna, yüksekliğine, bitkilendirme çeşidine ve yetiştirme ortamının derinliğine göre sistem ya kaldırılıp yerine yeni membran kurularak düzenlenir ya da tamamen değiştirilir (Learned, 2007).

3.5.1.4 Bitki Bakımı

Yeşil çatının ekstansif veya intansif olmasına bağlı olarak, gereken bitki bakımı 2-3 yıllık bir beklenti ile yabancı otlara ve oluşabilecek zararlara karşı sulama, budama ve yeniden dikim için haftalık olarak kontrol edilmelidir. İntansif sistemler, ekstansif sisteme göre daha yoğun bitkilendirme içerdiği için daha fazla bakım gerektirmektedir (Learned, 2007).

Bitki örtüsü ile ilgili 3 bakım aşaması vardır;

Kurulum bakım süreci: Kurulumdan sonra bitkilerin başarılı bir kapsama alanı için ilk yıl boyunca bakım ve servisi çeşitli yönleriyle ele alınmalıdır. Bu noktada yeterli su kaynağı sağlamak oldukça önemlidir. Yabancı otlar ve istenmeyen diğer bitkilerin kaldırılması da gerekmektedir.

Gelişim bakım süreci: Gelişim bakımı kurulum bakımına benzemektedir ancak daha düşük yoğunlukta gerçekleşmektedir.

Devam eden bakım süreci: Yeşil çatıda bitkilerin gelişmesi sağlandıktan sonra, bir yılda en az iki kere çatıyı denetlemek çok önemlidir. Yabancı otlar ve diğer istenmeyen bitkilerin tüm çatıdan kaldırılması gerekmektedir. Sulama sisteminin ise su çıkışlarının bütün tıkanıklardan arındırılmış olmasını sağlamak için kontrol edilmesi gerekmektedir (Green Roof Manual, 2009).

3.5.1.5 Gübreleme

Tüm yeşil çatılar kuruluş aşamasında gübreleme gerektirmektedir. Çünkü ilk büyüme mevsimi için yetiştirme ortamında verimlilik olmalıdır. Ek gübreleme bitkilendirmeden bir yıl sonra yapılmalıdır. Nitrat ve fosfat akış miktarını azaltması için yavaş salınımlı gübre kullanılması uygun olacaktır. 5 ya da 6 yıl sonra çatının durumuna bağlı olarak gübreleme hiç gerekmebilir veya azaltılabilir (Snodgrass, 2006).

Genellikle gübreleme erken ilkbahar (nisan) , yaz ortasında (temmuz) tekrar ve erken sonbaharda (eylül) kış başlamadan önce olmalıdır. Bakımı yapacak olan bahçıvanının her bitki türüne uygun bir formülasyon, miktar ve gübre uygulamasının zamanlamasını belirlemek için araştırmada bulunması gerekmektedir. Çok fazla gübrenin bitkiyi yaktığı gibi, çok az gübre de zararlı olabilmektedir. Çatıdaki tüm bitkilendirilmiş alanda yıllık olarak bir önceki yıla göre meydana gelen en az besin kaybının derecesini belirlemek için yetiştirme ortamı testi yapılmalıdır. Testler, bitkilerin sağlıklı büyümesi için önemli bitki besin maddelerinin ve gerekli kimyasal elementlerin varlığı ya da yokluğunun ortaya çıkarılmasına yardımcı olacaktır. Bu işlemler yetkili bir laboratuvar tarafından rakamsal olarak belirlenmektedir. Böylece gerekli elementler rahatlıkla eklenebilmektedir (Osmundson, 1999).

3.5.1.6 Sulama

Sürekli su kaynakları tüm aktif olarak büyüyen bitkiler için gereklidir. Kentsel peyzajlar, aşırı doğa olaylarına maruz kaldığı ve sınırlı toprak derinliğine sahip olduğundan, su; bitkilere sulama yoluyla verilmektedir. Su kaybı bitkilerin faaliyetlerine de bağlıdır. Yüksek ışık, yüksek sıcaklık, düşük nem ve hızlı hava hareketinin olduğu koşullarda terleme artmaktadır. Eğer terleme su alım oranını aşarsa, bitkilerde solgunluk olacaktır (Köylü, 1997).

Öncelikle çatıda su kaynağının yeri tespit edilip su gereksinimi sağlandıktan sonra, yeşil çatı üzerinde suyun dağıtım planı yapılmalıdır. Bu noktada projenin

sulama gereksinimi tespit edilerek çeşitli sulama seçeneklerinin maliyetleri incelenmelidir. Küçük projeler için sulamalar hesaplı basit çim sprinkleri ve bahçe hortumları kullanılarak yapılmaktadır. Büyük yeşil çatı projelerinin ise elle veya basit sprinkler vasıtasıyla sulanması yoğun emek gerektirmektedir. Endüstriyel sulama sistemi, büyük ölçekli yeşil çatı projelerinde su dağıtımının pratik bir yöntemi olabilmektedir. Ayrıca bitki çeşitliliği fazla olan projeler, endüstriyel sulama sistemleri gerektirmektedir. Piyasada pek çok sulama sistemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları damlama sulama ve havadan dağıtım olarak adlandırılmaktadır.

Damlama sulama suyun toprağa bitkilerin dibinde az miktarda verilmesiyle yapılmaktadır. Bu yöntem kullanılan su miktarını ve buharlaşan suyu azaltmakta, su kullanımını ise daha etkin hale getirmektedir. Damla sulama sisteminde bir dizi yayıcı ve hortum kullanılmaktadır. Hortumlar yetiştirme ortamının altına veya üstüne yerleştirilebilmektedir (Luckett, 2009)(Şekil 3.31). Püskürtme sistemlerle karşılaştırıldığında, damlama sulama sistemleri optimum toprak nemi sağlamada etkilidir. Sıvı gübre uygulamaya uyarlanabilmektedir. Yüzey damlama veya spreysel sulamaya bitki kök derinliklerinin büyük ölçüde değiştiği yoğun yeşil çatılarda gereksinim duyulabilmektedir. Eğer yeşil çatı büyükse ve karmaşık bir dikim varsa daha karmaşık bir damlama sulama sistemi; çeşitli valfler, basınç göstergeleri, filtreler ve pompa gibi ekipmanlara gerek duyulacaktır (Cantor, 2008).



Şekil 3.31 Damlama sulama sistemi (Liu ve Baskaran, b.t)

Havadan dağıtım ise sprinkler kullanımı anlamına gelmektedir. Bu sistem havaya suyu püskürterek bitkilere suyu sağlamaktadır (Luckett, 2009). Çeşitli büyüklüklerdeki sprinkler büyük alanlar üzerinde etkinlik sağlamak için kullanılmaktadır (Cantor, 2008). Otomatik sprinkler sistem genellikle çatı kuruluş evresinde tercih edilmektedir (EAD, 2006). Bu yöntemde buharlaşma yoluyla su kaybedilmesine rağmen, çatı yüzeyini serin tutmaya yardımcı olmaktadır. Tüm yeşil çatı yüzeyi sulanana kadar, dönüşümlü olarak çatı bölgeler halinde sulanmaktadır (Luckett, 2009)(Şekil 3.32).

Sprinkler sayesinde değişen yüksekliklere kadar su ulaşırken; buharlaşma ve rüzgar bu sistemler için önemli bir kayıp olarak görülmektedir. Yoğun güneş ışığı ve rüzgara maruz kalma aşırı düzeyde olduğundan kayıplar daha büyük olmaktadır.



Şekil 3.32 Sprinkler sulama (Allprolandscapesseattle, b.t)

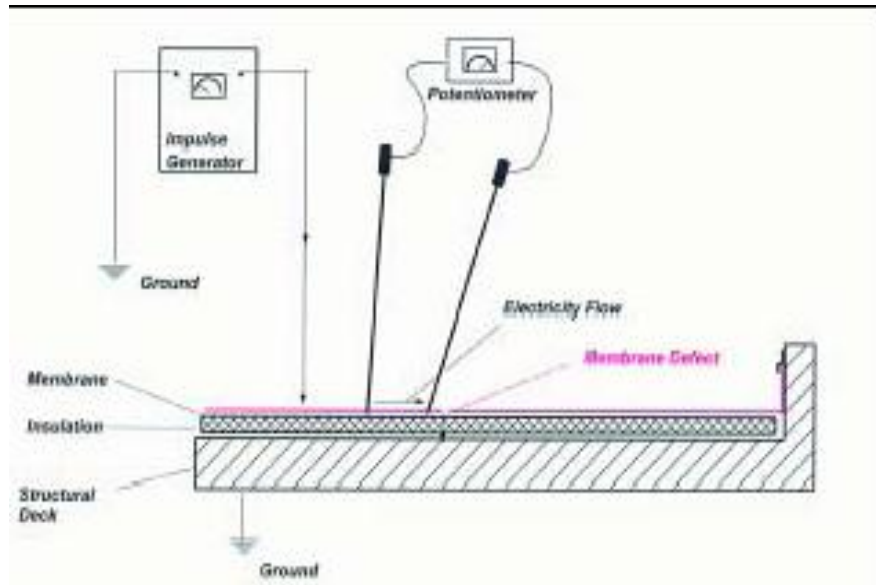
Bu tür sulama sistemlerinin her ikisi de frekans ve çalışma süresine bağlı olarak tamamen otomatik olabilmektedir. Yetiştirme ortamının nem içeriğine bağlı olarak kullanılan daha karmaşık sistemler de vardır (Luckett, 2009).

3.5.2 Kaçak Testi ve Muayane

Bütün çatılarda olduğu gibi yeşil çatıda da zaman zaman su kaçağı problemiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Ancak yeşil çatıda bulunan sızıntının yerini tespit etmek

normal çatılara göre daha zor olmaktadır. Bu noktada Elektrik alan vektör haritalama yöntemi ile su kaçağının yeri rahatlıkla tespit edilebilmektedir. EFVM (Elektrik alan vektörü haritalama)'de suyun elektriksel iletkenliği kullanılarak en küçük kaçaklar bile tam olarak bulunabilmektedir (Snodgrass ve diğer., 2010). EFVM testi, membran çatılarda sızıntıları tahribatsız bir şekilde tespit etmek için kullanılan test yöntemi olmakla birlikte bugün Avrupa'da yaygın olarak kullanılır duruma gelmiştir (Eichhorn, 2002).

Bu yöntemde öncelikle alan test için uygun (ıslak) hale getirilmelidir. İnceleme teknisyeni alanın çevresine yalıtılmamış tel örgü kurar ve elektriksel darbe jeneratörü (sinyal üreticisi) tele bağlanır. Elektriksel darbe jeneratörü her üç saniyede bir, 1 saniye boyunca 40 voltluk gerilim uygulamaktadır. Islak çatı yüzeyindeki titreşimli gerilim bir elektrik plaka oluşturmaktadır. Topraklanmış strüktürel çatı güvertesi de diğer bir elektrik plakasıdır (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 EFVM kaçak testi (Eichhorn, 2002)

Membran iki tabakayı ayıran bir yalıtım gibi görev yapmaktadır. Eğer nem membrana girerse iki tabaka arasında elektriksel bir temas kurulmaktadır. Potansiyometrenin iki probu kullanılarak, inceleme teknisyeni elektrik alan içerisine adımını atar ve problemleri yüzeye yerleştirir (Eichhorn, 2002)(Şekil 3.34).



Şekil 3.34 American Hydrotech firması kaçak testi uygulaması
(Tolderlund, 2010)

Membranda kaçak varsa potansiyometre sola ya da sağa hareket edecektir. İnceleme teknisyeni, membranda kaçak varsa elektrik akım yönünü takip etmektedir. Çatı yüzeyinde yüksek elektriksel dirençten dolayı, akımın büyüklüğü nispeten küçük olacaktır. Akımın büyüklüğü önemli olmasa da, akımın akış yönü kaçağı bulmada teknisyene yol gösterecektir (Eichhorn, 2002).

3.5.3 Garanti (Sigorta ve Sorumluluk)

Bir yeşil çatı projesinin uygulanması öncesinde projeye özel sigorta ve yükümlülüklerin belirlenmesi gerekmektedir. Genellikle bu olay projenin tamamlanmasından sonra tasarım, uygulama, erişim ve genel kullanım ile doğrudan bağlantılıdır. Farklı yeşil çatı sistemleri için farklı garantilerin olmasıyla birlikte gelecek herhangi bir sızıntı durumunda proje tasarım aşamasında taktik bir plan hazırlanması tavsiye edilmektedir. Bu plan tüm membran veya bir kısım membranın değişmesini sağlayacak şekilde strateji geliştirilmesini öngörmektedir. Aşamalı bir uygulama planı için bu yöntem faydalı olabilmektedir. Potansiyel bir sızıntı durumunda sadece membranın belirli bir kısmı açılarak gerekli onarımlar yapılacaktır. Çatıda su geçirmezlik garantisi tüm su yalıtım ve bitkilendirilmiş çatı bileşenlerini içermelidir. Ancak bazı üreticiler sadece sattıkları ürüne garanti

verebilmektedir çünkü yeşil çatılar katmanlı bir sistemdir dolayısıyla zor bir durumla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu durumlarda iyi koordineli çatı danışmanı ve peyzaj mimarı aksaklıkların giderilmesine yardımcı olabilmektedir (Tolderlund, 2010).

3.5.4 Danışmanlık (Uzmanlık)

Birçok yapı projesinde olduğu gibi, yeşil çatı tasarımında da danışmana (uzman) ihtiyaç vardır. Yeni yapılan yeşil çatılı yapılarda uzmanların fikirlerinden olabildiğince yararlanılmaktadır. Çatının yük taşıma kapasitesini belirleme aşamasında inşaat mühendislerine gereksinim duyulmaktadır. Mimara ise projeyi koordine etmede, çatıyı detaylandırmada, malzeme özelliklerinin belirlenmesinde, güvenlik ve girişlerin belirlenmesinde ihtiyaç duyulmaktadır. Peyzaj mimarına bitkilendirilecek olan alanın taslak bir çalışmada ve bitki türlerinin belirlenmesinde gereksinim duyulmaktadır. Makine mühendisine ise çatının ısıtma ve serinletmeye yönelik hesaplamalarının yapılması ve çatının var olan veya amaçlanan mekanik donanımının ve drenaj ihtiyacının belirlenmesinde gereksinim duyulmaktadır. Uzman ekipte ayrıca bahçıvanlar, ekolojistler, biyologlar ve çatı bakımını yapan personel de yer almaktadır (Learned, 2007).

3.5.5 Düzenlemeler ve Teşvikler

Yeşil çatıların yeni olması, standart ve yönetmeliklerin eksik olması sebebiyle denetimin sağlanması pek mümkün olmamaktadır. Ancak bu konuda çalışma yapan çeşitli kuruluşlar kendi yöntemlerini geliştirmekte ve uygulayıcılara nasıl bir uygulama yapacağı konusunda bilgi sunmaktadırlar. Bunlardan bazıları Amerikan Standartları ve Test Yöntemleri (ASTM), Ulusal Çatı Müteahitleri Derneği (NRCA), ve Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar (GRHC) gibi ajanslardır. Bunların yanı sıra çeşitli ülkelerin yapmış olduğu çalışmalar da mevcuttur.

Almanya, dünyada yeşil çatı faaliyetlerinin yürütüldüğü ve çalışmalarına itibar edilmesi gereken bir konumdadır. Almanya'da yeşil çatıların hızlı gelişmesi, bunların uygulanması için teşvik yasalarının oluşturulması ile mümkün olmuştur. Federal

Doğa Koruma Yasası ve Federal Bina Yönetmelikleri; doğa veya peyzajın gereksiz hasar görmemesi gerektiğini, herhangi bir hasar kaçınılmaz ise sabit bir süre zarfında telafi edilmesini öngörmektedir. Örneğin Stuttgart çatı yeşillendirmesi için resmi destek veren ilk şehirlerdendir. Kentsel yenileme için bir Yeşil Program oluşturulmuştur. Malzeme maliyetleri, kurulum ve ücretsiz teknik danışmanlık hizmetleri için de aynı şekilde birimler oluşturulmuştur. Berlin 1988 yılında yeşil çatılar için teşvik tedbirleri uygulamıştır. Yeni bir bina zeminde çok fazla bir alanı kaplıyorsa ediyorsa, yapım için izin yeşil çatı yapmak suretiyle verilmektedir (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Yeşil çatılara aynı zamanda Avusturya ve İsviçre’de de rastlanmaktadır. Buralarda da Almanya’da olduğu gibi benzer teşvikler uygulanmaktadır. Londra’da yeşil çatılar için geniş alanlar planlanmaktadır. Norveç’te ise çim çatılı binalar nispeten olağan haldedir. Yeşil çatı fikri doğanın romantik fikirleriyle aşılanmıştır. Güney Avrupa’da (Yunanistan, İtalya, İspanya, Portekiz) yeşil çatı konsepti daha az gelişmiştir. ABD’de belli başlı şehirler yeşil çatı uygulamasında oldukça popülerdir. Bunlardan bazıları Chicago, Illinois, Portland ve Oregon’dur (Dunnett ve Kingsbury, 2008). Özellikle Portland ve Oregon Kuzey Amerika’da yeşil çatılar konusunda önde gelen şehirler arasında kabul edilebilir (Stater, b.t).

Güneydoğu Asya’nın sıcak nemli tropikal bölgeleri ve Güney Amerika’nın bazı bölümlerinde çatı yeşillendirmesi için bir dizi farklı fırsatlar mevcuttur. Japonlar yeşil çatı teknolojisine oldukça ilgi göstermişlerdir. Tokyo’da Belediye, kentsel ısı adası etkisini azaltıcı bir araç olarak gördüğünden yeşil çatılarla oldukça ilgilidir. 2001 yılında hükümet yeni bir uygulama getirerek, 1000 m² den fazla kat alanı olan binaların çatılarının %20’si bitkilendirmeden oluşacaktır kararı almıştır. Çin ve Güney Kore’de politikacılar, son yıllarda yeşil çatıları teşvik edici kararlar almaktadırlar. Güney Amerika’da Brezilya tarihsel olarak yeşil çatı ve cephe yeşillendirme teknolojisinde lider bir konumdadır. Nitekim Roberto Burle Marx 20.y.y’ın en etkili peyzaj mimarları arasındadır. Bunun dışında Avustralya’da da yeşil çatı üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Dunnett ve Kingsbury, 2008).

Ülkemizde ise son zamanlarda gerçekleşen yeşil çatı projeleri sayesinde yeşil çatı sistemlerinin sağlamış olduğu faydalar görülmüş, bu doğrultuda çeşitli firmalar tarafından yapılan uygulamalara devam edilmektedir.

3.5.6 Yeşil Çatı Maliyet Konuları

Yeşil çatıların maliyetleri projeden projeye, basit veya kompleks olmasına göre değişkenlik göstermektedir. Kompleks bir yeşil çatı istediğimizde genellikle yeşil çatı maliyetinin artış eğiliminde olduğu görülecektir.

Bir yeşil çatının maliyetini aşağıda belirtilen kriterler etkilemektedir.

- 1- Çatı boyutu
- 2- Çatı yüksekliği
- 3- Talep edilen yeşil çatı çeşidi
- 4- İlk bakım ve kurulum maliyetleri
- 5- Kullanılan su yalıtımı ve ısı yalıtım türü

Kurulum yöntemi ve bunlara benzer projeye özel çeşitli parametreler yeşil çatıların maliyetini artıracaktır. Bu belirtilen kriterler dışında yeşil çatıların bulunduğu ülkede belli bir pazarının olup olmaması maliyetin artmasına veya azalmasına katkı sağlayacaktır. Örneğin Almanya’da yeşil çatı maliyeti oldukça düşüktür. Metrekare maliyeti yaklaşık olarak 4 ila 10 dolar arasında değişim göstermektedir çünkü ülkede kurulmuş bir yeşil çatı pazarı mevcuttur. Ekonomik teşvikler de bu durumun oluşmasına önemli derecede katkı sağlamaktadır. Ekstansif yeşil çatılar için metrekare maliyeti Kuzey Amerika’da 10 ila 25 dolar arasında değişmektedir. İntansif yeşil çatılar için bu rakam 25 ila 100 dolar arasına ya da daha fazla bir miktara mal olabilmektedir. Fakat her proje özgündür, birbirine benzemediği için maliyetleri düşürmek için yaratıcı yollar bulunmaktadır. Bu aslında ekonomi ölçeğiyle alakalı bir durumdur. Genel olarak bakıldığında konutlardaki uygulamalar daha pahalı olabilmektedir (Velazquez, 2005).

BÖLÜM DÖRT

YEŞİL ÇATI ÖRNEKLERİ

Bu bölümde Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Kanada ve Türkiye’de yer alan yeşil çatı konstrüksiyonuna sahip yapı örneklerine yer verilmektedir. İncelenen yapılar hakkında genel bilgiler, mimari tasarım özellikleri ve yeşil çatı bilgilerine yer verilmekte, örnekler bu çerçevede incelenmekte ve sonrasında ise bu örneklerin birbiriyle karşılaştırması belirlenen kriterler doğrultusunda yapılmaktadır.

4.1 Örneklerin İncelenmesi

Bu bölümün temel amacı yakın geçmişte uygulanan yeşil çatı örneklerinin incelenmesi neticesinde, önceki bölümlerde bahsedilen konular çerçevesinde örneklerde uygulanan yapım sürecinin nasıl olduğunun araştırılmasıdır.

Bölümde yer alan örnekler ve bu örneklerin ne şekilde inceleneceği aşağıda belirtilmektedir;

- GAP Genel Merkezi (A.B.D)
- Across Binası (Japonya)
- Kaliforniya Bilim Akademisi (A.B.D)
- Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi (Kanada)
- Seattle Halk Kütüphanesi (A.B.D)
- Şikago Belediye Binası (A.B.D)
- Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu Binası (ASLA) (A.B.D)
- Ümraniye Meydan Projesi, İstanbul (Türkiye)

Yeşil çatı örneklerinin irdelenmesi safhasında; yapılar kısaca tanıtıldıktan sonra, mimari tasarım özellikleri ve yeşil çatı konstrüksiyonu hakkında önceki bölümlerde bahsedilen konular ışığında bilgiler verilmektedir.

4.1.1 Gap Genel Merkezi

Tablo 4.1 Gap Genel Merkezi genel özellikleri



GAP Genel Merkezinden bir görünüş (William McDonough & Partners, b.t.)

YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: San Bruno, CA, USA, 1997
Proje Sahibi	: GAP, Inc.
Mimar (Tasarım Ekibi)	: William McDonough ve Ortakları
Yapı Çeşidi	: Kurumsal (Ofis)

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 1997
Yeşil Çatı Çeşidi	: Ekstansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 6.410 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: % 25
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: American Hydrotech Firması
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilmez, Özel
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

1997 yılında tamamlanan, GAP Genel Merkezi, Amerika Birleşik Devletlerinde türünün ilk örneklerindendir (Hake, 2007). San Bruno’da seçilen bir arazi üzerine yapılan yapı San Fransisko Uluslararası Havaalanı’na sadece birkaç kilometre uzaklıktadır (Cantor, 2008)(Şekil 4.1).

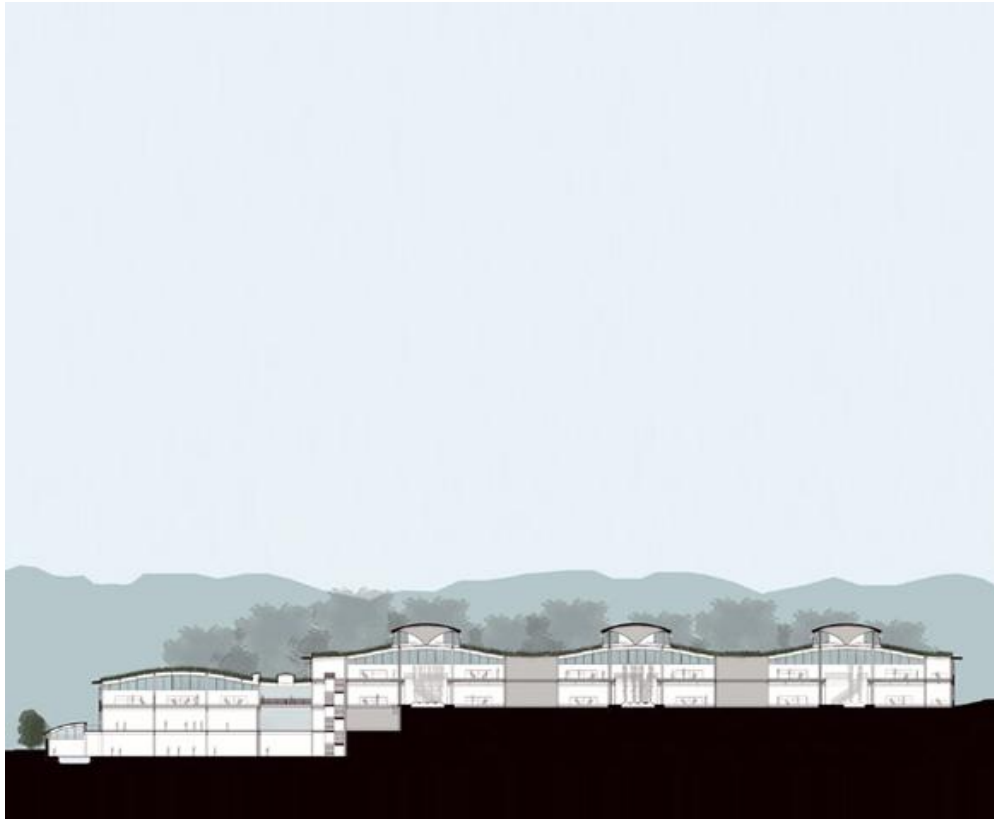


Şekil 4.1 GAP Genel Merkezi vaziyet planı (William McDonough & Partners, b.t.)

GAP Şirketi bir tasarım yarışması düzenlemiş, William McDonough ve Ortakları yarışma sonunda lider ekip olarak seçilmişlerdir. Projenin yeşil çatı danışmanı olan Paul Kephart, Kaliforniya’ya Akdeniz bitkileri ve ekosistemleri konusundaki uzmanlığıyla katkı sağlamıştır. Kaliforniya ve batı sahillerinde; İtalya, Yunanistan, İspanya ve Afrika’nın kıyı alanlarında karşılaşılabileceğimiz benzer bir iklim bulunmaktadır. Tasarım ekibi yapının site ile uyumunu sağlamak ayrıca çalışanlar için rahat bir çalışma alanı sunmanın yollarını tasarımlarında aramışlardır. William McDonough bir röportajında şöyle söylemiştir; “insanların güzel bir yerde günü dışarda geçirmiş gibi hissetmelerini istiyorum, bu yüzden gün ışığı ve temiz hava dolu bir bina tasarlamak istiyorum.” Bu karmaşık proje tasarımı, 1994 ile 1996 yılları arasında gerçekleşmiştir. İnşaat ise 1997 yılında tamamlanmıştır. Tamamlanan

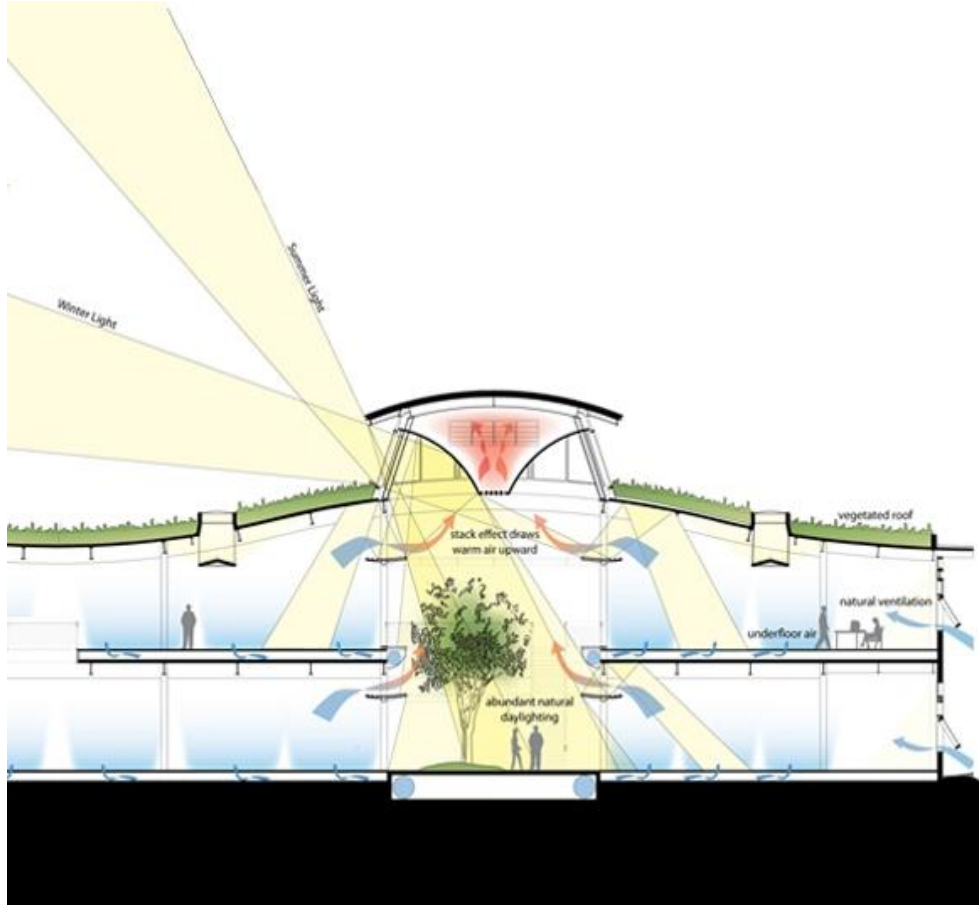
yapı yaklaşık olarak 18.580 m²'lik bir alana sahiptir. İki katlı cam, çelik ve betonarmeyi barındıran yapı, 500'den fazla araç için kapalı bir garaja sahiptir. Mimarlar yapı için bir yüzme havuzu ile fitness merkezini de tasarımlarına dahil etmişlerdir. Şirket çalışanları için ek olarak bir kafe, ortak alan ve özel bir plaza tasarlanmıştır. Yapının mimari konsepti vaziyet planından bakıldığında, doğada hiçbir şeyi değiştirmemek üzerine kurulmuştur. Tüm doğal peyzaj sanki mucizevi bir şekilde kaldırılmış ve sanki yapı bu peyzajın altında konumlandırılmış gibidir. Savan ekosistemi (geniş çayır) adeta çatıya taşınmıştır (Cantor, 2008).

Yapı verimli, konforlu ve kültürel açıdan zengin bir çalışma ortamı oluşturmak için tasarlanmıştır. Yeşil çatı kendi kendini idame ettiren ve doğal otların kullanımı ile düşük bakım için dizayn edilmiştir. 6.410 m² yeşil çatıya sahip olan yapı, dalgalı forma sahip olup çatı eğimi yer yer % 25'lere kadar ulaşabilmektedir. Dalgalı yeşil çatı biçimleri, Kaliforniya sahiline yakın tepeleri taklit etmektedir (Hake, 2007)(Şekil 4.2)(Şekil 4.3)



Şekil 4.2 GAP Genel Merkezi kesiti (William McDonough & Partners, b.t.)

Yeşil çatı sistemi; sıvı uygulamalı ve esnek bir monolitik membran içermektedir. Membran gübre ve asitlere karşı dayanıklıdır, çatı yüzeyine tamamen yapışır böylece kaçaklar en aza indirilir (Cantor, 2008).



Şekil 4.3 GAP Genel Merkezi yeşil çatı kesiti (William McDonough & Partners, b.t.)

Su yalıtım membranının üzerine kök tutucu tabaka ve ekstrüde polistren yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir. Yalıtım tabakasının üstünde ise drenaj tabakası yer almaktadır. Bu tabakanın üstü; yetiştirme ortamından gelecek küçük parçacıkları tutmak için filtre tabakasıyla korunmaktadır. Yeşil çatı bileşenleri Amerikan Hydrotech firması tarafından tedarik edilmiştir (The GAP Headquarters, b.t.)

Yetiştirme ortamında çevre araziden toplanan ve sterilize edilen toprak kullanılmıştır. Yeşil çatı çeşidi olarak ekstansif yeşil çatı tercih edilmiştir (Cantor, 2008). 15,20 cm kalınlığındaki yetiştirme ortamı, yerli otlar ve kır çiçekleri ile bitkilendirilmiştir. Bu kendi kendini idame ettiren düşük bakım gerektiren ekstansif

yeşil çatı olağanüstü ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır. Böylelikle çatı yıl boyunca daha fazla enerji tasarrufu için katkı sağlamaktadır (The GAP Headquarters, b.t).

İlk etapta yeşil çatı; bahçeler ve çalışanların ulaşabileceği yollar da dahil olmak üzere yerli sedumlardan yuvarlak bir yüzey olarak tasarlanmıştır. Tasarım geliştiğinde doğal otlardan oluşan ekstansif bir yeşil çatı oluşmuştur. Tasarım ekibi ve Paul Kephart tarafından seçilen 12 bitki türünün doku, renk ve adaptasyonu çeşitlilik göstermektedir. Daha sonraları ise San Bruno eteklerinde bulunan birkaç yerli ot çatıya eklenmiştir. Aşırı kuru dönemlerde nem oranını korumak için tasarıma sulama sistemi dahil edilmiştir. Sulama periyodik olarak yapılmaktadır ancak aşırı düzeyde değildir. 2004 yılında sulama sistemindeki bir arızaya bağlı olarak nem yetersizlikleri (sorunu) nedeniyle hemen hemen tüm yeşil çatı bitkileri zarar görmüştür. Birçok tür uzun süre kuraklık koşullarına uyarlanabilir olsa da birçoğu bu aşırı koşullarda zarar görmüştür. Paul Kephart çatıyı tekrar bitkilendirmek için çalışmalar yapmıştır. Bu gün ise bitkilendirme mevsimlerin değişimini yansıtmaktadır. Çatı yeşilliğini korumakta ve her geçen gün gelişmektedir. Yapının birçok özelliği vardır ki bunlar çalışma ortamının rahat bir hale gelmesine yardımcı olmaktadır. (Cantor, 2008).

Çatı kütlesi termal özellikler de sağlamaktadır. Çatıda toplanan yağmursuyu; bitki örtüsünü sulama için kullanılmaktadır. Yapı Kaliforniya’da enerjiyi en verimli kullanan binalardan birisi olarak nitelendirilmektedir. GAP Genel Merkezi’nin yeşil çatısı, yeşil çatıların nasıl estetik görünebileceğini aynı zamanda arazi ve yakın çevresindeki manzara ile nasıl entegre olabileceğini göstermiştir. Bunun yanında yapı çok sayıda çevresel fayda ve maliyet avantajları da sağlamaktadır. GAP yeşil çatısı, Akdeniz ikliminde ilkler arasında yer almaktadır. Yerel yaban hayatı ve böcekler için doğal bir ortam sunmaktadır (Hake, 2007). GAP Genel Merkezi, 2003 yılında Sağlıklı Kentler için Yeşil Çatılar (Green Roofs for Healthy Cities) mükemmellik ödülünü ekstansif yeşil çatı kategorisinde kazanan bir yapıdır (The GAP Headquarters, b.t).

4.1.2 Acros Binası

Tablo 4. 2 Acros binası genel özellikleri



Acros binasından bir görünüş (Acros, b.t.)

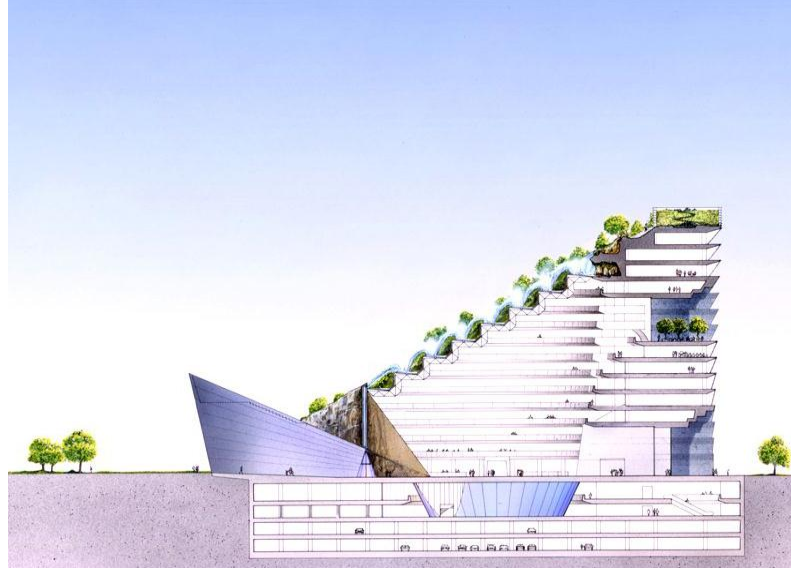
YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: Fukuoka, JAPONYA; 1994
Proje Sahibi	: Dai-Ichi Mutual Life Mitsui Real Estate
Mimar (Tasarım Ekibi)	: Emilio Ambasz ve Ortakları
Yapı Çeşidi	: Ticari-Kamu

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 1994
Yeşil Çatı Çeşidi	: İntansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 9.290 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: % 2
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: -
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilebilir
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

Acros, Fukuoka Japonya’da bulunan karma bir ticari-kamu binasıdır. 1995 yılında hizmete açılmıştır. Bir sergi salonu, bir müze, 2000 kişilik tiyatro, konferans tesisleri, devlet ve özel ofislerin yanı sıra büyük yeraltı otoparkına sahip bir yapıdır.

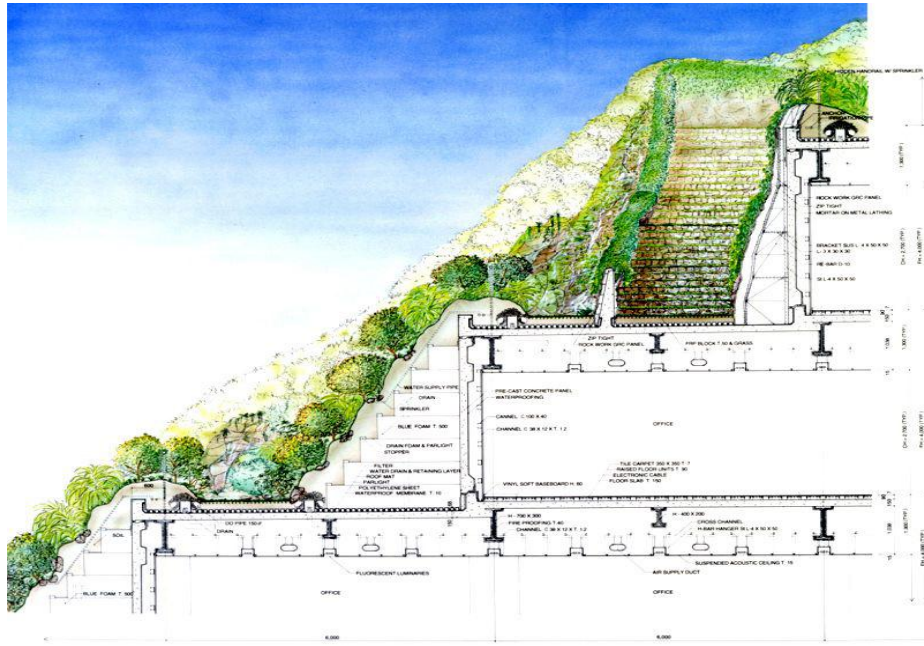


Şekil 4.4 Acros binası kesiti (Acros, b.t.)

1993 yılında Fukuoka kentinin, yeni bir hükümet ofis binası ihtiyacı doğmuştur. Şehrin merkezinde bulunan Fukuoka binası için düşünülen arsa bölgenin o zamana kadar ki tek yeşil alanıdır. Kent sakinlerini, 5000 m²’lik Tenjin Central Park’ın yarısından mahrum etmemek için, mimar (Emilio Ambasz ve Ortakları) o zamanın orijinal bir hareketi olarak 15 katlı yeni yapının tasarımına bir yeşil çatıyı dahil etmeye karar vermiştir. Amacı gelişimle kaybedilen alana eşit olarak yeni bir kamu arazisi yaratmaktır (Gault, 2009).

Fukuoka binası çelik çerçeveli betonarme bir yapıdır. Zemin üstünde 14 kat, zemin altında ise 4 kat mevcuttur. Toplam alan ise 97.252 m²’dir. Acros Fukuoka tasarımı; kentsel sorun için, yeni ve güçlü bir çözüm önermektedir. Yenilikçi bir tarım-kent modeli oluşturarak bir yapı içinde her iki ihtiyacı da karşılamaktadır (Acros, b.t). Acros binasının iki ayrı tarafı vardır. Binanın kuzey yüzü, Fukuoka finans merkezinin en prestijli caddesi üzerinde geleneksel bir kentsel ön cephe sunmaktadır. Öte yandan güney taraf ise mevcut parka bağlanarak yeşil bir tepeyi andırır (Gault, 2009)(Şekil 4.4).

Geleneksel yeşil çatıların aksine, Acros Binası merdiven şeklinde çatı bahçelerinden oluşmaktadır. Bina'nın yüksekliği yaklaşık olarak 60 metre civarındadır. 76 türle (bitkiyle) temsil edilen çatı, 35.000 bitkiyle on beş terası doldurmaktadır. Yapı yeşil çatı sayesinde Tenjin Park'ın yeşil dokusuna 9.290 m²'lik bir alan eklemektedir. Takeneka Firması, Acros binasının yapım sürecine dahil olmuş, yapının bir dağ gibi görünmesini istemiş bu nedenle, intansif yeşil çatı çeşidini seçmiştir (Gault, 2009). % 2 eğime sahip yeşil çatı erişilebilir durumdadır. Yetiştirme ortamı derinliği 30 ile 60 cm aralığında değişim göstermektedir (Acros, b.t). Bahçe tasarımı, doğal bir dağ drenaj sisteminin simülasyonu gibidir. Yağmursuyu üst katlardaki yetiştirme ortamına nüfuz ederek su yollarını takip etmektedir. Böylelikle su zemin seviyesine kadar ulaşabilmektedir (Gault, 2009)(Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Acros binası çatı bahçesinden bir kesit (Acros, b.t).

Acros yeşil çatısındaki çalılar ve ağaç yaprakları ısı adası etkisinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bitkilerin, yakın çevresindeki alanların serinletilmesi için mikroklima oluşturduğunu yapılan araştırmalar açık bir şekilde göstermiştir. Örneğin yaz aylarında Acros binasının çatısı üzerindeki sıcaklığın, güneşe maruz kalan beton bir çatıya göre 15 C⁰ daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Gault, 2009).

4.1.3 Kaliforniya Bilim Akademisi

Tablo 4. 3 Kaliforniya Bilim Akademisi genel özellikleri



3 adet bitkilendirilmiş kubbesiyle Kaliforniya Bilim Akademisi (California Academy of Science, b.t.)

YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: San Fransisko, Kaliforniya, ABD, 2008
Proje Sahibi	: Kaliforniya Bilim Akademisi
Mimar (Tasarım Ekibi)	: Renzo Piano
Yapı Çeşidi	: Bilim Akademisi/Müze

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 2008
Yeşil Çatı Çeşidi	: Ekstansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: -
Yeşil Çatı Eğimi	: % 65
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: American Hydrotech Firması
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilmez
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Modüler Sistem

Kaliforniya Bilim Akademisi 1853 yılında kurulmuştur. 1916 yılında Golden Gate Park'a taşınmış ve birbirine bağlı 12 birim olarak genişletilmiştir. 1989 yılında gerçekleşen Loma Prieta depremi yapı strüktürüne zarar verdiğinden dolayı, mütevellî heyeti 2000 yılının ilkbahar ayında yeni bir yapı yaptırma kararı almıştır (Cantor, 2008).



Şekil 4.6 Vaziyet planı (Swagroup, b.t)

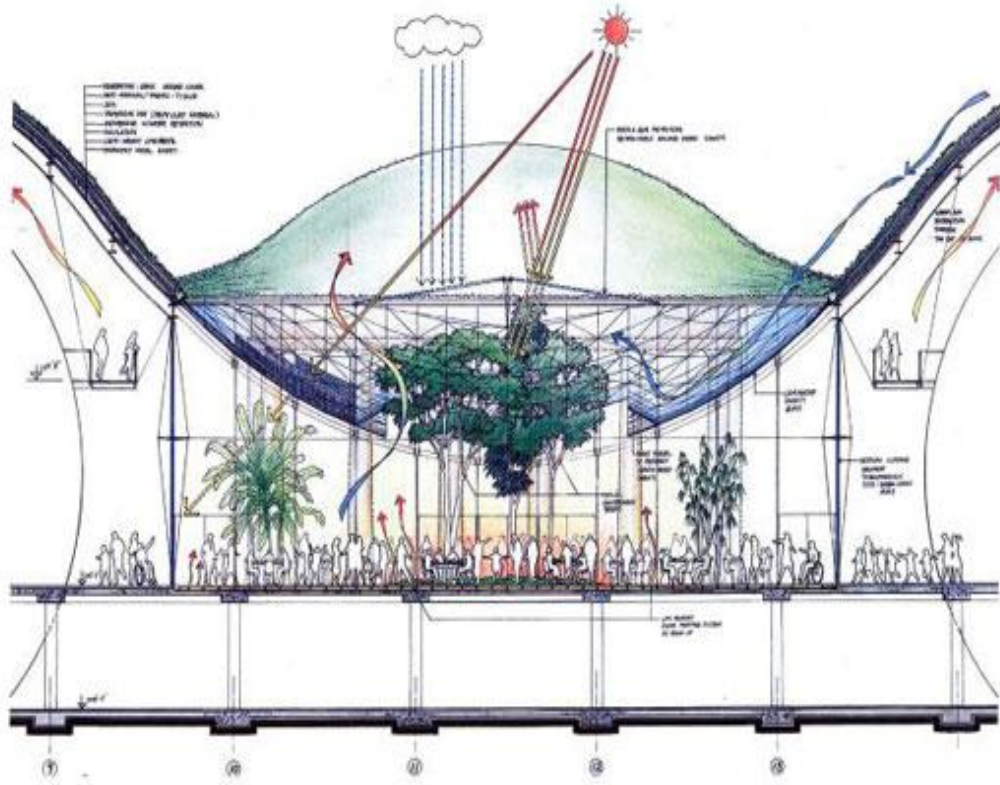
Binanın görkemli tasarımı Mimar Renzo Piano tarafından hazırlanmıştır. Piano, bu muhteşem binanın insanlar için saydam ve çevreyle uyumlu olmasını istemiş, bu yüzden tasarımına yeşil çatılar, doğal aydınlatma ve gökyüzü ışığını içeri alan bir düzenlemeyi dahil etmiştir (Binabid, 2010).

“Doğa ile iletişim kurmak için yeşil ve mümkün olduğunca şeffaf tasarlanan yapıda bir yağmur ormanı, evrenin simülasyonunun yapılacağı bir tiyatro, bir penguen habitatı ve dünyanın iklimsel değişimine ışık tutan bir sergi bulunmaktadır” (Akyol Altun, 2009, s. 29). Dalgalı bir forma sahip yeşil çatı altında yerli bitkiler, planetaryum ve kamu sergi alanları farklı formlarda bir araya gelmektedir (Cantor, 2008)(Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Kaliforniya Bilim Akademisi kesiti (California Academy of Science, b.t)

Sürdürülebilir tasarımın bir modeli olarak yeni akademi, kurumun misyonunu temsil etmektedir. Tasarım boyunca (süresince) su ve enerji verimliliği, doğal ışık, doğal havalandırma, iç mekan kalitesi ve sürdürülebilir (site) arazi yönetimine vurgu yapılmıştır (Cantor, 2008)(Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Yeşil çatı kesiti (Academy of Science in California, b.t.)

Yeşil çatının mimari formu çelik ve beton ile inşa edilmiştir. Çatının en düşük ve en yüksek noktaları arasında yaklaşık 12,2 m'lik yükseklik farkı bulunmaktadır. Üst

tabakada bitkilendirme yer almaktadır. Bitkilendirme tabakası, gabion (kafes) ızgara ile yapılan bir toprak tutma sistemi ile tasarlanmıştır (Cantor, 2008).



Şekil 4.9 Yeşil çatı kafes sistemi (Academy of Science in California, b.t)

Kafesler yüzey suyunun akışını kontrol altında tutmak için kullanılmaktadır. Ayrıca suyu çevre drenaj sistemlerine doğru yönlendirmektedir. Hafif yetiştirme ortamı ise, suya doyduğunda 151,3 ila 175,8 kg/m²'lik bir ağırlığa ulaşmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.10 Yeşil çatı yetiştirme ortamı ve drenajları (The Osher living roof, b.t)

Mevcut yetiştirme ortamında % 55 mineral bileşeni ile yerel bir volkanik malzeme kullanılmıştır. Organik malzeme olarak ise hindistan cevizi lifi denenmiştir (Cantor, 2008).



Şekil 4.11 Tamamlanmış modüler yeşil çatı sisteminden bir görünüş (Academy of Science in California, b.t)

Çatıdaki su yalıtımı ek koruma sağlayan kök tutucu tabaka ile birlikte; monolitik sıcak kauçuk asfalt uygulamasından oluşmaktadır. Bir rezervuar tipi drenaj paneli, bünyesinde su tutmaya yaramaktadır. Çatı yağmur suyu, drenaj sistemiyle binaya bitişik yeraltı şarj odalarına yönlendirilmektedir. Yeşil çatıda alt yüzey sulama sistemi kuruludur çünkü bu sistem özellikle dik yamaçlarda su akışı ve buharlaşma nedeniyle, bitkiler için sulamada en etkili yöntemdir.

Çiçek ve otların birçok türü; sulama, gübreleme ve bakım gerektirmeden performans ve çekici bir görünüm sağlamak için bir yıl boyunca araştırılmıştır. Bitkiler San Fransisko'nun ikliminde ayakta kalabilmek için kuru havalarda genellikle uzun bir süre uyuşukluk (uyku hali) dönemine girmektedirler. Bitkiler aşırı düzeyde yağış görmesine rağmen, yetiştirme ortamı kurulan sistem sayesinde bir arada kalmayı başarmaktadır. Yeşil çatı içerisindeki her bitki türünün konumu ayrı bir sorun oluşturmaktadır çünkü yüksekte büyüyen bu bitkiler güneş radyasyonunun farklı miktarda olması nedeniyle yamacın orta ve alt noktalarından daha az neme sahip olacaktır. 2003 yılı mayıs ayında yapılan dikim testi sonucunda, bitki listesi en başarılı 7 bitki türüne kadar daralmış ve sonuç olarak 4 bitki türü seçilmiştir. Listede yer alan bitkiler rüzgar ve güneşe adapte olabilir türlerdendir. (Cantor, 2008).

4.1.4 Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi

Tablo 4.4 Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi genel özellikleri



Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi (Vancouver Convention Center West, b.t)

YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: Vancouver, B.C.; KANADA
Proje Sahibi	: B.C. Pavilion Corporation
Mimar (Tasarım Ekibi)	: LMN Mimarlık
Yapı Çeşidi	: Kongre ve Sergi Merkezi

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 2008
Yeşil Çatı Çeşidi	: İntansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 6000 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: %3-54
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: Flynn Kanada LTD
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilmez, Özel
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

Vancouver’da kıyıda yer alan dağ, okyanus ve parklara hakim muhteşem manzaralı Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi doğal ekoloji, canlı yerel kültür ve yapılı çevreyi bir araya getirmek için tasarlanmış olup bunların birbirleriyle olan ilişkilerini mimari boyutta vurgulayan bir yapıdır (Vancouver Convention Center West, b.t).



Şekil 4.12 Vaziyet planı (Hemstuck, 2010)

Seattle Merkezli LMN Mimarlık tarafından tasarlanan yapı 6000 m²’lik bir yeşil çatı alanına sahiptir. Kanada’da uygulanan en büyük yeşil çatıdır (Şekil 4.12). Kongre Merkezi, Kanada yeşil bina konseyi tarafından Platinum Seviyesinde LEED sertifikasına layık görülmüştür. Bu seviyede LEED sertifikası alan Dünyadaki ilk Kongre Merkezidir. Ayrıca yapı bu boyutta sivil bir yapı için sürdürülebilirlik konusunda bir model konumundadır.

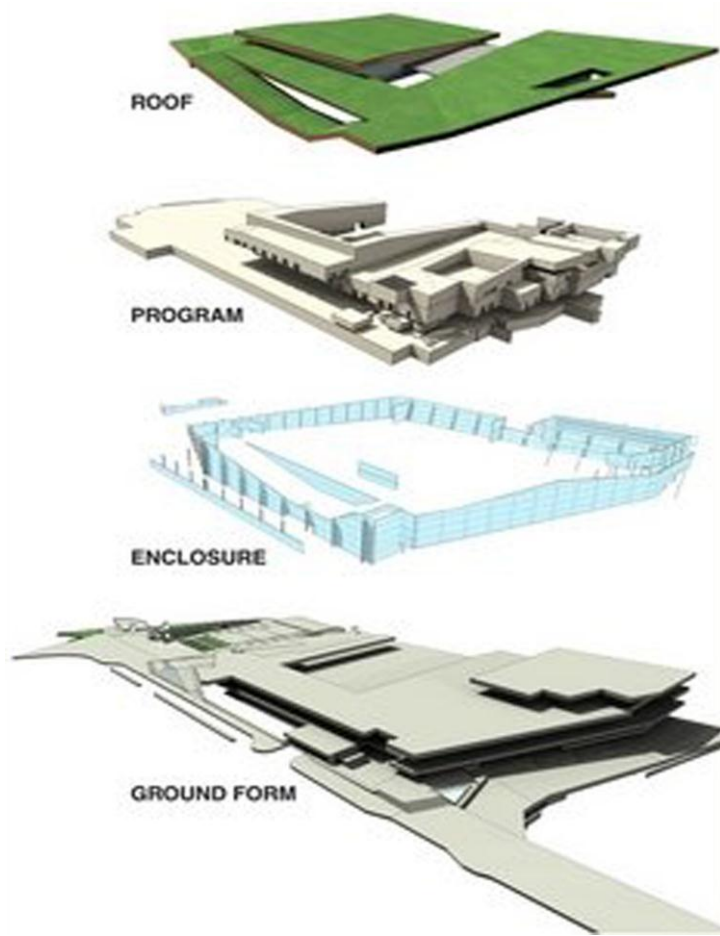
Yeşil çatı peyzaj düzenlemesinde 400.000 den fazla yerli bitki ve ot yer almaktadır. Bu eşsiz ekosistemin yetiştirme ortamı yüksekliği 30,48 cm kadardır. Yeşil çatı sisteminde ise şu tabakalar mevcuttur;

- 1-Metal döşeme
- 2-Densdeck cam mat yüzülü çatı panoları
- 3-Permequik membran / kök tutucu tabaka
- 4-10, 16 cm kalınlığında ekstrude yalıtım

5-Filtre tabakası

6-Yetişme ortamı (Vancouver Convention Centre Expansion Project, b.t).

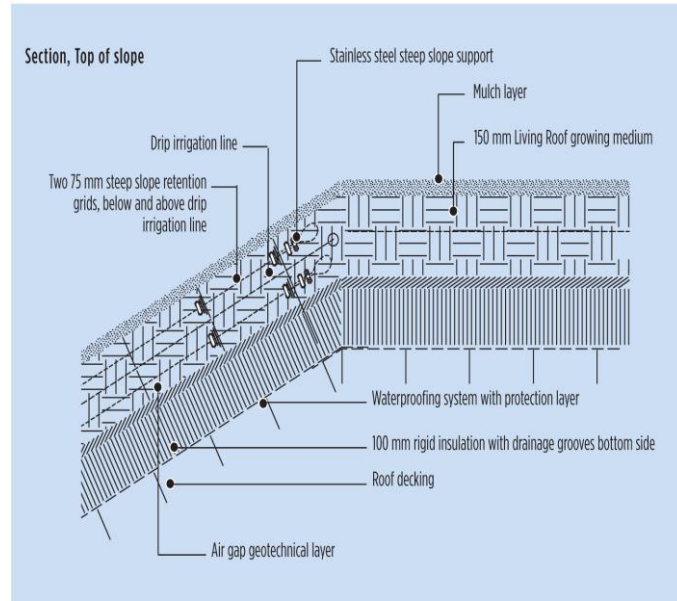
Vancouver Kongre ve Sergi Merkezi tasarım ekibi; başından itibaren çatının bitki içermesini fonksiyonel ve estetik özellikleri geliştirmek açısından bina için bir fırsat olarak dşünmşlerdir. Eğimli bir yeşil çatı karakterine sahip yapının çatı eğimi; % 3 ile % 54 arasında değişmektedir (Hemstuck, 2010)(şekil 4.13).



şekil 4.13 Yapı katmanları (Worldbuildingsdirectory, b.t).

6000 m²'lik yeşil çatı alanına sahip yapıda ağırlık sorunları, yağmur suyu yönetimi, eğimli yüzeylerde yetişme ortamının su tutabilme kapasitesi, sulama suyu hacmi ve bitki türleri çözülecek ilk sorunlar arasında yer almıştır. Bu sorunları ele almak üzere doğada yaşayan bir çatı sistemi (ayır bitkileri) nerilmiştir. Çayır bitkilerinin toprağın sığ derinliklerinde büyümesi mümkündür. Ayrıca yaz aylarında kuraklığa uzun süre tahammül etmekte ve kış aylarında şiddetli yağmura

dayanabilmektedir. Bu bitkiler 15 cm kalınlığındaki yetiştirme ortamında büyüebilmektedir (Hemstuck, 2010). Çatı döşemesi için metal güverte üzerine densdeck denilen ekonomik ve dayanıklı bir sistem önerilmiştir. Bunun üzerinde ise, su yalıtım membranı Permaguik sıcak uygulanan kauçuk asfalt, kök tutucu tabaka çatı sisteminde yer almaktadır. Rijit bina yalıtımı kök tutucu tabaka üzerine konulmuş ve tüm çatı alanı bir sızıntı tespit sistemi ile örtülmüştür (Hemstuck, 2010).



Şekil 4.14 Eğimli bölge kesiti (Hemstuck, 2010).

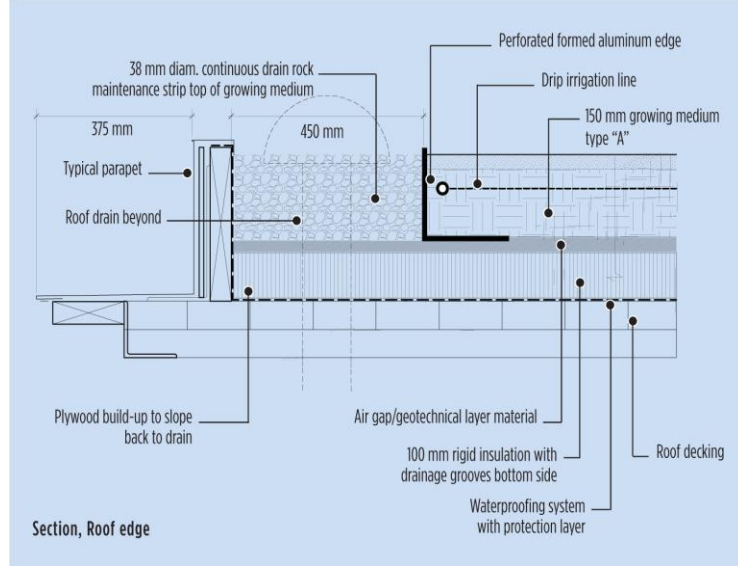
Yetiştirme ortamı ise lav kaya, kum ve organik maddenin bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Karışım iyi drenaj sağlamaktadır. Sistemin metreküp başına düşen doymun ağırlığı 1,29 tondur. Çatı bitkileri ve yetiştirme ortamı yağmur suyu akışını önemli miktarda geciktirse de çatı kesitinin boyutu çatı yüzeyinde yağmur suyu hareketinin dikkatli yönetilmesini gerektirmektedir (Hemstuck, 2010). Bunun için çatıda yetiştirme ortamının kontrol edilmesi gibi önlemler alınmıştır (Şekil 4.14).

Dik eğimli alanlarda yüksek mukavemetli tutma sistemleri kullanılmıştır. Yüksek mukavemetli polimer paspas ve paslanmaz çelik kablolar yetiştirme ortamı ve bitki materyalini tutmak için kullanılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Çelik kablolar (Hemstuck, 2010).

Çatı için damlama sulama sistemi öngörülmüştür. Çatı bitkilerinin uzun ve kuru Vancouver yazlarına dayanabilmesinden emin olmak için nem sensör sistemi kullanılmaktadır Sürdürülebilirlik hedefi doğrultusunda; yapının siyah su (pis) arıtma tesisi sulama suyu için birincil kaynaktır (Hemstuck, 2010)(Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Düz bölge kesiti (Hemstuck, 2010).

Ayrıca Vancouver Kongre Merkezi, 2010 yılında 21. Olimpiyat ve Paralimpik Kış Oyunları için uluslararası yayın ve medya merkezi olarak görev kullanılmış, dünya çapında milyonlarca izleyicinin ilgi odağı konumuna gelmiştir (Vancouver Convention Centre Expansion Project, b.t).

4.1.5 Seattle Halk Kütüphanesi

Tablo 4.5 Seattle Halk Kütüphanesi genel özellikleri



Seattle Halk Kütüphanesi genel görünüşü (Ballard, b.t)

YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: Seattle, WA, ABD; 2005
Proje Sahibi	: Seattle Halk Kütüphanesi
Mimar (Tasarım Ekibi)	: Bohlin Cywinski Jackson
Yapı Çeşidi	: Kütüphane

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 2005
Yeşil Çatı Çeşidi	: Ekstansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 1.672 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: % 25
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: American Hydrotech Firması
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilmez
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

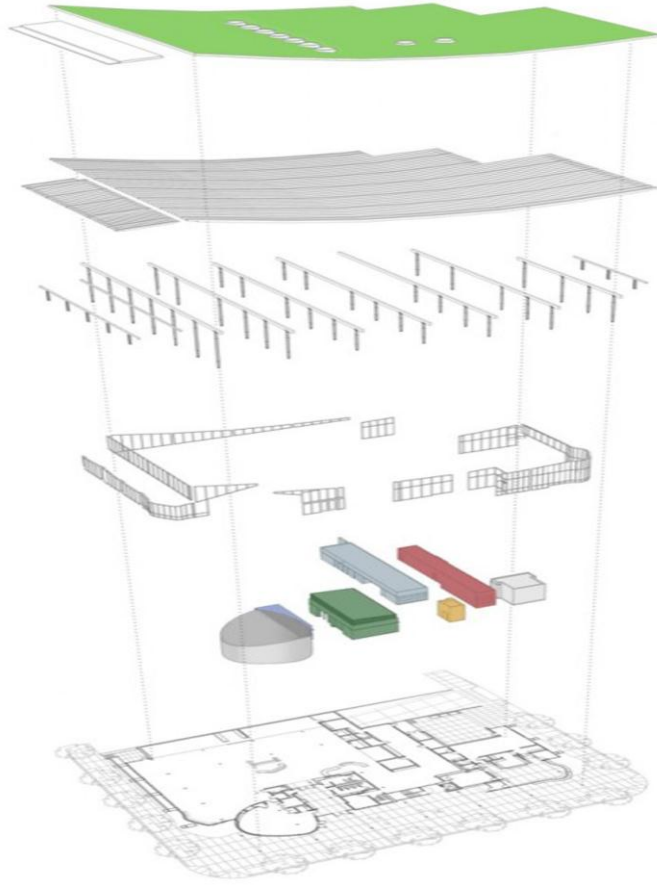
Kütüphaneler bilginin geleneksel yalın depolarıdır. Bu doğrultuda yeşil çatı kurulumunun temel amacı yeşil tasarıma toplumun ilgisini çekmek ve tesisi dinamik bir öğretim aracı yaparak topluma sürdürülebilir tasarım ve çevre bilincini aşlamak ön plana çıkarılmak istenmektedir. Hafif eğime sahip cadde üstünde bulunan yapı, üstündeki çatıyla ziyaretçileri çatı ekolojisiyle ilgilenmeye adeta davet etmektedir. Ballard Kütüphane Projesi, Washington’da mütevazı bir bütçeyle yeşil çatının var olabileceğini göstermektedir. Sürdürülebilir tasarım, olağanüstü bir mimari ile birleşince toplum yararına önemli katkı sağlamaktadır (Ballard, b.t).



Şekil 4.17 Yeşil çatı ve fotovoltaik paneller (Seattle Public Library, b.t)

Seattle Halk Kütüphanesinin Ballard şubesi gün ışığı, binaya entegre fotovoltaikler, hareketli pencereler ve geri dönüşümlü malzemeler gibi bir dizi sürdürülebilir tasarım stratejilerini sergilemektedir (Şekil 4.17).

Yeşil çatı 2005 yılında kurulmuştur. 1.672 m²’lik yeşil çatı düşük su gereksinimi olan bitkilerle donatılmıştır. Ziyaretçiler ekili yeşil çatıyı iç merdivenden görebilmektedir. Yeşil çatı sistemi yağmursuyu akışını azaltmak için kurulmuş olup yağmursuyu miktarı ve kalitesini izlemek için araçlar içermektedir. Ancak izleme günümüzde devam etmemektedir. Çatı strüktürü parabolik bir şekle sahip olup damlama sulama sistemiyle sulanmaktadır (Paladino ve Company Inc., 2006)(Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Çatı katmanları (BcJ, b.t)

Yapıda su yalıtım malzemesi olarak sıcak sıvı uygulamalı kauçuk asfalt membran türü kullanılmıştır. Kök tutucu tabaka olarak ise polietilen malzeme tercih edilmiştir. Direnaj ve su tutma tabakasında ise Floradrain FD 40 denilen direnaj ve su tutmaya yarayan bir tabaka yer almaktadır. Filtre tabakasında ise Systemfilter SF denilen polimerik jeotekstil bir kumaş kullanılmaktadır. Bu tabakanın üstünde ise yetişme ortamı ve bitki tabakası yer almaktadır.

Biyolojik olarak parçalanabilen hindistan cevizli lifli battaniye 10 cm kalınlığındaki toprak üzerine kurulmuş ve toprak erozyonunu önlemektedir. Genel olarak çatı özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, ekstansif yeşil çatı çeşididir, eğim değişkenlik göstermektedir ve kuraklığa dayanıklı bitkiler kullanılmıştır. Yeşil çatı farklı türlerdeki otlar ve sedumlardan oluşmaktadır. Çatıdaki çoğu bitki türü iyi olmasına rağmen sedum türleri kuraklığa karşı daha dirençlidirler (Paladino ve Company Inc., 2006).

4.1.6 Şikago Belediye Binası

Tablo 4.6 Şikago Belediye binası genel özellikleri



Şikago Belediye binasından bir görünüş (Pompeii, 2010)

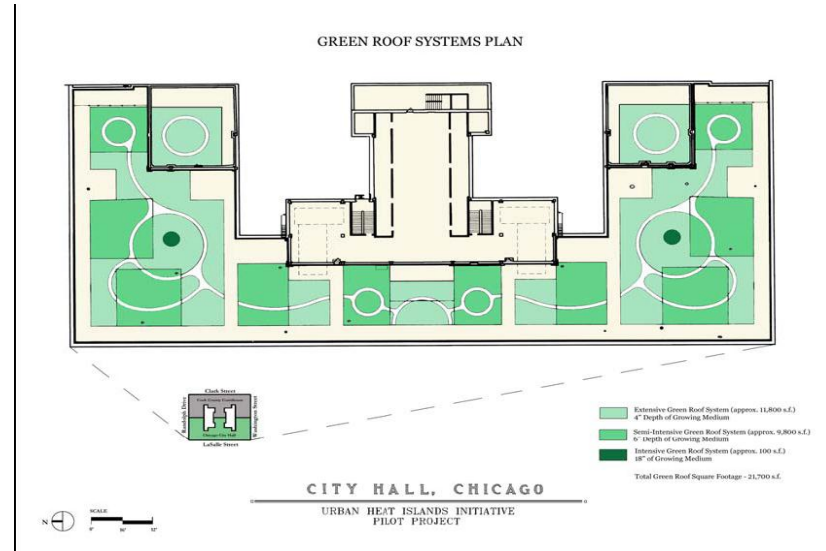
YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: Şikago, IK, ABD
Proje Sahibi	: Şikago Şehri, Çevre Departmanı
Mimar (Tasarım Ekibi)	: Mcdonough ve Ortakları
Yapı Çeşidi	: Belediye/Hükümet binası

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 2001
Yeşil Çatı Çeşidi	: Ektansif, intansif ve yarı-intansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 1.885 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: % 1,5
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: Roofscapes
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilebilir
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

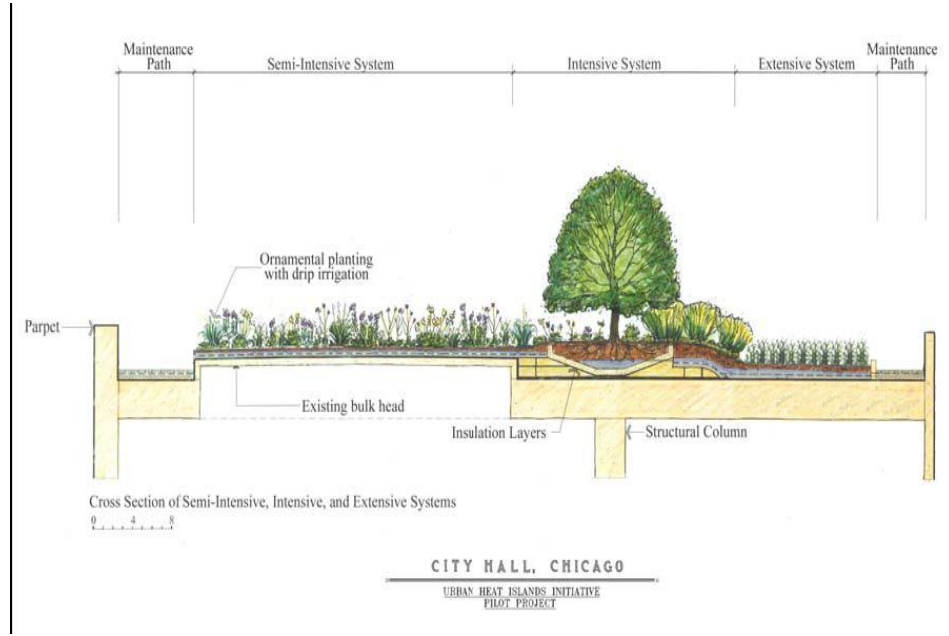
Şikago Belediye Binası, Şikago şehir merkezinde bulunmakta olup 33 adet yüksek bina tarafından çevrili bir kamu yapısıdır (Hake, 2007). Çeyrek hektarlık çatı bahçesine sahip yapı, Şikago şehrinin sokaklarından yaklaşık olarak 33 metre yükseklikte olup ekstansif, yarı intansif ve intansif yeşil çatı türlerini sergilemektedir (Dvorak, b.t). 1.885 m²'lik yeşil çatı 11. kat çatı terasında yer almaktadır. Yeşil çatı, EPA (Environmental Protection Agency)'nın kentsel ısı adası girişim hareketi tarafından finanse edilmiştir (Hake, 2007).



Şekil 4.19 Yeşil çatı planı (Hake, 2007)

Proje 2002 yılında ASLA mesleki başarı ödülünü kazanmıştır. Yeşil çatı; kenti yeşil çatı teknolojisine yatkın hale getirmeye yardımcı olmak amacıyla tasarlanmıştır. Şikago Belediye Binası 2000 yılı Eylül ayında hizmete sunulmuştur (Hake, 2007). Pilot çalışmanın amacı; hava kalitesini iyileştirmek için metropolitan alanlarda yüksek ortamda hava sıcaklığını ölçmek ve kentsel ısı adasının soğutulmasının faydaları hakkında çalışma yapmaktır (Ni, 2009).

Mevcut çatı yapıya yaklaşık olarak 135 kg/m²'lik bir ağırlık getirmektedir. Projede çoğunluğu ekstansif, birkaç yarı intansif ve binanın 182 cm çapındaki iki adet kolonu üzerinde intansif yeşil çatı tasarımı düşünülmüştür. İki kolon üstündeki alan yüke karşı dayanıklı olduğundan üstlerinde alıç ağaçları yetiştirilmektedir (Hake, 2007).



Şekil 4.20 Yeşil çatı sistemi kesiti (Hake, 2007)

Yeşil çatı kenarlarında istinat duvarları kullanılmıştır. Binanın mevcut drenaj sistemi ise yağmursuyu için korunmuştur (Şekil 4.20). Yeşil çatı; binanın çatı strüktürel kapasitesinin elverdiği kadar drenaj tabakası ve yetiştirme ortamında su depolama için tasarlanmıştır. Çatıda yer alan bitkiler renkli çekici bir desen ve çeşitli (varyant) ortam derinlikleri sunmaktadır. Farklı bitki türleri çevre binalardan da görülebilmektedir (Hake, 2007). Yetiştirme ortamı yüksekliği 45,72 cm, 15,24 cm ve 10,16 cm olarak değişkenlik göstermektedir (Stater, b.t).

Belediye Binasının beton zemin kaplaması aşırı yağmur suyunun stratejik bir durumda tahliye edilmesi için eğimlidir. Kolonların ve ışıklık alanların olduğu bölgelerde yarı intansif ve intansif yeşil çatı için yapısal destek sağlanmıştır. Şikago yeşil çatısı, çatının her iki tarafında toplanan sular ile sulanmaktadır. Su gerektiğinde yeşil çatı tabakasına entegre edilmekte aksi durumlarda ise çatı katında çatı iniş boruları yakınında bulunan tanklarda depolanmaktadır. Çatı damlama sulama sistemiyle sulanmaktadır. Yapı enerji tasarrufu açısından aşırı fayda sağlamamaktadır. Yeşil çatı, üst katta yaz aylarında ısı azaltıcı etkisi sağlamaktadır ancak bu binanın sadece 1/12 sini etkilemektedir. Tek katlı bir yapıda yeşil çatı düşünülmüş olsaydı bu oran % 100'leri bulacaktı (Hake, 2007).

4.1.7 Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu Binası

Tablo 4.7 Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu binası genel özellikleri



Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu Binasından bir görünüş (MVVA, 2010)

YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: Washington, DC, ABD
Proje Sahibi	: Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu (ASLA)
Mimar (Tasarım Ekibi)	: MVVA
Yapı Çeşidi	: Kurumsal

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

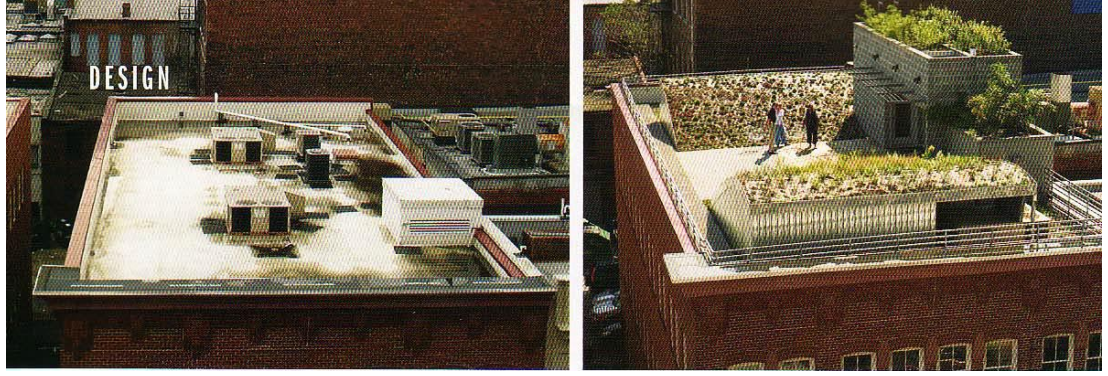
Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 2006
Yeşil Çatı Çeşidi	: Ekstansif, intansif ve yarı-intansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 279 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: % 1,25
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: Amerikan Hydrotech Firması
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilebilir
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

ABD’de, 1899 yılında kurulan ASLA (Amerikan Peyzaj Mimarlığı Topluluğu), ulusal bir mesleki topluluktur. ABD’deki 50 eyalette faaliyet gösteren 18.000 üyeye sahiptir. Peyzaj Mimarlığı mesleğiyle ilgili olarak uygulama çalışmalarını, eğitim, iletişim, burslar, meslekle ilgili konuları savunma, vb. konular da mesleğin en önemli temsilcisidir. ASLA, Peyzaj mimarlığı meslek disiplini içinde bilincin artırılması üzerinde durmakta, yerel, eyalet ve ulusal düzeyde mesleğin savunmalarını yüklenmekte, üyelerine lisans verilmesi, vb. konularla ilgilenmektedir (Uzun ve diğer., b.t, s. 6).

Amerikan Peyzaj Mimarları Topluluğu (ASLA) binası, yeşil çatısı 26 Nisan 2006 tarihinde tamamlanan üç katlı bir yapıdır. Yeşil çatı, mevcut ASLA yapısının üzerine sonradan kurulmuştur. ASLA yönetim kurulu, çevresel faydaları maksimize etmek, yeşil çatıyı göstermek ve peyzaj mimarlarının yeşil çatı projelerine nasıl katkıda bulunduğunu göstermek amacıyla yeşil çatıyı normal çatıya tercih etmiştir (Hake, 2007).

ASLA binası terasında bulunan yeşil çatı projesi, mevcut olan 279 m²’lik çatının yeşil çatı teknolojisine dönüşümünü sergilemek adına güzel bir örnektir. Çatı, birçok insanı aynı anda barındırabilmek ve çatıdaki yeşil alanı azami dereceye eriştirebilmek amacı ile tasarlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, yeşil çatı sistemi üzerinde yayaların rahatlıkla dolaşabilmesi için metal kafes sistemi düşünülmüştür (MVVA, 2010).

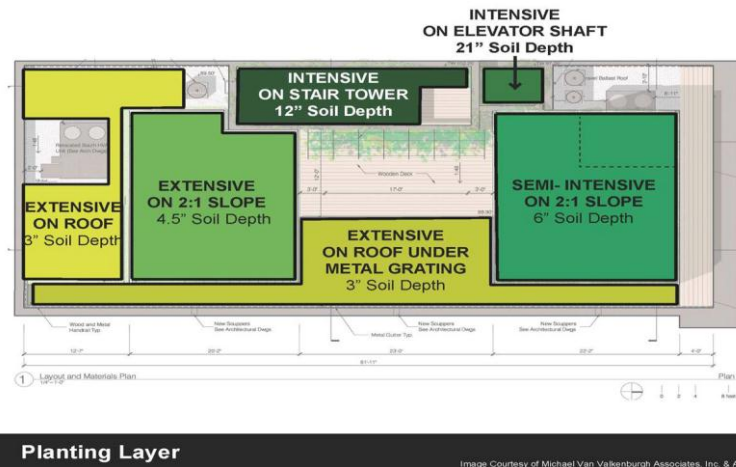
İlk tasarım zorluklarını, mevcut çatının ortasında yer alan HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemleri oluşturmaktaydı. Kullanışlı bir alan oluşturmak için bu birimlerin kaldırılması gerekmekteydi. Çatı kanalizasyonunu değiştirmek maliyet açısından mümkün olmadığı için kanalizasyon günümüzde ızgara altında gizlenmektedir. Yeşil çatı konstrüksiyonunun en pahalı yönü çatıya erişim için merdiven boşluğuna ek yapmak olmuştur. Yeşil çatı öncesindeki çatı erişimi ise kapak şeklinde iki kapı aracılığıyla sağlanmaktadır (Hake, 2007)(Şekil 4.21).



Şekil 4.21 ASLA çatısının eski ve yeni görünüşleri (Green roof infrastructure, b.t)

Yeşil çatı alanı yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere dalga şeklinde, ziyaretçilere bir çayır hissi vermek için tasarlanmıştır. Oluklu metal, kuzey ve güneye bakan dalgaları desteklemektedir. Bu metallere sert izolasyon köpüğü ile doludur ayrıca çelik strüktür tarafından desteklenmektedir. Her dalga yapısal olarak çatı strüktürüne bağlıdır. Strüktürel yük dağılımı ve toprak derinliğine bağlı olarak bitkilendirme yeşil çatının farklı alanları için uygulanmıştır. Değişik yetiştirme ortamı yüksekliklerinin olması ASLA'ya çeşitli bitkilerin yetişmesi için olanak sağlamaktadır. Böyle bir çeşitlilik ayrıca bitki gelişimi, yağmursuyu tutma olaylarını izleme ve test etme imkanı sunmaktadır. ASLA yeşil çatısı için seçilen bitkiler kuraklığa karşı oldukça toleranslıdır (Hake, 2007).

ASLA çatısı altı ayrı yeşil çatı koşullarını barındıran derinlikleri 7,62 -53,34 cm aralığında değişen ekstansif, yarı intansif ve intansif yeşil çatıdan oluşmaktadır (Asla Headquarters, b.t)(Şekil 4.22).



Şekil 4.22 ASLA yeşil çatı planı (Hake, 2007)

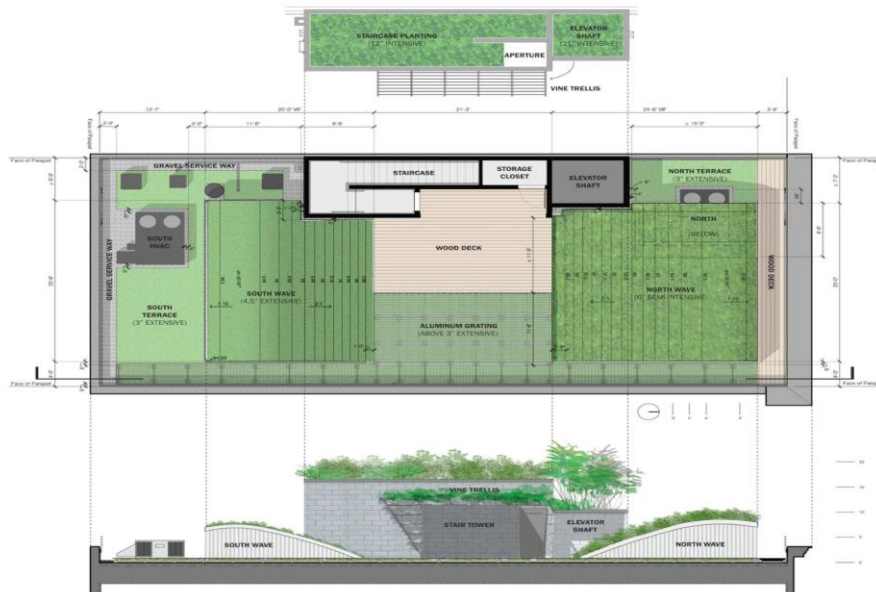
Çatıdaki kuzey ve güney dalgalarının tasarımı hakim olduğu görülmektedir. Bu dalgaların ortasında ise ziyaretçiler için oturma alanı ve merkezi bir izleme platformu yer almaktadır. ASLA yeşil çatısında bulunan bölümler şunlardır.

a. Manzara platformu; 116 m²'lik alana sahip olup platform ziyaretçilere yöneliktir. Alt kısmında 7,62 cm derinliğinde sedum dikilmiş bitkilendirme sistemi yer almaktadır. Platform bitkilerin yaklaşık 2,54 cm kadar üstünde asma metalden oluşmaktadır

b. Güney Höyüğünde; 12,7 cm kalınlığında sedum bitkileri olan bitkilendirme sisteminden oluşmaktadır. Höyük straforndan inşa edilmiştir. Yetiştirme ortamı; erozyon ve kaymayı önlemek için geri dönüşümlü olmayan plastik şeritler ile bağlanmıştır.

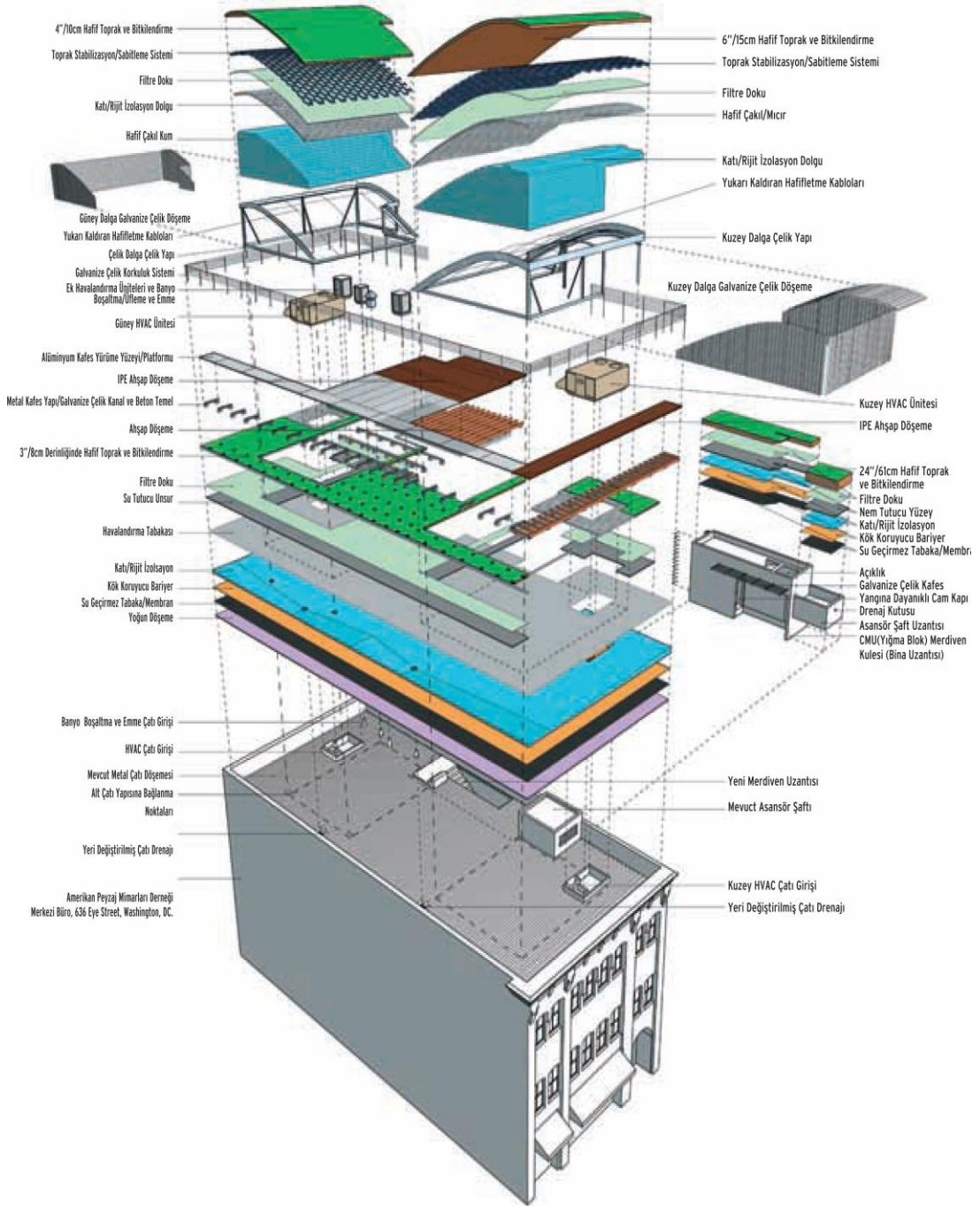
c. Kuzey Höyüğü; 15,24 cm kalınlığında sedum bitkileri olan bitkilendirme sisteminden oluşmaktadır. Höyük straforndan inşa edilmiştir. Yetiştirme ortamı; erozyon ve kaymayı önlemek için geri dönüşümlü olmayan plastik şeritler ile bağlanmıştır.

d. Merdiven Boşluğu (Çatı girişi); binanın çatısı üstünde erişim noktalarını kapsayacak şekilde inşa edilen basit bir strüktürdür (Asla Headquarters, b.t).



Şekil 4.23 ASLA vaziyet planı ve kesiti (Somerville ve diğer., 2007)

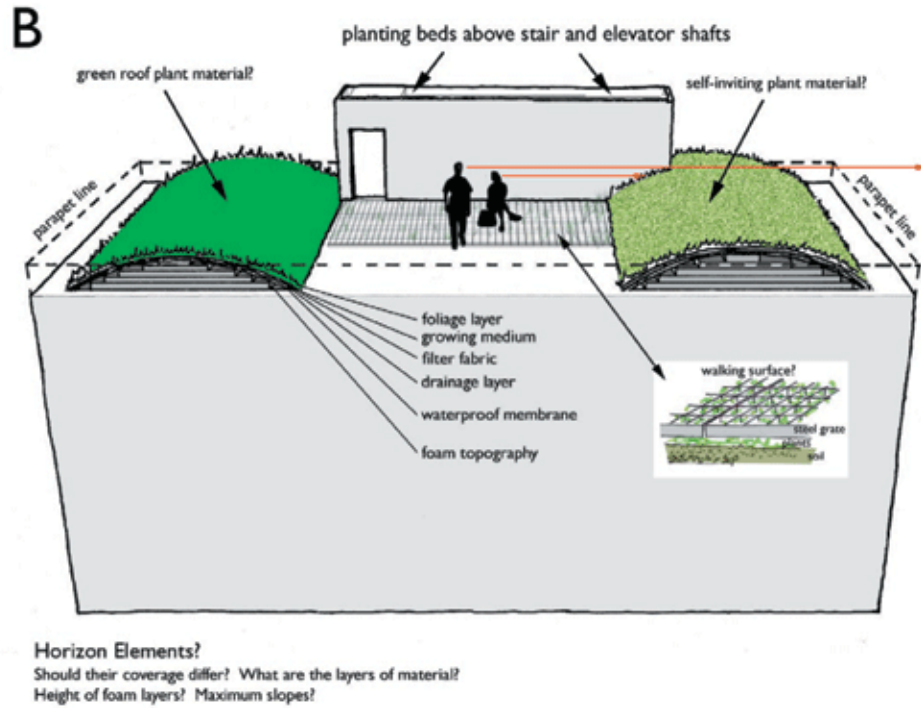
Proje için kullanılan yeşil çatı sistemini Amerikan Hydrotech firması kurmuştur. Sistemde çatı membranı, kök tutucu tabaka, yalıtım tabakası, drenaj/su toplama tabakası, filtre kumaşı ve hafif yetiştirme ortamı yer almaktadır. Çatıda en az % 25 oranında geri dönüştürülebilir içerikli sıcak sıvı uygulanan kauçuk asfalt kullanılmıştır (Somerville ve diğer., 2007)(Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Asla çatı katmanları (MVVA, 2010)

Merdiven boşluğundaki strüktür, 30,48 cm yüksekliğinde yetiştirme ortamıyla kaplıdır. New Jersey çayı ve gül ile bitkilendirilmiştir. Asansör şaftı üzerindeki alan 53,34 cm yüksekliğinde yetiştirme ortamından oluşmakta ve sumak ağacının çeşitli türleri ile bitkilendirilmiştir. Sulama sistemi ise, merdiven boşluğu ve asansör şaftı üzerinde ekstansif bitkilendirmelerin sulanmasını kolaylaştırmak amacıyla konumlandırılmıştır (Somerville ve diğer., 2007).

Çatının kuzey ve güney uçlarında bulunan varil şeklindeki höyükler, dikkati Washington'un genel şehir manzarasına çekerek, ziyaretçilere yeni bir bakış açısı sunmaktadır (MVVA, 2010)(Şekil 4.25).



Şekil 4.25 ASLA yeşil çatı perspektifi (Landarchives asla, b.t)

Bu höyükler, çatının yükünü arttırmadan yeşil bitkileri göz seviyesine getirecek şekilde oluşturulmuştur. iki höyük de, iki ayrı yeşil çatı tipini göstermektedir. Birincisi düşük büyüme özelliği gösteren bitkilerin en düşük yetiştirme ortamı yüksekliğine ihtiyaç duyduğu şekilde, diğeri ise daha yüksek bir yetiştirme ortamına ihtiyaç duyan bunun sonucu itibarı ile çok daha fazla bitkinin büyümesini sağlayan yarı-yoğun tiptir (MVVA, 2010).

4.1.8 Ümraniye Meydan Projesi

Tablo 4.8 Ümraniye Meydan Projesi genel özellikleri



Ümraniye Meydan Projesinden bir görünüş (Bahadır, 2010)

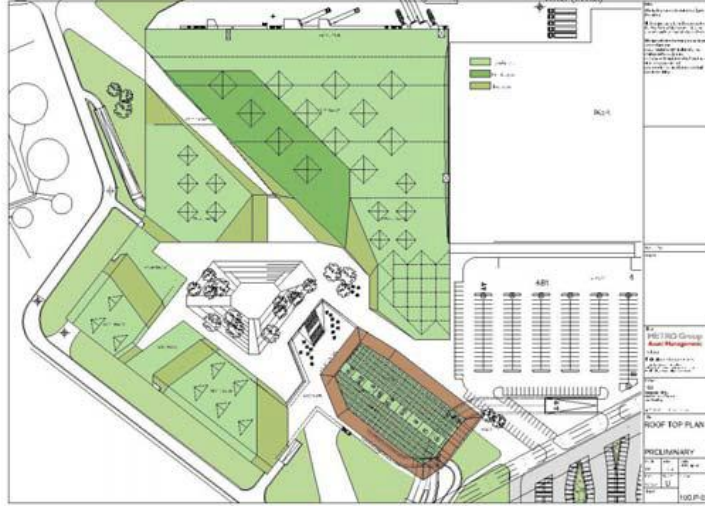
YAPIYA AİT BİLGİLER

Yapım Yeri, Yılı	: İstanbul, Türkiye; 2007
Proje Sahibi	: MAM (Metro Group Asset Management)
Mimar (Tasarım Ekibi)	: FOA Mimarlık
Yapı Çeşidi	: Ticari (Alışveriş Merkezi)

YEŞİL ÇATIYA AİT BİLGİLER

Yeşil Çatı Kurulum Yılı	: 2007
Yeşil Çatı Çeşidi	: İntansif ve ekstansif yeşil çatı
Yeşil Çatı Alanı	: 30000 m ²
Yeşil Çatı Eğimi	: %0-%125
Yeşil Çatı Kurulum Firması	: Zinco Firması
Yeşil Çatı Erişilebilirliği	: Erişilebilir
Kullanılan Yeşil Çatı Sistemi	: Tam Sistem

2007 yılında açılışı yapılan meydan projesi İstanbul’da şehir meydanı fikri düşünülerek tasarlanan bir alışveriş merkezidir. “Büyük bir meydanın etrafında yer alan tematik mağazaları ile M1 Meydan, çevresi ile gelişen şehir meydanı konseptiyle bir açık hava aktivite merkezi olmayı hedeflemektedir” (Etüd mimarlık, b.t).



Şekil 4.26 Ümraniye Meydan Projesi vaziyet planı (Zinco, b.t)

Meydan projesi, “...70 bin metrekarelik kiralanabilir alanı, 50 mağazası, 10 adet salon içeren sinema kompleksi ve 3 bin araçlık otoparkı ile IKEA dahil 128 bin metrekarelik bir alanda inşa edilmiştir. 14 bin 500 metrekarelik alışveriş alanıyla M1 Meydan, bölgenin potansiyelini karşılayabilecek boyuttadır” (Etüd mimarlık, b.t).



Şekil 4.27 Meydan Projesi genel görünüş (Zinco, b.t)

Rampa ve merdivenlerden oluşan yaya yolları belli yerlerde yeşil çatının üzerine bağlanarak insanların yeşil alana çıkmasına izin vermektedirmeydan, kot

farklılıkları kullanılarak yeşil bir tepenin altında olduğu görüntüsü vermektedir. Konserler, kermesler, sergiler, canlı performanslar gibi eğlence, spor, kültür ve sanat etkinliklerinin yanı sıra birbirinden farklı ve eğlenceli aktivitelerin de buluşma noktası olmak üzere tasarlanmıştır. Çatı alanı yaklaşık 55 bin metrekaredir ve bunun 30 bin metrekaresi yeşil alandır. Bu özelliği ile Meydan, dünyanın tek alanda, en büyük yeşil alanlı çatısına sahiptir (Etüd mimarlık, b.t).



Şekil 4.28 Aşırı eğimli yeşil çatıdan bir görünüş (Zinco, b.t)

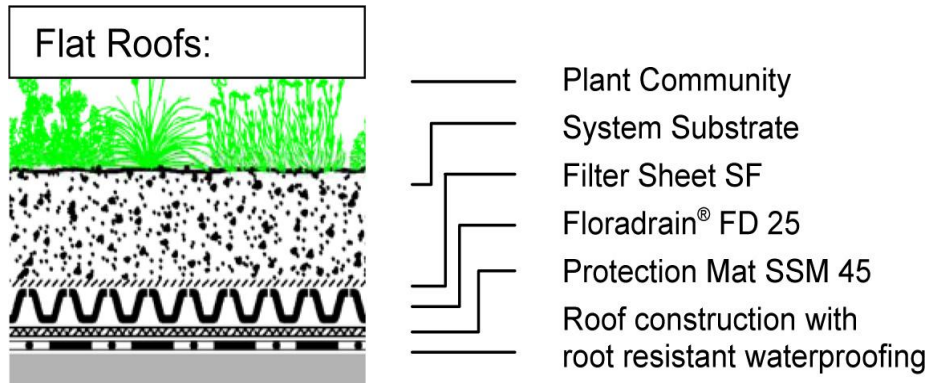
Doğal bir bitki örtüsü elde etmek, mimarlar tarafından arzu edildiği için projede zaman zaman çok dik eğimli çatı yüzeyleri görülmektedir. Çatı konumu çeşitliliği ve farklı kullanımları 16.000m²'lik düz alanı erişilemez, 1.250 m²'lik düz çatı kısmını erişilebilir kılmaktadır. 11.900m²'lik kısma kadar 25⁰ ye kadar eğimli, 1.500m²'lik kısmı ise 35⁰ ve daha fazla eğime sahip olmak üzere Zinco Firması tarafından üretilen farklı yeşil çatı sistemleri kullanılmıştır. Mart- Ağustos 2007 döneminde yapılan yeşil çatı kurulumu Zinco'nun Türk ortağı Onduline Avrasya A.Ş tarafından gerçekleştirilmiştir (The Meydan-Center in İstanbul has model character, b.t).

Proje yeşil çatı çeşidi olarak intansif ve ekstansif yeşil çatıdan oluşmaktadır. Aşağıdan yukarıya doğru sistemde yer alan tabakaları sıraladığımızda, taşıyıcı tabaka, buhar kesici tabaka, ısı yalıtım tabakası, nem tutucu tabaka ve su yalıtım

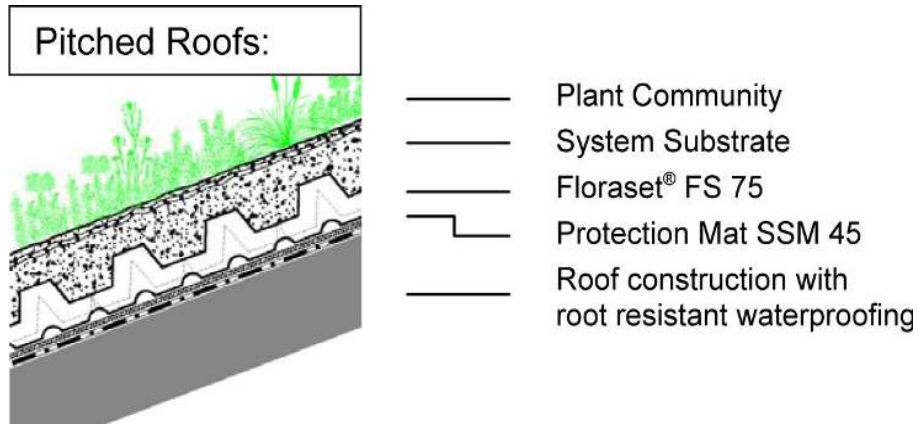
tabakası, drenaj tabakası, filtre tabakası, yetişme ortamı ve bitkilendirme tabakası yer almaktadır.

“Projede ayrıca 12 santimetre kalınlığında EPS ile ısı yalıtımı yapılmıştır... FLL onaylı özel üretilmiş bir membran tercih edilmiştir. Bitki köklerinin salgıladığı asitlere son derece dayanıklı olan membran, 30 bin metrekarenin tümünde kullanılmıştır ve -60 ile +130 °C'de çalışmaktadır” (Etüd mimarlık, b.t). “Çok değişik eğimlere sahip olan çatı alanında çatının eğimine bağlı olarak değişik tipte uygulamalar yapılmıştır” (Seçer Kariptaş, 2010, s. 211).

Eğimli yüzeylerde Floraset FS 75, düz yüzeylerde Floradrain FD 25 drenaj tabakası ve Filter Sheet SF denilen filtre tabakası kullanılmıştır (Şekil 4.29)(Şekil 4.30).

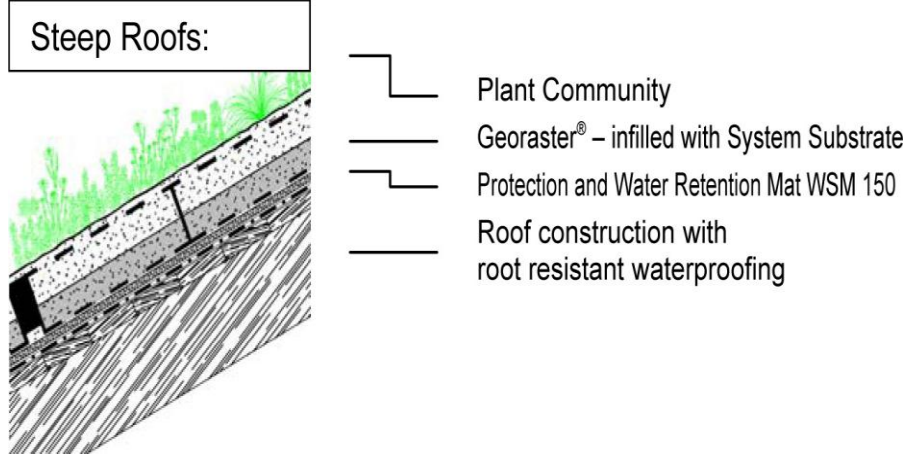


Şekil 4.29 Düz yeşil çatı (Zinco, b.t)



Şekil 4.30 Eğimli yeşil çatı (Zinco, b.t)

Eğimin çok fazla olduğu bölümlerde toprak tutmaya yarayan içinde bitkilerin yaşayabileceği georastlar kullanılmaktadır (Şekil 4.31)(Şekil 4.32).



Şekil 4.31 Aşırı eğimli yeşil çatı (Zinco, b.t)



Şekil 4.32 Yeşil çatıda georast uygulaması (The Meydan- Center in İstanbul has model character, b.t)

“Yeşil çatı alanlarında Zinco firmasının bu tip çatılarda kullanılan Zincolit bitki örtüsü sistemi kullanılmıştır. Projede yüzde 70'e yakın bölümünde yüksek eğimler bulunmaktadır ve bu yüksek eğimlerde bitkilendirme yapılmış, sulama sistemi kurulmuştur” (Etüd mimarlık, b.t).

4.2 Örneklerin Karşılaştırılması

Çeşitli ülkelerden değişik yeşil çatı örneklerine yer verilen bu çalışmada, yeşil çatı konusunda orijinal sayılabilecek nitelikte yapılar seçilerek incelenmiştir. Genel olarak bakıldığında incelenen örneklerden şu sonuçlar çıkarılabilmektedir;

- Yeşil çatıların; çatı döşeme strüktürünün taşıyıcılığı teyit edildiği takdirde mevcut ve yeni yapılarda rahatlıkla uygulanabileceği görülmektedir.
- Yeşil çatıları aktif olarak uygulayan ülkelerin genellikle batılı ülkeler olduğu sonucuna varılmaktadır.
- Yeşil çatıların; gerek eski yapılarda olsun gerekse yeni yapılan yapılarda 20. ve 21. y.y’da kullanımının arttığı görülmektedir.
- Yapı sahibi profili incelendiğinde yeşil çatıların genellikle bireysel değil, sivil toplum kuruluşları ve devlet yapılarında uygulandığı bireysel uygulamalara öncülük edecek nitelikte tasarlandığı görülmektedir.
- İncelenen örneklerin tasarımcılarının çoğunlukla ekip şeklinde çalıştığı, yeşil çatı konusunda bireysel tasarıma az rastlandığı sonucuna varılmaktadır.
- Yeni ve mevcut yapı profiline bakıldığında incelenen örneklerden 2 tanesi mevcut binada sonradan uygulanmış, diğer 6 tanesi ise yeni yapılar ile birlikte tasarlanmıştır.
- Uygulanan çatı boyutu göz önünde bulundurulduğunda, incelenen örneklerde 279 m² ile 30.000 m² arasında değişen yeşil çatı uygulamalarına rastlamak mümkündür.
- İncelenen örneklerde; gerekli şartlar sağlandığında çatı eğiminin ise % 0 - % 125 arasında değişebileceği görülmektedir.
- Yine incelenen örneklerde yeşil çatı kurulumu yapan firmaların çoğunlukla A.B.D kaynaklı olduğu sonucuna varılmaktadır.
- Çatı yüzeylerinin kullanılabilirliği incelendiğinde ise incelenen örneklerin %40’ında çatının erişilebilir olduğu, çeşitli etkinlikler için elverişli olduğu görülmektedir.
- Uygulanan yeşil çatı sistemlerinin ise çoğunlukla yerinde uygulanan sistemler olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara ilişkin veriler ise tabloda sunulmaktadır.

Tablo 4.9 Yeşil çatı örneklerinin karşılaştırılması

İNCELENEN ÖRNEKLER				
Yapı adı	4.1.1 GAP GENEL MERKEZİ	4.1.2 ACROS BİNASI	4.1.3 KALİFORNİYA BİLİM AKADEMİSİ	4.1.4 VANCOUVER KONGRE VE SERGİ MERKEZİ
Yeri, Yapım yılı	San Bruno, CA, ABD, 1997	Fukuoka, JAPONYA, 1994	San Fransisko, Kaliforniya, ABD, 2008	Vancouver, KANADA
Proje Sahibi	GAP, Inc.	Da-Ichi Mutual Life Mitsui Real Estate	Kaliforniya Bilim Akademisi	B.C Pavilion Corporation
Mimari Tasarım Ekibi	William McDonough ve Ortakları	Emilio Ambasz ve Ortakları	Renzo Piano	LMN Mimarlık
Yapı Çeşidi	Kurumsal (Ofis)	Ticari-Kamu	Akademi/Müze	Kongre ve Sergi Merkezi
Yeşil Çatı kurulum yılı	1997	1994	2008	2008
Yeşil Çatı çeşidi	Ekstansif yeşil çatı	İntansif yeşil çatı	Ekstansif yeşil çatı	İntansif yeşil çatı
Çatı Boyutu	6.410 m ²	9.290 m ²	-	6.000 m ²
Çatı Eğitimi	25%	2%	65%	%3-54
Yeşil Çatı Kurulum Firması	Amerikan Hydrotech Firması	-	Amerikan Hydrotech Firması	Flynn Kanada Ltd
Erişilebilirlik	Erişilmez, Özel	Erişilebilir	Erişilmez, Özel	Erişilmez, Özel
Yeşil Çatı Sistem Çeşidi	Tam Sistem	Tam Sistem	Modüler Sistem	Tam Sistem

Tablo 4.9 Yeşil çatı örneklerinin karşılaştırılması (Tablo 4.9 Devamı)

İNCELENEN ÖRNEKLER				
Yapı adı	4.1.5 SEATTLE HALK KÜTÜPHANESİ	4.1.6 ŞİKAGO BELEDİYE BİNASI	4.1.7 ASLA BİNASI	4.1.8 MEYDAN PROJESİ
Yeri, Yapım yılı	Seattle, ABD, 2005	Şikago, ABD	Washington, ABD	İstanbul, TÜRKİYE, 2007
Proje Sahibi	Kamu	Şikago Belediyesi, Çevre Departmanı	Amerikan Peyzaj Mimarları Derneği	MAM
Mimari Tasarım Ekibi	Bohlin Cywinski Jackson	McDonough ve Ortakları	MVVA	FOA Mimarlık
Yapı Çeşidi	Kütüphane	Belediye Binası	Kurumsal	Ticari
Yeşil Çatı kurulum yılı	2005	2001	2006	2007
Yeşil Çatı çeşidi	Ekstansif yeşil çatı	Ekstansif, intansif ve yarı intansif yeşil çatı	Ekstansif, intansif ve yarı intansif yeşil çatı	Ekstansif ve İntansif yeşil çatı
Çatı Boyutu	1.672 m ²	1.885 m ²	279 m ²	30.000 m ²
Çatı Eğitimi	25%	1 ,5%	1, 25%	%0-%125
Yeşil Çatı Kurulum Firması	American Hydrotech Firması	Roofscapes	American Hydrotech Firması	Zinco Firması
Erişilebilirlik	Erişilmez, Özel	Erişilebilir	Erişilebilir	Erişilebilir
Yeşil Çatı Sistem Çeşidi	Tam Sistem	Tam Sistem	Tam Sistem	Tam Sistem

BÖLÜM BEŞ

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yeşil çatılar son yıllarda dünyada yaygın hale gelmiş çatı sistemleridir. Günümüzde popüler olan bu sistemin kaynağı M.Ö.'lere kadar uzanmaktadır. O dönemlerde Zigurat denilen tapınakların üstlerinde çatı bahçesi dediğimiz bu günkü ismiyle yeşil çatıların ilk örnekleri yer almaktadır. Sonrasında ise yeşil çatıları Babilin Asma bahçelerinde görmekteyiz. Yeşil çatının, Babilin Asma bahçelerinde kullanılış amacı o dönemdeki hükümdarın eşini iyi hissetmesini sağlamak için yaptığı bir jest niteliği taşımaktadır. Asma bahçesi; 20. yüzyıla kadar yapılacak birçok yapı örneği için lokomotif görevi üstlenmiştir. 20. yüzyılın ilk yarısında ise Wright ve Le Corbusier gibi tasarımcılar çatı bahçesi tasarımlarından söz ettirmişlerdir 20. y.y'ın ikinci yarısında ise bahçe çatı kavramı, yerini yeşil çatı kavramına bırakmıştır. Çünkü değişik alanlarda kullanılış amaçları çeşitlenebileceği için yeşil çatı kavramını seçmek, içeriği daha kolay doldurulabilir bir kavram olmuştur. Bu kelime zamanla yeşil çatı ile ilgili alt kelimeleri de bünyesine alacak şekilde gelişime uğramıştır. Ancak çoğunlukla kullanıldığı alan endüstriyel sektör olduğu için en çok bağlantılı olduğu alt kelimeler ekstansif, intansif ve yarı intansif'tir. Bu kelimeler zamanla yeşil çatı endüstrisinin gelişimi neticesinde herhangi bir yapıya uygulanacak yeşil çatı türünü tanımlamakta kolaylık sağlaması için kullanılmaktadır. İntansif, ekstansif ve yarı intansif yeşil çatı türleri; yapıları (alt katmanları) itibariyle bulundukları ortama pozitif katkılar sunmaktadırlar. Sağlamış olduğu bu katkıların ne olduğuna bakıldığında, bunların çevresel-ekolojik, sosyal ve ekonomik faydalar olduğu görülmektedir.

Biyoçeşitlilik ve doğal ortama katkı sağlaması, yağmur suyu yönetiminde etkili bir araç olması, hava kirliliğini adeta emen bir makine görevi üstlenmesi, kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına katkı sağlaması, karbondioksit-oksijen değişiminde etkili olması ve ses yalıtımı konusunda ses yutan bir eleman olarak davranması gibi faktörler, çevresel ve ekolojik açıdan üstlendiği rollerin önemini göstermektedir.

Sosyal açıdan bakıldığında ise bulunduğu ortama estetik anlamda değer kazandırması, eğlence ve fonksiyonel açık alanlar için uygun olması, vermiş olduğu rahatlama hissinden dolayı insan sağlığında etkili olduğu görülmektedir.

Bahsedebileceğimiz son faydası ise kullanıcılara ekonomik anlamda katkı sunmasıdır. Ekonomik faydaları arasında çatı ömrünü uzatması, enerji maliyetlerinin düşmesine katkı sağlaması ve yapılarda yalıtım görevi üstlenmesi, su yalıtım membranının uzun süre dayanmasına katkı sunması ve kentsel tarım için üretilebilecek belli başlı meyve ya da sebzeler için olanak sağlaması ekonomik anlamda yeşil çatıların kullanıcılara ne ölçüde katkıda bulunduğunun başlıca göstergeleridir.

Şüphesiz ki tüm bu faydaların sağlanması etkili bir yeşil çatı yapım sürecinin yönetilmesi sonrasında olacaktır. Bu yapım süreci en küçük bir yeşil çatı malzemesinden sonuç ürüne ulaşıncaya dek üzerinde titizlikle çalışılmasını gerektirmektedir. Süreç öncelikle yeşil çatı tasarımı konusunda çalışacak ekibin oluşturulmasının ardından, yeşil çatının yapılabilirliğine yönelik olarak fizibilite, programlama, ön tasarım, konsept ve şematik tasarım aşamalarından oluşmaktadır.

Sonrasında ise yeşil çatının arazi ve yapıyla olan bağı iyi analiz edilmelidir. Bunun için de belli başlı kriterler bulunmaktadır. Yeşil çatının hangi fonksiyona hizmet edeceği ve bulunduğu konumu, yeşil çatıya erişilebilirlik, çatının iklim durumu, çevre yapılar tarafından gölgeleme ve yansımaya maruz kalıp kalmayacağı, binaya kolay malzeme erişimi ve yeşil çatı bakımı sağlamak için uygun yükseklikte olup olmadığı, çatı strüktürünün yeşil çatıyı taşımaya elverişli olup olmadığı, çatının uygun eğime sahip olup olmadığı ve en önemlileri arasında sayılabilecek yangın risklerine karşı korunaklı olup olmadığı gibi kriterlerin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu safhada gerekli olan gereksinimler sağlandığında, sıra yeşil çatı strüktürünü oluşturan malzemelerin etkili kullanılmasına gelecektir. Su yalıtım tabakası, koruyucu tabaka, ısı yalıtım tabakası, kök tutucu tabaka, drenaj tabakası, filtre

tabakası, yetiştirme ortamı ve bitkilendirme tabakasından oluşan yeşil çatı strüktüründe, bu malzemelerden herhangi birinin yanlış uygulanması halinde hata bütün yeşil çatının başarısızlığına yol açacaktır. O yüzden malzeme seçimi ve uygulaması konusunda önceden hazırlıklı olunmalıdır.

Bu malzemelerin belirli kombinasyonlarda uygulanması değişik sistemlerin oluşmasına ve tasarım çeşitliliğine olanak sağlamaktadır. Yeşil çatı sistem türlerinden en fazla kullanılanı ve en güvenilir olanı tam yeşil çatı sistemidir. Modüler yeşil çatı sistemi ve bitki battaniyeleri ise daha az tercih edilen yeşil çatı sistemlerindendir.

Yeşil çatı sistemlerinin uzun ömürlü olmasını sağlayacak uygulamaların neler olabileceği düşünüldüğünde akla bakım ve işletme süreci gelmektedir. Bu süreçte bitki ve diğer elemanların bakımı, sulama ve gübreleme işlemleri aşamalar halinde yeşil çatıda etkili bir şekilde uygulanmalıdır. Bakım işlemleri ile ilintili olarak garanti, sigorta, danışmanlık ve kaçak testi konusunda faaliyet gösteren çeşitli firma ve kuruluşlardan da zaman zaman yararlanılması yerinde olacaktır.

Bahsedilen tüm bu konular doğrultusunda araştırma neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlara varılmıştır;

- 1- Yeşil çatılarla ilgili uluslararası kılavuz, standart ve kuruluşlar olmasına rağmen bu konuyla ilgili çoğu ülkenin, yönetmeliklerinde (mevzuatlarında) kapsamlı düzenlemeler tam anlamıyla yapılmamıştır. Yeşil çatı araştırmaları belli başlı kuruluşlar aracılığıyla yürütülmektedir.
- 2- Geçmişte çatı bahçesi kelimesi kullanılarak tanımlanan yeşil çatıların, günümüzde çeşitli yapı malzemeleri ve uygulamalarının gelişmesine bağlı olarak yeşil çatı sistemlerine dönüştüğü görülmektedir.
- 3- Yeşil çatıların çevresel, ekolojik, sosyal ve ekonomik açıdan sağlamış olduğu faydalar günümüzde küçümsenmemesi gereken boyutlara ulaşmıştır. Nitekim

uygulanan yeşil çatı örneklerinin ağırlıklı olarak enerji tasarrufu ve yağmursuyu yönetimi sağlamak üzere tasarlanması bunun en belirgin göstergesidir.

- 4- Yeşil çatı sistemi tasarımı, mimari projede olduğu gibi çeşitli disiplinlerden uzmanların yer aldığı, yapı ve çevre koşullarının dikkate alınarak koordineli olarak yürütüldüğü bir ekip çalışmasını gerektirmektedir.
- 5- Yeşil çatı yapımı öncesinde sistemin hangi amaç için kullanılacağı iyi tespit edilmeli sonrasında ise uygulanacak alana yönelik çok boyutlu analizler yapılmalıdır.
- 6- Yeşil çatı sisteminde yer alan bütün katmanların sistemin vazgeçilmez bir parçası olduğu düşünüldüğünde, sistemdeki herhangi bir malzemenin (katmandan) ancak o malzemenin işlevini yerine getirebilecek başka bir malzeme veya katman önerilerek vazgeçilebileceği görülmektedir. Kullanılacak malzemelerin karşılaşılabilecek sorunlara karşı dirençli olması, uzun vadede kullanıcı memnuniyetinin sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Örneğin en önemli katmanlardan biri olan su yalıtım membranının; suyun çatı döşeme strüktürü ile teması noktasında önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla membran seçimi aşamasında gerekli araştırmalar detaylı bir şekilde yapılmalıdır.
- 7- Sistemde yer alan koruyucu tabaka malzemesi seçimi bitkilerin kök penetrasyonu göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.
- 8- Yeşil çatıdan beklenen enerji performansının artırılmasına yönelik, sisteme gerektiğinde isteğe bağlı olarak ısı yalıtım tabakası eklenebilmektedir. Kullanılması ise zorunlu değildir. Bu tabakanın sağlamış olduğu avantajlar sıcak yaz ayları ve soğuk kış aylarında daha belirgin olarak hissedilecektir.

- 9- Yeşil çatı sisteminde bulunan suyun gerekli noktalara ulaştıktan sonra tahliyesinin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için drenaj tabakası, bulunulan arazi koşulları dikkate alınarak ve gerekli analizler yapılarak uygun malzemelerden seçilmelidir. Bu tabakanın üstünde yer alan filtre tabakası ise bitki ve toprak kaynaklı hasarlara karşı dirençli olmalıdır.
- 10- Yetiştirme ortamı yapısının bitkilerin gelişim evreleriyle uyumlu olmasına dikkat edilmeli, topraktaki besin eksiklikleri çok geçmeden giderilmelidir.
- 11- Bitki seçiminde ise bitki sıcaklık tahammül bölgeleri doğrultusunda yeşil çatının bulunduğu bölgenin iklimsel verileri göz önünde bulundurulmalıdır. Çatıda yetiştirme ortamı kendi haline bırakıldığında yerel bitki türlerinin tespitine yönelik bir çalışma da yapılabilecektir.
- 12- Yeşil çatı sistemi türlerine gelindiğinde ise en çok tercih edilen sistemin yerinde uygulama gerektiren tam yeşil çatı sistemi olduğu görülmektedir. Bu sistem büyük ölçekli projelerde tercih edilmektedir. Modüler yeşil çatı sistemi ise çoğunlukla küçük ölçekli projelerde tercih edilmektedir. Bitki battaniyelerinin ise bu iki sisteme göre kullanımının az olduğu görülmektedir.
- 13- Yeşil çatılar konusunda uluslararası düzeyde yapılan çalışma ve örnek uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizdeki çalışma ve örneklerin yeşil çatı sektörünün tam olarak gelişmemiş olması sebebiyle diğer ülkelere göre oldukça az olduğu görülmektedir. Ancak bu sektöre öncülük edecek belli başlı uygulamalar son yıllarda gelişim göstermektedir. Bu da yeşil çatı konusuna ilgi duyan tasarımcılara fikir sunmaktadır.

Sonuç olarak yeşil çatılar ile ilgili mevcut ya da yeni yapılar üzerinde pek çok uygulama gerçekleştirilmiştir. Zamanla teknoloji ve malzeme özelliklerinin gelişeceği düşünülerek, yeşil çatı sistemi uygulamalarının çeşitleneceği, sağlamış olduğu faydalarının küresel ısınmaya bağlı olarak daha fazla görüleceği ve uygulamaların ulusal ve uluslararası düzeyde artış göstereceği, yurt dışında olduğu

gibi ÷lkemizde de belli kuruluşların yeşil çatı uygulamaları konusunda reklam niteliği taşıyan projeleri hayata geçirdiği takdirde toplumda yeşil çatılara gösterilen ilginin ekolojik anlamda artacağı düşün÷lmekte olup günlük hayatta bir bitkiyi yetiştirmek için gösterilen özenin kent ölçeğinde çevresine her açıdan katkı sunan bir yeşil çatı için de gösterilmesi yerinde bir davranış olacaktır.

KAYNAKÇA

- Academy of Science in California*, (b.t). 11 Nisan 2012, http://en.wikiarquitectura.com/index.php/Academy_of_Sciences_in_California.
- Acros*. (b.t.). 7 Şubat 2012, <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=476>.
- Alsup, S. (2004). *Evaluation of Metal Leachability From Green Roof Systems and Components*. Department of Plant Biology in the Graduate School Southern Illinois University, The Degree of Master of Science.
- Aksoy, Y. ve İçmek, S. (2010). *Çatı Bahçelerinin Kent Yaşamındaki Yeri ve Önemi: İstanbul Kentinden Örnekler*, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi – İzmir, 15-16 Nisan 2010, (201-207).
- Akyol Altun, D. (2009). Sürdürülebilir, Enerji Korunumlu Bir Mimarlıkta ‘TASARIM’. *Ege Mimarlık Dergisi*, Ocak 2009, 28-33. 11 Mayıs 2012, <http://www.izmimod.org.tr/egemim/68/07%20didem.pdf>.
- Alcazar, S. S. (2004). *Greening The Dwelling: A Life Cycle Energy Analysis of Green Roofs in Residential Buildings*. Toronto: University of Toronto, Graduate Department of Civil Engineering, The Degree of Master of Science.
- Allprolandscapesseattle*, (b.t). 12 Mayıs 2012, http://www.allprolandscapesseattle.com/Sprinkler_System.jpg.
- Alvarado, D., Bar-Yam, S., Greenbaum, A., Price, E. ve Ross, E. (2007). *Proposal for a Green Roof for the new Creative Arts Center*. 14 Haziran 2011, <http://docs.studentsenate.rpi.edu/documents/108/revisions/current/download>.

- Ancaya, E. (b.t). *An introduction to green roofs*. Living Roofs, Inc., 14 Şubat 2012, http://www.hagersmith.com/LivingRoofsInc_HagerSmith.pdf.
- Anderson, M. (b.t.). *Design And Development of A Roof Garden*. 10 Şubat 2012, http://maintenance.transportation.org/Documents/10_Anderson_RoofGarden.pdf.
- Ansel, W. ve Appl, R. (2004). *Future Oriented and Sustainable Green Roofs in Germany*. Deutscher Dachgärtner Verband e.V. Baden-Baden (DDV), Technical Board, 11 Mart 2012, http://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/photovoltaic_appl_ansel.pdf.
- Arrowstreet. (2009). *Green Roof Planning Study for the City of Boston*. 21 Mayıs 2011, <http://www.mass.gov/eea/docs/doer/green-communities/library/green-roof-boston-st2009.pdf>.
- Asla Headquarters, (b.t). 27 Mayıs 2011, <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=158>.
- ASLA, (b.t). 14 Haziran 2012, <http://www.greenroofs.com/blog/2010/05/07/gpw-the-american-society-of-landscape-architects-asla-headquarters/>.
- Aşkadar, M. A. (b.t). *Bahçe Çatılar ve Uygulama Özellikleri*. 11 Haziran 2012, <http://www.izoder.org.tr/izolasyon/PDF/1120206692.pdf>.
- Ballard, (b.t). 12 Nisan 2012, <http://www.greenroofs.org/boston/index.php?page=ballardwin>.
- Bahadır, Ö. (2010).Yaşayan Çatılar. *Ekoyapı Dergisi-01*: Ekoyapı Dergisi Temmuz 2010, (56-59), 10 Haziran 2012, <http://www.cedbik.org/Pdfler/dergi/EKOYAPI01.pdf>.

Bauder, (b.t). *Teras Tipi Yeşil Çatı Sistemleri*. 25 Mayıs 2012,

[http://www.pys-proaktif.com/kataloglar/Bauder Yeşil Çatı Sistemi\(2\).pdf](http://www.pys-proaktif.com/kataloglar/Bauder%20Yeşil%20Çatı%20Sistemi(2).pdf).

Bcj, (b.t). 18 Mayıs 2011, <http://www.archdaily.com/100821/ballard-library-and-neighborhood-service-center-bohlin-cywinski-jackson/>.

Beitz, M.K. (2011). *Stand Persistence of 'Prestige' Buffalograss(Bouteloua Dactyloides)[Synonym Buchloe Dactyloides] Grown Under Simulated Green Roof Conditions During Summer in Oklahoma*. Bachelor of Science in Landscape Architecture Oklahoma State University, The Degree of Master of Science.

Binabid, J. (2010). *Vertical Garden The Study of Vertical Gardens and their Benefits for low-Rise Buildings in Moderate and Hot Climates*. Faculty of The USC School of Architecture, University of Southern California, The Degree of Master of Building Science.

Bluebirdgreenhouse, (b.t). 4 Mart 2011, <http://www.bluebirdgreenhouse.com/html/images/plugs.jpg>.

Bonsaist, (b.t). 3 Ocak 2011, <http://bonsaist.net/acerpalmatumjaponakcaagaci.html>

Bousselot, J. M. (2010). *Extensive Green Roofs in Colorado: Plant Species Performance, Growing Media Modifications, and Species Response to Growing Media Dry Down*. Department of Horticulture and Landscape Architecture, Colorado State University, The Degree of Doctor of Philosophy.

Bostancıoğlu, E. ve Düzgün Birer, E. (2004). Ekoloji ve Ahşap-Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 2, 37-44.

California Academy of Science, (b.t). 10 Haziran 2011, <http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano/>.

- Cantor, S.L. (2008). *Green Roofs in Sustainable Landscape Design*, Newyork: W.W. Norton & Company, Inc.
- Clark, C. E. (2008). *Energy Emissions Mitigation Using Green Roofs: Probabilistic Analysis and Integration in Market - Based Clean Air Policies*. The Degree of Doctor of Philosophy in The University of Michigan. (Environmental Engineering and Natural Resoruces and Environment)
- Coffman, R.R. (2007). *Vegetated Roof Systems: Design, Productivity, Retention, Habitat and Sustainability in Green Roof and Ecoroof Technology*. Ohio: The Degree Doctor of Philosophy in the Graduate School of The Ohio State University.
- Creekside Nursery, (b.t). 3 Mart 2012, <http://www.creeksidenursery.com/index.php/products/C22/P9/>.
- Cunningham, N.R. (2001). *Rethinking the Urban Epidermis: A Study of the Viability of Extense Green Roof Systems in the Manitoba Capital with An Emphasis on Regional Case Studies and Stormwater Management*. Winnipeg, Manitoba: University of Manitoba, Master of Landscape Architecture.
- DDC, (2007). *DDC Cool & Green Roofing Manual*. NYC Department of Design & Construction. Office of Sustainable Design by Gruzen Samton Architects LLP with Amis Inc. Flack + Kurtz Inc. Mathews Nielsen Landscape Architects P.C. SHADE Consulting, LLC., 15 Temmuz 2012, http://www.nyc.gov/html/ddc/downloads/pdf/cool_green_roof_man.pdf.
- Dinsdale, S., Pearen, B. ve Wilson. C. (2006). *Feasibility Study For Green Roof Application on Queen's University Campus*. 10 Haziran 2012, <http://www.queensu.ca/pps/reports/greenroof.pdf>.
- Dunnett, N. ve Kingsbury, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living Walls (Second Printing)*, Portland, London: Timber Press Inc.

- Dunne, N., Clemants, S.E., Marinelli, J., Moore, G. ve Peters, E. (2006). *Urban Habitats An Electronic Journal On The Biology Of Urban Areas Around The World, Green Roofs and Biodiversity*. 10 Mayıs 2011, The Center for Urban Restoration Ecology, A Collaboration between Rutgers University and Brooklyn Botanic Garden, December 2006.
- Dvorak, B. (b.t). *The Chicago City Hall Green Roof Pilot Project: A Case Study*. 19 Mayıs 2012, http://www.sasbe2009.com/proceedings/documents/SASBE2009_paper_THE_CHICAGO_CITY_HALL_GREEN_ROOF_PILOT_PROJECT_-_A_CASE_STUDY.pdf.
- EAD (Environmental Affairs Department), (2006). *Green Roofs – Cooling Los Angeles A Source Guide*, 10 Temmuz 2011, http://www.fypower.org/pdf/LA_GreenRoofsResourceGuide.pdf.
- Eichhorn, C. (2002). *Electric Field Vector Mapping*, RCI, Inc. 21 Haziran 2010, www.rci-online.org.
- Ekşi, M. (2006). *Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Emilsson, T. (2005). *Extensive Vegetated Roofs in Sweeden, Establishment, Development and Environmental Quality*. Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science Department of Landscape Management and Horticultural Technology Alnarp, Dotoral Thesis Swedish University Of Agricultural Sciences Uppsala.
- Ercan, B. (1992). *Çatı ve Teras Bahçeleri*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Erbaş, M. (2011). *Enerji Etkin Yapı Tasarımının Etkili Elemanlarından Olan Yeşil Çatıların Dünya ve Ülkemiz Örnekleri Üzerinden Bir İncelemesi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi.

Etüd mimarlık, (b.t). 12 Aralık 2011.
<http://www.etudmimarlik.com/?sayfa=index&sw=me&alt=gb>.

Extensive green roofs, (b.t). 8 Ağustos 2011,
http://www.greenroofs.com/archives/gf_feb04.htm.

Fisher, D. (2007). *Productive Rooftop*. Winnipeg, Manitoba: University of Manitoba, Department of Landscape Architecture, The Degree of Master of Landscape Architecture.

FMIC (Factory Mutual Insurance Company), (2007). *Green Roof Systems*. FM Global Property Loss Prevention Data Sheets. 2007, 6 Temmuz 2011,
http://www.ci.berkeley.ca.us/uploadedFiles/Planning_and_Development/Level_3_-_Energy_and_Sustainable_Development/Factory%20Mutual%20Green%20Roof%20System.pdf.

Forbes, D. J. (2010). *An Analysis of Municipal Tools For Promoting Green Roof Technology into Dense Urban Development*. Tufts University, Urban and Environmental Policy and Planning, The Degree of Master of Arts.

Friedrich, C. R. (2005). *Design and Implementation Lessons from the Trenches: Principles for Selecting the Proper Components for a Green roof Growing Media*. 11 Mart 2012, Carolina Stalite Company, Green Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC.

Gault, M. (2009). *Acros Fukuoka's Step Garden*. 15 Ekim 2011,
http://www.greendesignetc.net/Nature_09/Nature_Gault_Meili_pres.pdf.

- Gemi, A. M. (2010). *Çevre Dostu Çatılara Örnek Uygulamalı Bir Yaklaşım*. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi – İzmir, 15-16 Nisan 2010, (183-189).
- Getter, K.L. (2009). *Extensive Green Roofs: Carbon Sequestration Potential and Species Evaluations*. Michigan State University, Department of Horticulture, The Degree of Doctor of Philosophy.
- Getter, K.L. (2006). *Extensive Green Roofs: Plant Evaluations and The Effect of Slope on Stormwater Retention*. Michigan State University, Department of Horticulture, The Degree of Master of Science.
- Getter, K.L ve Rowe, D.B. (2006). *The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development*. Michigan State University, Department of Horticulture, A212 Plant & Soil Sciences Bldg., East Lansing, MI 48824.
- GLA (Greater London Authority). (2008). *Living Roofs and Walls; Technical Report: Supporting London Plan Policy*. Mayor of London, 06 Mart 2011, <http://www.london.gov.uk/archive/mayor/strategies/sds/docs/living-roofs.pdf>.
- Green Roofs - Benefits and Cost Implications*, (2004). In Association with ecologyconsultancy., Groundwork Birmingham & Solihull, 10 Haziran 2012, <http://www.sustainable-eastside.net/Green%20Roofs%20Report%202.07.05.pdf>.
- Greenroof blocks*, (b.t). 16 Mart 2012, <http://www.greenroofblocks.com>.
- Green Roof Guidelines*, (b.t). 6 Temmuz 2012, <http://www.greenroofguide.co.uk/>.
- Green Roof Handbook*, (b.t). 9 Mayıs 2012, <http://www.conservationtechnology.com/documents/GreenRoofHandbook1008.pdf>.

Green Roof Infrastructure, (b.t). 16 Mayıs 2012,
http://www.greenroofs.org/resources/LATIS_green_roofs_pt2_121.pdf.

Green Roof Manual, (2009). 8 Haziran 2011,
<http://www.scribd.com/doc/44824824/GreenRM>.

Green Roof Manual - How to Replace your Dead Roof with a Living Landscape, (2005).
 15 Nisan 2011, <http://www.pomegranate.org/wp-content/publications/Pomegranate-Center-Greenroof-Manual-2005.pdf>.

GreenTech Module Specifications Green Roofs; Natural Green Applications, (b.t). 12
 Haziran 2011, <http://www.greentechitm.com/csi/module-specs.doc>.

Green Roof System, (b.t). 3 Mart 2012,
http://www.buildinglogics.com/pdfs/SPECS_IN_DEPTH.pdf.

Greentech, (b.t). 13 Mayıs 2012, <http://www.greentechitm.com/pdf/RoofTop.pdf>.

Green Roof Toolkit, (b.t). 8 Nisan 2011,
http://ddoe.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Green_Roof_Toolkit.pdf.

Guide to Green Roofs, (2011). 13 Mayıs 2011,
http://cms.esi.info/Media/documents/998_1321971290148.pdf.

Hake, A. (2007). *Promoting Sustainable Green Roofs Through Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*. Manhattan, Kansas: Kansas State University, Department of Landscape Architecture, Regional and Community Planning, College of Architecture, Planning and Design, The Degree of Master of Landscape Architecture.

- Harris, R., Rubasch, A. ve Stull-Lane, C., (2006). *Ecological Building Design For The St. Olaf College Science Complex, Building A Sustainable Future Green Roof*. Chemistry 124: A Matter of Environment.
- Hemstuck, B. (2010). *Living Roof Case Study; Vancouver Convention Centre*. SAB Mag (Sustainable Architecture & Building Magazine), 15 Ağustos 2011, <http://www.sabmagazine.com/blog/2010/03/11/21-living-roof-case-study/>.
- Henshell, J. , (2005). *Waterproofing Under Green (Garden) Roofs*. 10 Nisan 2012, <http://www.rci-online.org/interface/2005-01-henshell.pdf>.
- Hopkins, G. ve Goodwin, C. (2011). *Living Architecture: Green Roofs and Walls*. Csiro Publishing, Australia.
- House, M.H. (2009). *North Texas Stakeholders: Perceptions of Extensive Green Roofs*. Arlington: The Faculty of The Graduate School of The University of Texas, The Degree of Master of Landscape Architecture.
- Ivar Hagendoorn, (b.t). 11 Mart 2012, <http://www.ivarhagendoorn.com/photos/series/villa-savoye-7>.
- Image shack, (b.t). 10 Mart 2011, <http://imageshack.us/photo/my-images/130/14waldspiraledarmstadt.jpg/sr=1>.
- Johnston, J. ve Newton, J., (1993). *Building Green A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements*. London Ecology Unit, London.
- Kabuloğlu Karaosman, S. (b.t). *Yeşil Çatılar ve Sürdürülebilir Bina Değerlendirme Sistemleri*. Çevre Çözümlemesi ve Denetimi Bilim Dalı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, 7 Temmuz, 2012, <http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/Bil11.pdf>.

Kabuloğlu Karaosman, S. (b.t). *Yeşil Çatıların Ekolojik Yönden Değerlendirilmesi*. Çevre Çözümlemesi ve Denetimi Bilim Dalı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, 20 Temmuz 2012, http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_9.pdf.

Kısaovalı, P. (2009). *Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematığının Oluşturulması 'Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi*. Edirne: Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Doktora Tezi.

Koç, N. ve Güneş, G., (1998). *Çatı Bahçeleri Düzenlemesine İlişkin Teknik Özellikler ve Donanımlar*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ankara. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı 1-2, (501-512).

Koç, Y. ve Gültekin, A.B. (2010). *Yeşil Çatılar ve Türkiye'deki Uygulamaları*. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi – İzmir, 15-16 Nisan 2010, (175-182).

Kolbay, S.D. (2010). *Çatılarda Ahşap Strüktür Bileşenlerinin Tasarım Etkenleri*. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Köylü, P. (1997). *Roof Gardening in Cities: Suggestions for Ankara (Kentlerde Çatı Bahçeciliği: Ankara İçin Öneriler)*. Ankara: Bilkent Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü Yüksek Lisans Tezi.

Landarchives asla, (b.t). 9 Mayıs 2011. <http://landarchives.asla.org/050205/greenroof.html>.

Lanham, J.K. (2007). *Thermal Performance of Green Roofs in Cold Climates*. Kingston, Ontario, Canada: Queen's University, Department of Civil Engineering, The Degree of Master of Science (Engineering).

- Learned, K. (2007). *Green Roofs: Policies, Incentives and Recommendations for Calgary*. Calgary, Alberta: University of Calgary, Faculty of Environmental Design, The Degree of Master of Environmental Design, Planning.
- Lennepe, E.V. ve Finn, S. (2008). *Green Roofs Over Dublin; A Green Roof Policy Guidance Paper for Dublin*. 6 Haziran 2011, <http://www.dublincity.ie/WaterWasteEnvironment/WasteWater/Documents/DCC%20Green%20Roof%20Draft%20Guidelines%20%28Sept%202008%29.pdf>.
- Liu, K. ve Baskaran, B., (b.t). *Green Roof Infrastructure-Technology Demonstration, Monitoring and Market Expansion Project*. National Research Council, Institute for Research in Construction. Ottawa, Ontario, Canada, 10 Nisan 2012, <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ircpubs>.
- Liu, K. (2004). *Sustainable Building Envelope - Garden Roof System Performance*, NRC-CNRC, *RCI Building Envelope Symposium* Nov 4-5: 1-14, New Orleans.
- Liu, K. (2005). *Towards Sustainable Roofing*. National Research Council, Institute for Research in Construction. Ottawa, Ontario, Canada
- Liptan, T. ve Strecker, E. (b.t.) *Ecoroofs (Greenroofs)- A More Sustainable Infrastructure*. City of Portland, Bureau of Environmental Services, 198-214.
- Living Roofs*, (2006). 14 Temmuz 2011, <http://www.english-nature.org.uk>.
- Luckett, K. (2009). *Green Roof Construction and Maintenance – A Green Source Book*, The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Magill, J. (2011). *A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research*. Department of Plant, Soil and Agricultural Systems in The Graduate School, Southern Illinois University Carbondale, Master of Science Degree.

Martin, B.K. (2008). *The Dynamic Stormwater Response of a Green Roof*. Canada: Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph, The Degree of Master of Landscape Architecture.

Martin, M.A. (2007). *Native Plant Performance On A Seattle Green Roof*. University Of Washington Graduate School, The Degree of Master of Science.

Metro Vancouver. (2009). *Design Considerations for the Implementation of Green Roofs*. Kerr Wood Leidal Associates Limited, 14 Haziran 2011, <http://www.metrovancouver.org/about/publications/Publications/greenroofreporttext.pdf>.

Missouriplants, (b.t). 12 Mart 2012, http://www.missouriplants.com/Yellowopp/Forsythia_suspensa_page.html

Modular Roof Top Garden System GreenTech, (b.t). 3 Mayıs 2012, http://www.premierpacificseeds.com/PDF/GreenTech_rooftopGardens.pdf.

MVVA (Michael Van Valkenburgh Associates), (2010). Amerikan Peyzaj Mimarları Derneği Binası. *Ekoyapı Dergisi-01*: Ekoyapı Dergisi Temmuz 2010, (70-73), 10 Haziran 2012, <http://www.cedbik.org/Pdfler/dergi/EKOYAPI01.pdf>.

Ni, J. (2009). *Green Roof Study: Stormwater Quantity, Quality and Thermal Performance*. The Graduate Faculty of Engineering, University of Pittsburgh, The Degree of Master of Science.

Novaregion, (b.t). 14 Mart 2011, <http://www.novaregion.org/DocumentView.aspx?DID=2151>.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K. Y. ve Rowe B. (2007). *Green Roofs as Urban*

Ecosystems: Ecological Structures, Functions and Services. *BioScience*, November 2007/ Vol. 57, No. 10, 823-833. June 20, 2012, www.biosciencemag.org.

Osmundson, T.F., (1999), *Roof Gardens: History, Design and Construction*, Norton Company, New York, 0-393-73012-3.

Özdemir, E. ve Altun, M.C. (2010). *Bitkilendirilmiş Çatı Sistemi Tasarımı İçin Bir Kontrol Listesi Önerisi*. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi – İzmir, 15-16 Nisan 2010, (191-200).

Özkan, A.H. (2005). *Ekolojik Mimarlık Çerçevesinde Alanya'daki Turizm Olgusunun İncelenmesi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans Tezi.

Paladino ve Company, Inc. (2006). *King County Green Roof Case Study Report*.

10 Haziran 2011, http://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/@sustainablebuilding/documents/web_informational/dpdp_020117.pdf.

Peck, S. W. ve Callaghan, C. (1999). *Greenbacks from Green Roofs: Forging A New Industry in Canada; Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities for Green Roof and Vertical Garden Technology Diffusion*. Canada Mortgage and Housing Corporation.

Peck, S. ve Kuhn, M. (b.t.) *Design Guidelines for Green Roofs*. 10 Temmuz 2011, <http://www.cmhc.ca/en/inpr/bude/himu/coedar/loader.cfm?url=/commonspot/security/getfile.cfm&PageID=70146>.

Pehlevan, A., Yaşar, Y. ve Maçka, S. (2010). Bitkilendirilmiş Çatılar: Yeşil Çatılar, Çatı Bahçeleri. *Arredamento Mimarlık*, (2010/06), (114-124).

Pompeii II, W. C. (2010). *Assessing Urban Heat Island Mitigation Using Green Roofs: A Hardware Scale Modelling Approach*. Pennsylvania: Department of Geography and Earth Science and the Graduate Council, Shippensburg University, The degree of Master of Science in Geoenvironmental Studies. Pompeii

Prowell, E. S. (2006). *An Analysis of Stormwater Retention and Detention of Modular Green Roof Blocks*. Athens, Georgia: The Graduate Faculty of The University of Georgia, The Degree of Master of Science.

Schumann, L.M. (2007). *Ecologically Inspired Design of Green Roof Retrofit*. College Park: The Faculty of The Graduate School of The University of Maryland, The Degree of Master of Science.

Seattle Public Library, (b.t). 11 Mayıs 2012, <http://www.bcj.com/public/projects/project/51.html>.

Seçer Kariptaş, F. (2010). *Yeşil Çatıların Ekoloji Bağlamında Değerlendirilmesi ve Turkcell AR-GE Binası Örneği*, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi – İzmir, 15-16 Nisan 2010, (209-216).

Sidebar chelsea, (b.t). 25 Mayıs 2012, http://www.nigeldunnett.info/moorgatecroftsgreenroof/files/page17_sidebar-chelsea.jpg.

Sistem Ondugreen, (b.t). 17 Nisan 2011, <http://www.onduline.com/tr/ondugreen-temel>.

Sihau, L. (2009). *Green Roofs for a Green Town: Possibilities of Green Roof Implementation in the Town of Normal*. Environmental Studies Outstanding Senior Seminar Papers, Illinois Wesleyan University.

Snodgrass, E.C. ve McIntyre, L. (2010). *The Green Roof Manual – A Professional Guide to Design, Installation and Maintenance*. Portland, London: Timber Press Inc.

Snodgrass, E.C. ve Snodgrass, L.L. (2006). *Green Roof Plants – A Resource and Planting Guide*, Portland, Oregon: Timber Press Inc.

Somerville, N. C. ve Counts, C. (2007). *Sustainability with style: The ASLA Headquarters green roof*. Minneapolis, April 29-May1, 2007. (1-7), 12 Mart 2012, http://www.asla.org/uploadedFiles/CMS/Green_Roof/SustainabilityWithStyle.pdf.

Spengen, J.V. (2010). *The Effects of Large-scale green roof implementation on the rainfall-runoff in a tropical urbanized subcatchment: A Singapore case study*. Delft: Faculty Civil Engineering & Geosciences, MSc. Water Resources Management, Delft University of Technology.

Stater, D. (b.t). *Green Roofs: Sustainability form the Top Down*. University of California, Faculty of the Landscape Architecture Program, The Degree of Bachelors of Science of Landscape Architecture.

Suita International, (b.t). 18 Mayıs 2012, <http://www.filtercloths.cn/pic/gif/1302355282.jpg>.

Swagroup, (b.t). 11 Haziran 2012, <http://www.swagroup.com/project/california-academy-of-sciences.html>.

TDK, (b.t). *Yapım*. 4 Temmuz 2011, <http://tdkterim.gov.tr/bts/>.

The GAP Headquarters, (b.t.). 6 Şubat 2012, <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=26>.

The GRO Green Roof Code, (b.t). Groundwork Sheffield, 13 Şubat 2011, <http://www.thegreenroofcentre.co.uk/Library/Default/Documents/GRO%20ONLINE.pdf>.

The Hairy Pot Plant Company, (b.t). 2 Mart 2012, <http://www.hairypotplants.co.uk/campanula-persicifolia-blue-93-p.asp>.

The Meydan-Center in İstanbul has model character, (b.t). 14 Haziran 2011, http://www.zinco-greenroof.com/EN/news/press_releases/ZinCo_green_roofs_Meydan.pdf.

Travelogue of An Armchair Traveller, (b.t). 12 Haziran 2011, <http://armchairtravelogue.blogspot.com/2009/03/oak-trees-atop-tower-of-guinigis-lucca.html>.

The Osher living roof, (b.t). 13 Nisan 2012, <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=509>.

Thomas, M & R. (2003). *Green Roofs for Sustainable Cities*. Standing Committee on Environment and Heritage House of Representatives Parliament of Australia. Civil Engineering & Design, 11 Nisan 2010, [http://urbanworkbench.com/files/Green Roofs for Sustainable Cities 31-10-03.pdf](http://urbanworkbench.com/files/Green%20Roofs%20for%20Sustainable%20Cities%2031-10-03.pdf).

Ting Au, A.Y. (2007). *A Planning Tool of Urban Greenroofs*. Toronto, Ontario, Canada: Ryerson University, The Degree of Master of Applied Science, Environmental Applied Science and Management.

Tokaç, T. (2009). *Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri İçin Tasarım Seçeneklerinin Geliştirilmesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi.

- Tolderlund, L. (2010). *Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West*. City and County of Denver, Environmental Protection Agency Region 8 Urban Drainage and Flood Control District, Colorado State University.
- Torres, S.L.S. (2010). *Investigating Crumb Rubber Amendments for Extensive Green Roof Substrates*. Collegepark: The Faculty of the Graduate School of The University of Maryland, The Degree of Masters in Science.
- Townshend, D. (2007). *Study on Green Roof Application in Hong Kong*. 29 Mayıs 2011, Architectural Service Department. Urbis Limited.
- Türkçü, H.Ç. (2004). *Yapım* (3. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınları.
- Uçurum, E. (2007). *Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Uzun, O ve Akıncı Kesim, G., (b.t). *21. Yüzyılda Peyzaj Mimarlığı Eğitimi*. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 10 Temmuz 2012, http://akademikpersonel.duzce.edu.tr/gunizkesim/bildiri/gunizkesim02.08.2010_20.29.32bildiri.pdf.
- Vancouver Convention Center West*, (b.t). 11 Haziran 2012, <http://www.archdaily.com/130373/vancouver-convention-centre-west-lmn-da-with-mcm/>.
- Vancouver Convention Centre Expansion Project*, (b.t). 14 Nisan 2012, <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=545>.

- Vanwoert, N.D. (2004). *Stormwater Retention and Water Use By Extensive Green Roofs*. Michigan State University, Department of Horticulture, The Degree of Master of Science.
- Velazquez, S. L. (2005). *Organic Greenroof Architecture: Design Considerations and System Components; Growing a new Roof- Sustainably*. Wiley Periodicals, Inc., 14 Mayıs 2012, http://www.greenroofs.com/pdfs/news-EQM_VelazquezPart2.pdf.
- Velazquez, S. L. (2005). *Organic Greenroof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium; Making the most of your building's 'fifth façade'*. Wiley Periodicals, Inc.
- Vikipedi, (b.t). *Ekoloji*. 16 Şubat 2011, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Ekoloji>
- Ville di Roma, (b.t). 15 Nisan 2012, <http://www.villediroma.com/IMG/IMG%20VILLE/VILLA%20MEDICI/Villa-Medici-3.jpg>.
- Virtual tourist, (b.t). 11 Mayıs 2011, http://cache.virtualtourist.com/0/4777337-Guinigi_Tower_from_Torre_delle_Ore_Lucca.jpg.
- Waldbaum, H. (2008). *Green Roofs for Urban Agriculture*. Dagenham: University of East London, School of Computing and Technology, MSc Architecture: Advanced Environmental and Energy Studies.
- Weiler, S.K. ve Scholz-Barth, K. (2009). *Green Roof Systems – A Guide to the Planning, Design and Construction of Landscape Over Structure*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Werthmann, C. (2007). *Green Roof – A Case Study*. Princeton Architectural Press, Newyork.

- Wheeler, T., Osborne, J., O'Hearn, M., James, C., Kim, S. ve Mentink, J. (2010). *Sydney City Council Green Roof Resource Manual*. 10 Haziran 2011, <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/environment/documents/greenroofresourcemanualfullversion.pdf>.
- Wikipedia, (b.t). *Phacelia campanularia*. 5 Mart 2012, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Phacelia_campanularia_2003-05-12.jpg.
- William McDonough & Partners, (b.t). 11 Mayıs 2011, http://www.mcdonoughpartners.com/projects/view/901_cherry_offices.
- Worldbuildingsdirectory, (b.t). 12 Ocak 2012, <http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=2151>.
- Yudelson, J. (2007). *Green Building A to Z, Understanding the Language of Green Building*. New Society Publishers, Canada.
- Zinco, (b.t). 20 Mayıs 2012, http://www.zinco-greenroof.com/referenzen/images/ppd/en/ZinCo_Istanbul_Meydan_Center.pdf.