

## ÇEVRE DOSTU ÇATILARA ÖRNEK UYGULAMALI BİR YAKLAŞIM

Ayşe Miray Gemi<sup>1</sup>

**Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri**

### ÖZET

Son yılların en büyük çevre sorunu haline gelen küresel ısınmaya karşı alınan önlemlerden biri de mevcut yeşil alanların korunmasıdır. Bu anlamda yeşil çatılar özellikle yoğun yapılaşma alanlarında kaybedilen yeşilin mikro klimaya yaptığı olumsuz etkileri dengelemek için etkili bir yöntemdir. Yeşil çatı sistemleri yapıya getirdiği ekonomik ve ekolojik avantajları sayesinde enerji etkin yapı tasarımında artı bir değer olarak görülmelidir.

Çevre dostu binaların sadece enerji verimli olması çoğu zaman yeterli olmamakta, kendi enerjisini temiz enerji kaynaklarını kullanarak kendisi üreten bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Tükenmeyen temiz enerji kaynaklarından güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik paneller binaların tasarım aşamasında hesaba katılmalıdır. Yapının güneşe en çok maruz kalan elemanı olan çatıların üzerinde kullanıma uygun olan fotovoltaik paneller mimari bir öge olarak düşünüldüğünde, hem estetik hem de problemsiz çözümler elde edilmektedir.

Panellerin çatı üstüne uygulamalarında en büyük problem genellikle yanlış montaj prensipleri nedeniyle su yalıtımının yada çatı konstrüksiyonunun zarar görmesi olmaktadır. Bu çalışmada, fotovoltaik panellerin çatı üzeri uygulamalarında, farklı çatı kaplama malzemeleri ve sistemleriyle uyumlu olarak detay çözümleri sunulmaktadır, analizleri yapılmıştır. Bu örnek çözümlerden fotovoltaik panellerin yeşil çatılar ile entegrasyonunun, uygulanmış bir örnek proje üzerinden, sistem çözümlenmesi, olası hatalar ve dikkat edilmesi gereken hususları detaylı olarak analiz edilmiştir. Panellerin çatıya bağlanmasında çatıya zarar vermemek için yeşil çatı sisteminin sunduğu bazı özel olanaklardan faydalanılmıştır.

### ANAHTAR KELİMELER

Çevre dostu çatılar , Bina entegre fotovoltaikler (BIPV) , Yeşil çatılar , Uygulama detayları

<sup>1</sup> Ayşe Miray Gemi, Y.Mimar, Onduline Avrasya A.Ş., Değirmen Sokak Nida Kule No 12 Kat 8, Kozyatağı Kadıköy İstanbul, 34742, Telefon 0 216 3841600 pbx., Faks 216 3841610, Eposta adresi [ayse.gemi@onduline.com.tr](mailto:ayse.gemi@onduline.com.tr)

## 1. Giriş

Önemi her geçen gün artan çevre dostu yeşil binaların bu ünvanı alabilmeleri için temelden çatıya kadar çevre dostu özellikleri taşımaları gerekmektedir. Özellikle çevresel etkilere direk maruz kalan bina kabuğunun doğru olarak seçilip uygulanması çevre dostu yeşil binaların göz ardı edilemez koşullarından biri olmaktadır. Binanın çatı ve cephesinin çevrenin istenmeyen etkilerine karşı bir kalkan görevi görmesi, bununla beraber çevrenin kabul edilebilir etkilerinden de binanın yararlanmasına olanak sağlaması gerekmektedir. Yazın ısıdan ve istenmeyen güneş ışınımlarından binayı korurken, hakim rüzgarların binaya girmesine müsaade etmek, kışın ise iç hava kalitesini bozmadan binanın ısı kaybına uğramasını engellemek gerekmektedir. Bu sayede binanın çatı ve cephesi çevresel olumsuz etkileri ortadan kaldırarak kullanıcı konforunu artırmada etkin bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, binaların çevre dostu olmasına katkıda bulunmak adına, çatı alanlarında uygulanabilecek sistemlerden bahsedilmektedir. Bu sistemlerden bir tanesi olan yeşil çatı sistemi, özellikle yoğun yapılaşmanın olduğu şehir alanlarında, kaybedilen yeşil alanların mikro klimaya yaptığı olumsuz etkileri tersine çevirmeye ve eko sistemi dengelemeye yardımcı olabilmektedir.[1] Böylece son yılların en büyük çevre sorunu olan küresel ısınmaya karşı alınan etkili önlemlerden biri olmaktadır. Bunun yanı sıra yeşil çatıların sahip oldukları estetik özellikler dolayısıyla, ticari ve kamusal yapılarda prestij unsuru olarak tercih edildiğini görmekteyiz. Artık Avrupa’da bir çok şehir yönetimi yerel yasalarında yeşil çatıların yeni yapıların inşaatı için mecbur kılmakta , fonlarla da yatırımcıları desteklemektedirler. Yeşil çatılar özellikle Almanya’da konutlarda kullanılarak, kullanıcılara çatılarında yeşille iç içe yaşama alanları sunmaktadır. Türkiye’de ise henüz yasalarla desteklenmese de uygulamalar hızla artmaktadır.

Çatılarda uygulanabilecek diğer bir çevre dostu sistem de güneş enerjisinden faydalanılan sistemler olmaktadır. Çalışmanın diğer bölümünde, güneş enerjisinden sıcak su elde eden güneş kolektörlerinin ve güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik panellerin çatı üzeri uygulamalarından bahsedilecektir.

## 2. Yeşil Çatılar

Yeşil Çatıların ortaya çıkışı ve ilk uygulamaları, yapıların toprakla kaplanması fikri, ısı ve yangın korunumu, kamuflaj gibi nedenlerle bina yapımı kadar eski zamanlara dayanmakla beraber, ilk olarak sistemli bir biçimde uygulandığı 20. yüzyılın başında Le Corbusier gibi bazı avangard mimarların düz beton çatı döşemelerinin kullanılabilir alanlar olduğunu ve yeşillendirilebildiğini keşfettiklerinde başlamıştır. O dönemden bu güne kadar yeşil çatı konusunda öncü mimar Friedensreich Hundertwasser başta olmak üzere birçok mimar tarafında yeşil çatılar kullanılmıştır.[2]

Yeşil Çatılar, Türkiye’de genellikle prestij amaçlı yapılmakla beraber, yapıya getirdiği ekolojik ve ekonomik avantajlar da göz ardı edilmemelidir. Bu katkılar kısaca şöyle özetlenebilir;

- 1.Yeşil çatılar, sistem seçimine göre, çatıdan drene edilmesi gereken su miktarında %90’a kadar tasarruf sağlayabilmektedir. Böylece şehir şebekesine binecek yükü büyük ölçüde hafifletir.
- 2.Ortamdaki toz partiküllerinin filtre edilmesine yardımcı olur. Özellikle hava kirliliğinin ciddi sorun teşkil ettiği alanlarda çok iyi bir çözümdür.
- 3.Yeşillikle kaplanan çatı klasik çatıyla kıyaslanınca yüksek ses emici özelliğe sahiptir. Dolayısıyla hava limanı, otoyol gibi alanlarda avantaj sağlar.
- 4.Bitkilerin nefes alma özelliği sayesinde oksijen oranını artırarak çevresindeki hava kalitesini artırır.
- 5.Çatı yüzey sıcaklığını kışın sıcak yazın serin tuttuğu için istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını engeller. Sistem seçimine göre, çatının ısı yalıtım kapasitesinde %15 ile %50’ye varan artışlar sağlanabilmektedir.

6. Su yalıtımını aşırı ısı farklarından, zararlı ultraviyole ışınlarından koruyarak, çatı ömrünü artırır.
7. Çakıl kaplı teras çatıların yerine yeşillendirilmiş alanlarla kombine edilmiş yaşama alanları yaratıp, özellikle sıkışık şehir yaşamında, bahçe fonksiyonu görür.
8. Şehirlerdeki yetersiz yeşil alanların yarattığı doğal ortam eksikliğini doldurarak mikro klimayı dengeler, doğal çevrenin yaşamasını destekler.

Çatı bahçeleri 2 ana yöntemle meydana getirilmektedir. Bunlar, intensif (yoğun) ve ekstensif (seyrek) yeşillendirilmiştir. Intensif yeşillendirme, çim, yüksek çalı ve bitkiler ve birçok ağaç türünün yetiştirilebilmesi için kullanılır. Çatıya verdiği yük 300–400 kg/m<sup>2</sup>'den başladığı için taşıyıcı elemanların tasarımı aşamasında yeşil çatı uygulaması mutlaka hesaba katılmalıdır. Ekstensif yeşillendirme ile hafif çatı bahçeleri elde edilir. Kullanılan özel malzeme ve yöntemlerle çatıya gelen yük 80–100 kg/m<sup>2</sup> civarındadır. Bu geleneksel çatı kaplama malzemelerinin (kiremit, çakıl vb.) çatıya verdiği yükle hemen hemen aynıdır. Dolayısıyla çatı yenilemelerinde binaya ekstra yük getirmediği için tercih edilmektedir.

İki sistem arasındaki önemli farklardan biri de intensif sistemde düzenli bakım ve sulama gerekirken, ekstensif sistemde yılda en fazla bir veya iki defa bakım yeterli olmaktadır. Sistem seçiminde, seçilen bitkiler, çatının kullanım amacı, yapılacak bölgenin iklimsel verileri ve çatının yük taşıma kapasitesi gibi faktörler rol oynamaktadır. Tüm yeşil çatı uygulamalarında, aşağıdan yukarıya temel katmanlar aşağıdaki gibidir;

1. Çatı konstrüksiyonu
2. Su yalıtımı + kök tutucu tabaka; Bazı su yalıtım ürünlerinde köke karşı dayanım mevcuttur.(FLL sertifikalı su yalıtımları). Bu durumda kök tutucu katman gerekli değildir.
3. Mekanik etkilere karşı koruyucu ve nem tutucu tabaka
4. Drenaj ve filtre tabakası
5. Bitki taşıyıcı tabaka
6. Bitkiler

Çatı bahçeleri genellikle %2 akıntıya sahip teras çatılar üzerinde uygulanmaktadır. Bununla birlikte maksimum % 115 eğime kadar her türlü form ve tipteki çatılara da uygulanabilmektedir. Özellikle rekreatif amaçlı kullanılan çatı bahçelerinde, yeşillendirmeyle birlikte yürüme yolları ve hatta taşıt yollarının da uygulaması yeşil çatı sistemiyle mümkün olabilmektedir.

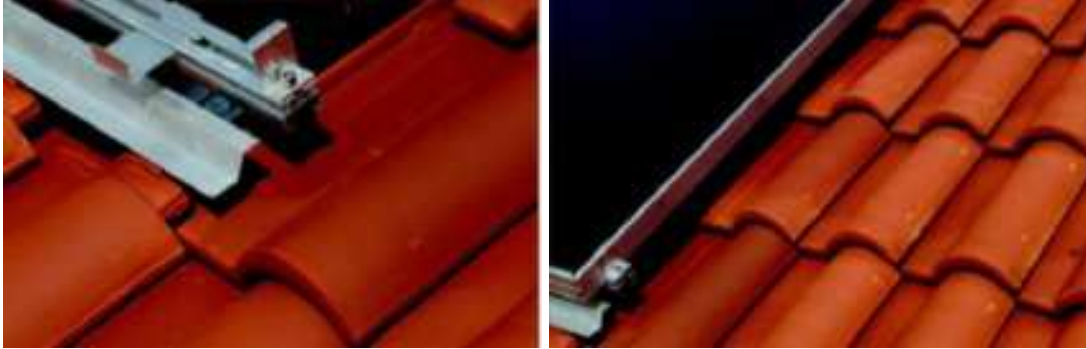
Yeşil çatılar, enerji etkin ve ekolojik bir yaklaşım olarak çevre dostu bina konseptinde yer alması gerekli önemli öğelerden birisidir. Fakat bu özellik tek başına yeterli olmamaktadır. Çevre dostu yeşil binaların önemli kriterlerinden bir tanesi de, binanın harcadığı enerjiyi karşılamada fosil yakıtların kullanımını minimuma indirmesi ve temiz enerji kaynaklarından maksimum yararlanması olmalıdır. Böylece binanın karbon dioksit salınımını azaltarak (veya sıfıra indirerek) sera gazı oluşumunu engellemeye yardımcı olmaktadır.

### **3. Fotovoltaik Panellerin Çatı Üzerinde Uygulanması**

Fosil kaynakların tükenme tehlikesi ve küresel ısınmanın dünyamız üzerindeki etkisinin belirgin biçimde artması sebebiyle, dünya en önemli çözüm alternatiflerinden biri olan temiz enerji kaynaklarının kullanımına yönelmektedir. Bu nedenle, tükenmez bir temiz enerji kaynağı olan güneşten elektrik elde etme işi yani Fotovoltaik oldukça güncel bir konu haline almıştır. Fotovoltaik paneller (PV), üzerinde bulundurduğu yarı iletken hücreler sayesinde güneşten elektrik elde etme işini gerçekleştirir.[3] Küçük ve orta ölçekli uygulamalarda, fotovoltaikler sıklıkla yapılarda mimari bir öğe olarak uygulanmaktadır. Genellikle, yapının güneşe en çok maruz kalan elemanı olan çatılar bu uygulama için en ideal alanlar olmaktadır. Çatının fiziksel yapısı, boyutları, biçimi göz önüne alınarak tasarımı yapılmalıdır.

Fotovoltaik paneller çatı üzerine uygulanırken, montaj detaylarının çatının konstrüksiyon ve yalıtım katmanlarına zarar vermeyecek şekilde belirlenmesi aynı zamanda panellerin çatıya emniyetli bir şekilde bağlanmasını sağlayacak özellikte olması gerekmektedir. Her çatının konstrüksiyonu, yalıtım katmanları ve çatı kaplama malzemesi farklı olduğu için, panellerin çatıya bağlantısı da bu yapıya özgü olmalıdır. Panellerin farklı tipteki çatı kaplama malzemelerine montajı için önerilen prensipler aşağıda anlatılmıştır.

a) Oluklu kiremit altı levhası kullanılan, kiremit veya arduvaz kaplı çatılarda montaj prensipleri;  
Tüm çatıda kesintisiz su yalıtımı sağlayan kiremit altı levhasının olukları üzerine malzeme uyumlu tasarlanmış montaj ayakları (Omega 1) oluk tepelerinden tespit edilmelidir. Paneller, özel montaj aksesuarlarının Omega 1 üzerine tespiti yapılarak döşenir. Panellerin altında su çatı kaplama malzemesi devam etmemelidir.[5] (Resim 1)



Resim 1: Oluklu kiremit altı levhası kullanılan, kiremit kaplı çatı uygulaması [5]

b) Bitüm esaslı oluklu levhalarda montaj prensipleri;  
Malzeme uyumlu montaj ayağı (Omega 2), kaplama malzemesinin oluk tepesinden tespit edilmelidir. Paneller, özel montaj aksesuarlarının Omega 2 üzerine tespiti yapılarak döşenir. [5]

c) Mineral kaplı bitümlü membranlarda montaj prensipleri  
Birinci kat bitümlü yalıtım membranı çatıya uygulandıktan sonra, ikinci kat uygulanırken L1 elemanları bini arasına gelecek şekilde çatıya bağlanır. Paneller, özel montaj aksesuarlarının L1 üzerine tespiti yapılarak döşenir. [5]

Yukarıda anlatılan sistemler, betonarme döşeme, çelik aşık, mertek veya OSB'li sistem üzerine yapılabilmektedir. Güneşten su elde etme işini yapan solar kolektörler de aynı prensipler çerçevesinde çatıya monte edilmelidir. Fotovoltaik panellerin yeşil çatılara entegre kullanımına bir sonraki başlıkta değinilmektedir.

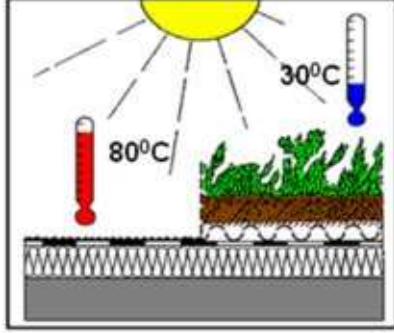
#### 4. Çevre Dostu Çatılarda Entegre Sistemler; Yeşil Çatı + Fotovoltaik Panel

Çevre dostu çatılarda iki önemli unsur olan fotovoltaik sistemler ve yeşil çatılar birlikte kullanıldığında birbirlerinin etkinliklerini artırmada karşılıklı faydalar sağlamaktadırlar.

Fotovoltaik paneller verimliliklerine göre güneş enerjisini belirli oranda elektrik enerjisine dönüştürürler. Fakat fotovoltaikler için en büyük sorun, güneş ışınımının aslında en çok olduğu ve en çok faydanın sağlanmasının beklendiği yaz koşullarında, havalandırma eksikliği ve aşırı ısınma nedeniyle verimliliklerinin düşmesi olmaktadır. Ortam sıcaklığı 25°C' yi geçtiğinde fotovoltaik panellerin verimlilikleri düşmeye başlar. Genel kabul görmüş bir kural olarak: 1°C' lik ısınma başına %0,5'lik verim kaybı olmaktadır.[4] Bu durum fotovoltaiklerin enerji üretimini yüksek oranlarda düşürmektedir. Yeşil çatı sistemi, çıplak veya çakılla kaplı çatılarla kıyaslandığında, bitki seviyesinde oluşturduğu buharlaşma ile yarattığı soğutma etkisi sayesinde fotovoltaik paneller için istenen

sıcaklıklardaki hava koşulunu sağlamaktadır. Ayrıca panellerin altında oluşacak hava akımıyla da aşırı ısınması önlenerek enerji üretimlerindeki verimliliklerinin artması sağlanmaktadır.

Resim 2’de görüldüğü gibi çıplak çatılarda çatı yüzeyi sıcaklığı: 80°C’ ye kadar ulaşabilmektedir. Yeşil çatılarda ise çatı yüzeyi en fazla 35°C olmaktadır. Sıcaklık farkı 45°C’ dir. Dolayısıyla yeşil çatılara kıyasla, çıplak çatılarda kullanılacak fotovoltaik panellerde maksimum %22,5’luk verim kaybı olabilmektedir. [4]



Resim 2: Yeşil çatı ve çıplak çatı yüzey sıcaklıkları

Yeşil çatı ve fotovoltaik panel entegre sistemler, genellikle seyrek yeşillendirilmiş çatılarda tercih edilmelidir. Çünkü yoğun yeşillendirilmiş alanlarda yüksek boylu bitkiler panel seviyesine ulaşarak panele gölgeleme etkisi yaparak, verim kaybına neden olmaktadır.

Tüm teras çatılarda olduğu gibi, yeşillendirilmiş çatılarda panel montajında ana kural, su yalıtımının hiçbir 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 haznelere ve difüzyon deliklerine sahip olduğu için drenaj vazifesini sürekli olarak sağlarlar. Bu plakaların üzeri, gerekli yük miktarı kadar bitki taşıyıcı katmanla kaplanarak sistem tamamlanır.[5] Resim 3’de görülmekte olan sistem, fotovoltaik panellerin montajına imkân verirken, aynı zamanda yeşil çatı işlevlerini de gerçekleştirir. Düz teras alanlarda %15’e kadar olan eğimlerde uygulanabilmektedirler.



Resim 3: ZinCo yeşil çatı ve fotovoltaik panel entegre sistemi

Paneli taşıyan çerçevelerin yüksek oluşu nedeniyle solar paneller ve bitki seviyesi arasında güvenilir bir yükseklik oluşmaktadır. Bu bitkinin yeterli gün ışığı ve yağmur suyu almasına ve bakımın kolayca yapılmasına olanak sağlamaktadır. [4]

İlk olarak, yeşil çatı katmanları ve panel taşıyıcı çerçeveleri uygulanır. (Resim 4) Daha sonra panellerin montajı ve çatının yeşillendirmesi yapılır. (Resim 5)



Resim 4: Yeşillendirme ve panel uygulama öncesi



Resim 5: Yeşillendirme ve panel uygulama sonrası

#### 4.1 Nevşehir Yurt Binası

Çevre dostu yeşil bina sertifikalarından biri olan amerikan değerlendirme sistemi LEED'i (Leadership in Energy and Environmental Design) almak için yola çıkan ve Türkiye'nin ilk kamusal çevre dostu yeşil binası olmayı hedefleyen Nevşehir H. Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası, İncekara Holding tarafından sosyal sorumluluk projesi kapsamında yaptırıldı. Sonrasında Milli Eğitim Bakanlığına devredildi. Projenin müellifi ve yüklenici firması olan Tamfa Mühendislik, yeşil bina konsepti kapsamında, tasarım aşamasında bizden yapının çatısının çevre dostu çatı konsepti olarak tasarlanmasını talep etti. Binanın amaçladığı hedefler doğrultusunda, sürdürülebilir bir sistem tasarlanarak, çatıda yeşil çatı ve çatıya entegre fotovoltaiik panel uygulaması yapıldı.

Bu binada çatı eğimi % 15'i geçtiği için (%38) bir önceki maddede anlatılan klasik yeşil çatı ve fotovoltaiik entegre sistemi kullanılmamıştır. Fotovoltaiik paneller çatıya paralel bir şekilde yerleştirilmiş, havalandırmanın sağlanabilmesi ve montaj kolaylığı için, panellerin altına bitüm esaslı oluklu levhalar uygulanmıştır. Yeşil çatılar geri kalan eğimli alanlarda uygulanmış olup panellerle birleşim detayları özel olarak çözülmüştür. Türkiye'de fotovoltaiik panellerin çatıya entegre olarak yapılmış ilk uygulamalarından biri olan bu binada, aynı zamanda Türkiye'nin ilk yeşil çatı ve fotovoltaiik panel entegrasyonu uygulaması da gerçekleşti. Bina yeşil çatı uygulaması ile çatısında canlı bitkiler yetiştirecek, böylece yağmur sularını doğal olarak arıtacak, hem drenaj elemanı olarak kullanılan EPS levhalarla ısı yalıtımını doğal olarak yapacak, hem de canlılar için ekolojik bir ortam oluşturacak. Yeşil çatıların tüm bu avantajlarından yararlanacak olan bina aynı zamanda 13,5 kW'lık

kurulu fotovoltaik gücüyle kendi elektriğini kendisi üretecek, uygun yasa düzenlemeleri yapıldığı takdirde şebeke uyumlu olarak oluşturulduğu için sistemde hiçbir değişiklik yapılmadan fazla enerjisini devlete satmaya başlayacaktır. Yurt Binasının çatısında 3 farklı sistem uygulanmıştır.

a) %38 eğime sahip çatıda yeşil çatı uygulaması katmanları: (Resim 6)

2 kat bitümlü su yalıtımı (2. kat FLL sertifikalı köke dayanımlı su yalıtım membranı)

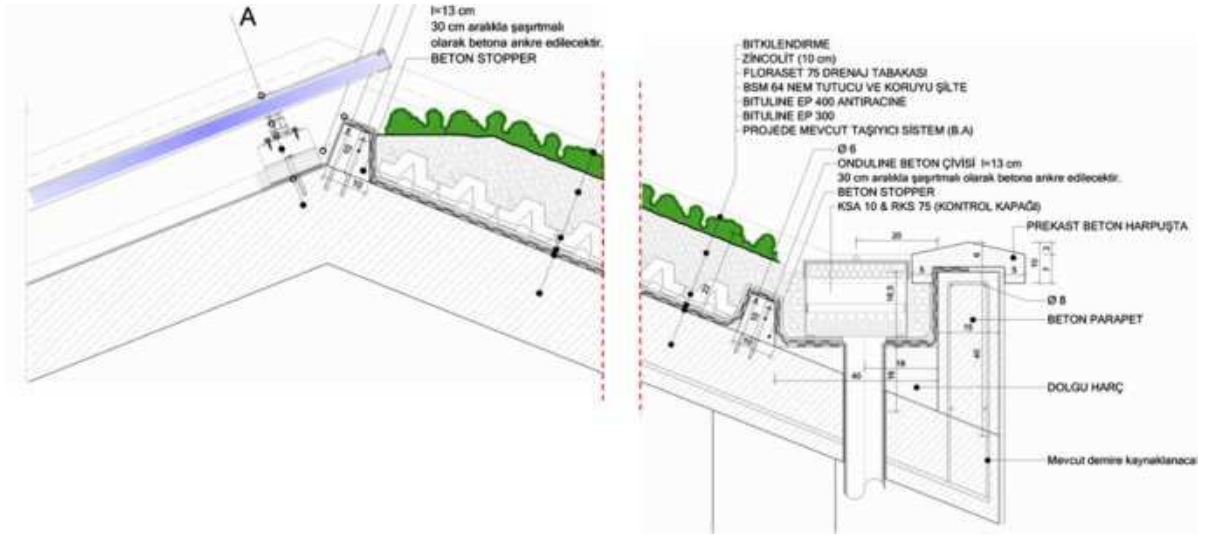
Nem tutucu ve koruyucu şilte

Eğimli yüzeylere uygun drenaj katmanı (EPS)

Bitki taşıyıcı katman

Bitkilendirme; çeşitli sedum tipleri

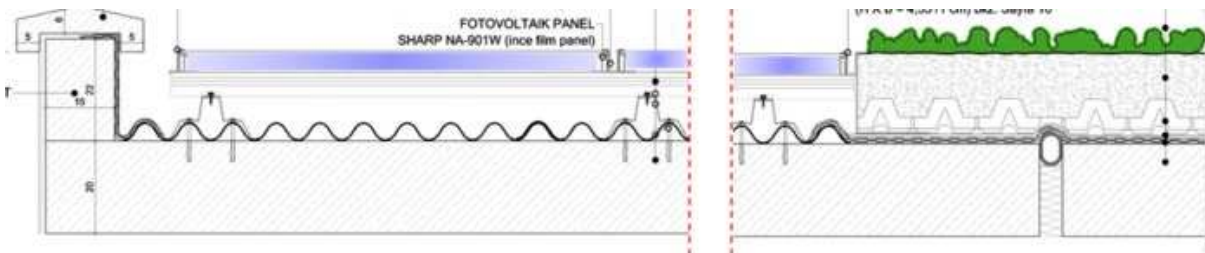
Sulama, mevsimsel yağış farklılıkları göz önünde tutularak bilgisayar kontrollü bir sistem olarak düşünülmüştür. Gizli derelerden düşey yağmur iniş borularıyla çatının drenaj sistemi çözülmüştür. Su giderlerinde, özel kontrol kapakları kullanılmıştır.



Resim 6: %38 eğime sahip çatıda yeşil çatı uygulaması

b) %38 eğime sahip güneye bakan çatıda, eğime paralel fotovoltaik panel uygulaması katmanları: (Resim 7)

Bu sistem, bitüm esaslı oluklu levhalar için oluşturduğumuz prensibe göre tasarlanmış ve uygulanmıştır. Oluklu levha üzerine oturtulan, malzemeye uyumlu taşıyıcı ayaklar sayesinde paneller çatıya monte edilebilmiştir. Oluklu levha, sıcak günlerde panel altında yeterli havalandırma ve soğutma sağlayarak panelin verimliliğinin düşmesini engellemektedir. Aynı zamanda ayakların oluk tepelerinden montajı yapılarak su sızdırmazlık ilkesine uygun bir uygulama yapılmaktadır.



Resim 7: %38 eğime sahip güneye bakan çatıda, eğime paralel fotovoltaik panel uygulaması

c) Teras çatı üzeri PV panel uygulaması:

Panellerin güneşe uygun açıda konumlandırılabilmesi için açılı özel çerçevelere oturtulmuştur. Binada kullanılan fotovoltaik panellerin tümü 2. nesil olarak adlandırılan yeni teknoloji ince film panellerdir. İnce film panellerin en önemli özelliği, yaygın ışınım da bulutlu havalarda da enerji üretebilmesidir. Panellerin toplam kurulu gücü 13,5 kWp'dır. Paneller yurt binasının enerjisinin büyük bir kısmını karşılayabilecektir. Uygun yasal düzenlemeler yapıldığı takdirde, sistem direk olarak şebekeye bağlanabilir özellikle olduğu için hiçbir ilave önlem alınmadan fazla enerjisini devlete satmaya başlayacaktır. Ayrıca elektrik enerjisini temiz enerjiden karşılamayı seçen binanın karbon salınımı da önemli ölçüde azalacaktır. (Resim 8)



Resim 8: Nevşehir H. Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası, çevre dostu çatı uygulaması

## 5. Sonuç

Bu çalışmada, çevre dostu yeşil binaların çatı alanlarında, bu konseptte artı değer kazandıracak sistemler ele alınmıştır. Yeşil çatılar ve fotovoltaik panel uygulamalarında dikkat edilmesi gereken montaj prensipleri anlatılmıştır. Bununla beraber, bahsi geçen iki sistemin klasik yöntemle entegrasyonuna değinilmiştir.

Örnek uygulama olarak anlatılan, Nevşehir H. Avni İncekara Fen Lisesi Yurt Binası'nın, yüklenici ve proje müellifi ile karşılıklı görüşerek karar verdiğimiz uygulamada, farklı taleplere ve ihtiyaçlara yanıt verebilmek için, anlatılan klasik sistemin ötesinde çözümler ortaya koymamız gerekmiştir. Çatı eğimleri klasik sistemin eğim sınırlarının üzerindedir. Dolayısıyla su sızdırmaz özellikte montaj uygulamasını gerçekleştirebilmek, fotovoltaik panellerin verimliliği için yeterli havalandırmayı ve soğutmayı sağlamak ve iki sistemin birleşiminde estetik görünümü yakalayabilmek için, proje odaklı özel çözümler üretilmiştir. Bunun sonucu olarak, Türkiye'nin ilk yeşil çatı ve fotovoltaik panel entegrasyonu uygulaması, Avrupa'daki uygulamaların da bir adım ötesine geçerek gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde çok yeni olan bu tip uygulamalar, her türde konstrüksiyon, form ve kaplama malzemesine sahip çatılarda doğru prensipler çerçevesinde uygulandığı sürece, estetik ve fonksiyonel çözümler elde edilebilmektedir.

## 6. Kaynaklar

- [1] Onduline Avrasya A.Ş. "Sistem Ondugreen" Broşürü, 2010
- [2] Uluslararası Yeşil Çatı Kongresi '09, Stuttgart, Almanya
- [3] [en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics](http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics)
- [4] Zinco GmbH Solarenergie und Dachbegrünung, 2009
- [5] Onduline Avrasya A.Ş. "Enerji Üreten Çatılar" Broşürü, 2009