

BİTKİLENDİRİLMİŞ ÇATI SİSTEMİ PERFORMANSININ DENEYSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Caner Göcer¹
M. Cem Altun²
Nil Türkeri³

Konu Başlık No: 4. Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Ülkemizde iklim değişimi ve etkileri önemli gündem maddelerinden biridir. Geçmişe yönelik çalışmalar ülkemizin batı bölgelerinde kent ısı adası etkisi olduğunu ortaya koymuş; geleceğe yönelik senaryolar^{da} ise batı bölgelerimiz başta olmak üzere yaz aylarında, mevcut kent ısı adası etkisine ek olarak, sıcaklıkların artacağı öngörülmüştür. Bu nedenle ülkemizde, iklim değişimine uyum sağlayacak bina teknolojilerine ihtiyaç vardır. Uluslararası çalışmalar bitkilendirilmiş çatı sisteminin iklim değişimine uyum sağlayan bina teknolojilerinden biri olduğunu ortaya koymuştur. Ülkemizde ise yerel şartlar etkisi altında bitkilendirilmiş çatı sisteminin gösterdiği performans bilinmediğinden bu sistemin uygulaması sınırlıdır. İstanbul Teknik Üniversite'sinde (İ.T.Ü.), ana amacı çevreyle uyumlu bitkilendirilmiş çatı sistemleri geliştirmek olan bir araştırma projesi yürütülmektedir. Projenin alt amaçlarından biri de İstanbul gerçek hizmet şartlarında mevcut bir çatı sisteminin bitkilendirilmiş çatı sistemi ile iyileştirilmesi sonucunda oluşan sistem ile mevcut çatı sisteminin (referans çatı sisteminin) performanslarını alanda ölçüm yöntemiyle deneysel olarak ortaya koymak ve söz konusu performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Bu bildirinin amacı ise deneysel çalışmayı; test çatıları, ölçüm aletleri, ölçüm düzeneği, veri toplama ve veri analiz yöntemi bağlamında tanıtmaktır. İTÜBÇS ile İTÜRÇS İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü'nde İTÜ Eski Rektörlük Binası çatısında yer almaktadır. İTÜBÇS ve İTÜRÇS'de, mikro iklim, güneş ışınım şiddeti, yüzey sıcaklığı, katmanlar arası sıcaklık ve toprak altı çığlenme sıcaklığını ölçmek için gerekli yerlere ilgili ölçüm aletleri yerleştirilmiştir. Ölçüm, bir iklim yılını kapsamaya için en az bir yıl, en fazla üç yıl boyunca sürecektir. Toplanan 15-dk veriler analiz edilerek İstanbul iklim şartlarında İTÜBÇS ile İTÜRÇS performansı ortaya konulacak ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.

ANAHTAR KELİMELELER

Bitkilendirilmiş çatı sistemi; Alanda ölçüm; 1s1l performans; nem performansı

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla 34437, Tel: 0212 2931300, Faks: 0212 2514895, e-posta: gocercan@itu.edu.tr

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla 34437, Tel: 0212 2931300, Faks: 0212 2514895, e-posta: mcemaltun@gmail.com

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla 34437, Tel: 0212 2931300, Faks: 0212 2514895, e-posta: sahal@itu.edu.tr

Giriş

Ülkemizde iklim değişimi ve etkileri önemli gündem maddelerinden biridir. İklim değişimi ile ilgili yapılan çalışmalarda iklimin gerek geçmişte nasıl değiştiği gerekse gelecekte nasıl değişeceği araştırılmıştır. Geçmişe yönelik iklim çalışmaları, başta İstanbul olmak üzere ülkemizin batı bölümünde yer alan kentlerde özellikle yaz mevsiminde kent ısı adası etkisi olduğu ortaya konulmuştur, [1],[2]. Geleceğe yönelik iklim senaryolarına göre İstanbul dahil olmak üzere ülkemizin batı bölümünde yer alan kentlerde yaz aylarında, mevcut kent ısı adası etkisine ek olarak, sıcaklıklar artacaktır, [3]. Sıcaklıklarda artış soğutma ihtiyacı dolayısıyla soğutma amaçlı enerji tüketiminde artışa neden olacaktır. Bu nedenle ülkemizde, iklim değişimine uyum sağlayacak bina teknolojilerine ihtiyaç vardır.

Uluslararası çalışmalar bitkilendirilmiş çatı sisteminin iklim değişimine uyum sağlayan bina teknolojilerinden biri olduğunu ortaya koymuştur. Toronto’da yapılan çalışmalar, kent alanının, kırsal alanlara nispeten 2-3°C daha sıcak olduğunu (kent ısı adası), bir atmosferik model simülasyonu ile kentte %50 oranında bitkilendirilmiş çatı sisteminin uygulandığı durumda, çatı sisteminin kent sıcaklığında 1-2°C azalmaya neden olacağını belirlemiştir, [4]. Atina, Yunanistan’da bitkilendirilmiş çatı sisteminin ısı performansını matematiksel bir model ile ortaya koyan çalışmada, bitkilendirilmiş çatı sisteminin, yüzeyine gelen toplam güneş ışınım şiddetinin % 27’sinin yansıttığını, % 60’ının yapraklar tarafından soğrulduğunu ve % 13’ünün de toprağa iletildiğini ortaya koymuştur, [5]. Singapur’da bir bitkilendirilmiş çatı sisteminde alanda ölçüm yöntemiyle yürütülen bir çalışmada, bitkilendirilmiş çatı sisteminin yüzey sıcaklığını 18°C azalttığını göstermiştir. Ottawa ikliminde bir yıl boyunca bitkilendirilmiş çatı ve geleneksel teras çatı sistemlerinde yapılan ölçümler, bitkilendirilmiş çatı sisteminde bitki taşıyıcı tabakanın, sonbahar-kış mevsimlerinde ısı kayıplarını geleneksel teras çatı sistemine nispeten %26 oranında azalttığını, dolayısıyla ısıtma kaynaklı enerji tüketimini de azalttığını ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, yaz aylarında, bitkilendirilmiş çatı sisteminin gölgeleme ve evapotranspirasyon yoluyla çatı yüzey sıcaklığını azaltması ve bitki taşıyıcı tabakanın ek ısı direnç sağlaması sonucunda binalarda çatı bünyesinde oluşan ısı kazançlarının azaldığı, bu nedenle soğutma amaçlı elektrik enerjisi tüketimi ve dolayısıyla CO₂ emisyonunun azaldığı gösterilmiştir. Aynı çalışma, ilkbahar-yaz mevsimlerinde ısı kazançlarını, geleneksel teras çatı sistemine nispeten %95 oranında azalttığını, dolayısıyla soğutma amaçlı elektrik enerjisi tüketimini de azalttığını ortaya koymuştur. Isı kayıp oranının, ısı kazanç oranına nispeten düşük olmasının nedeni Ottawa ikliminde bitki taşıyıcı tabakadaki suyun donması, böylece bitki taşıyıcı tabakanın ısı direncinin etkisinin azalmasıdır. Bu nedenle çalışmada, bitkilendirilmiş çatı sisteminin nispeten ılıman ve sıcak iklimlerde daha iyi sonuçlar vereceği de belirtilmiştir, [6],[7].

Bitkilendirilmiş çatı sisteminin iklim değişimi kapsamında sağladığı faydalara rağmen ülkemizde uygulaması sınırlıdır. Diğer bir anlatımla, Türkiye’de her yıl yaklaşık olarak uygulanan 100 milyon m² çatının yarısında çatı kaplama malzemesi olarak kiremit; geri kalanında ise şingil ve mineral kaplı bitümlü örtü kullanılmaktadır [8]. Sınırlı sayıdaki bitkilendirilmiş çatı sistemi uygulama nedenlerinden biri de yerel şartlar etkisi altında bitkilendirilmiş çatı sisteminin gösterdiği performansın bilinmemesidir.

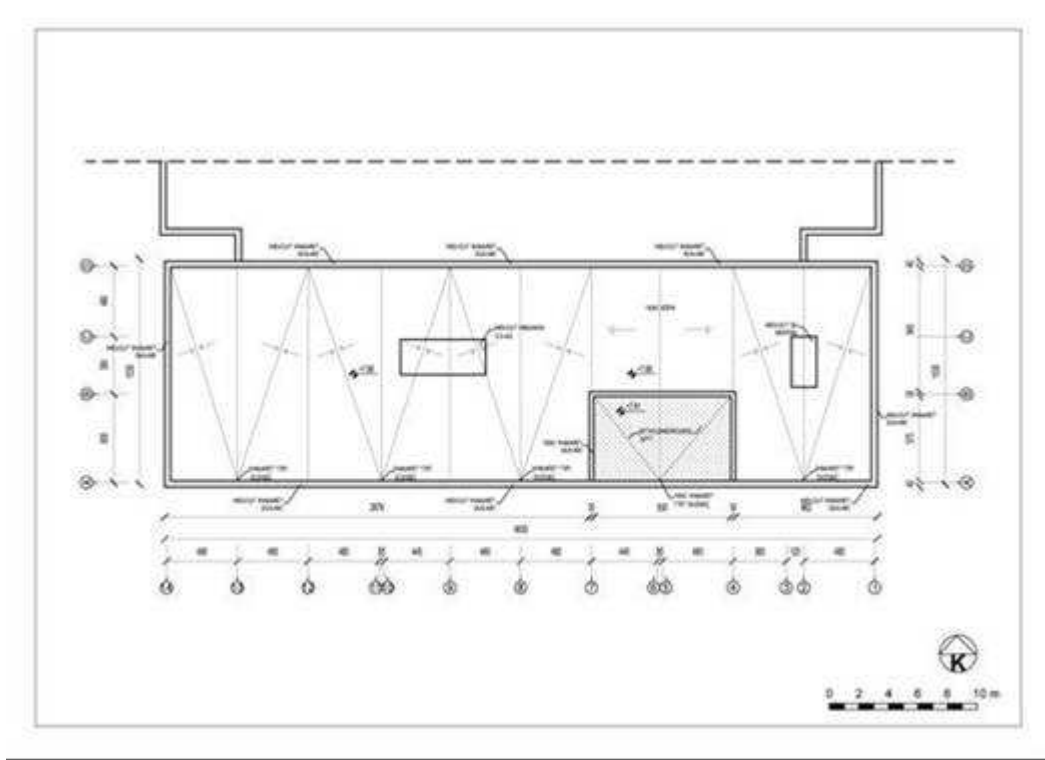
İstanbul Teknik Üniversite’sinde (İ.T.Ü.), ana amacı çevreyle uyumlu bitkilendirilmiş çatı sistemleri geliştirmek olan bir araştırma projesi yürütülmektedir. Projenin alt amaçlarından biri de İstanbul gerçek hizmet şartlarında mevcut bir çatı sisteminin bitkilendirilmiş çatı sistemi ile iyileştirilmesi sonucunda oluşan sistem ile mevcut çatı sisteminin (referans çatı sisteminin) performanslarını alanda ölçüm yöntemiyle deneysel olarak ortaya koymak ve söz konusu performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Bu bildirinin amacı ise deneysel çalışmayı; test çatıları, ölçüm aletleri, ölçüm düzeneği, veri toplama ve veri analiz yöntemi bağlamında tanıtmaktır.

İTÜ Bitkilendirilmiş Test Çatı Sistemi ve İTÜ Referans Test Çatı Sistemi

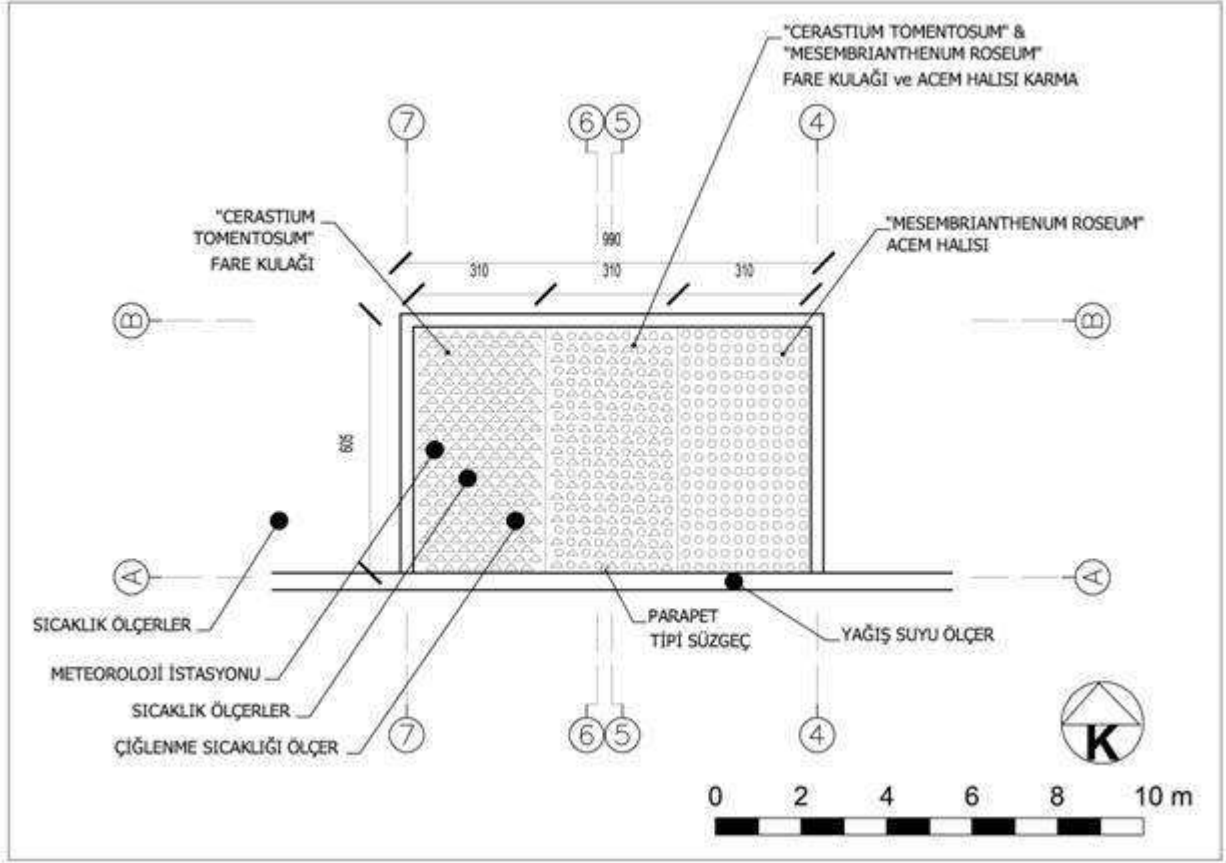
İTÜBÇS (İstanbul Teknik Üniversitesi Bitkilendirilmiş Test Çatı Sistemi) ile İTÜRÇS (İstanbul Teknik Üniversitesi Referans Test Çatı Sistemi), İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü'nde İTÜ Eski Rektörlük Binası çatısında yer almaktadır. İTÜ Eski Rektörlük Binası'nın mevcut çatı sistemi +4.50 ve +7.68 olmak üzere iki farklı kotta yer alır. +7.68 kotunda yer alan mevcut çatı alanı yaklaşık 739-m²'dir, çatı formu teras çatıdır ve çatı alanı dört yönden bir parapet duvarı ile çevrelenmiştir. Çatıdan yağmur suyunu uzaklaştırmak için güney yönünde 5 adet parapet tipi süzgeç ve düşey yağmur iniş boruları bulunmaktadır, Şekil 1a.

İTÜBÇS, +7.68 kotu çatı alanının güney yönünde bir adet parapet tipi süzgeci içeren ve diğer üç yönde mevcut çatı sisteminden bir parapet duvarı ile ayrılan 60-m² lik bir alana inşa edilmiştir, Şekil 1a, b, c. İTÜBÇS katmanlaşması, iç ortamdan dış ortama doğru sırasıyla, 2-cm kalınlığında tavan sıvası, gazbeton asmolen blok dolgululu nervürlü betonarme döşeme, minimum 3-cm yüksekliğinde %1 eğimde eğim şapı, bitümlü emülsiyon astar, 1 kat buhar kesici-polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü, 3 kat her bir kat 3-cm kalınlığında ısı yalıtımı- çekme polistren, 1 kat su yalıtımı-polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü, 1 kat kök tutucu su yalıtımı- polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü, su depolama keçesi-polipropilen lifli keçe, drenaj ve su depolama tabakası-polietilen kabarcıklı örtü, filtre-polipropilen lifli keçe, 1/3 oranında torf, 1/3 oranında mineral esaslı toprak ve 1/3 oranında organik gübreden oluşan bitki taşıyıcı toprak ve bitkiden oluşmaktadır, Şekil 2. Bitki tipi olarak, İTÜBÇS alanının batı yönündeki 1/3'lük alana cerastium tomentosum- fare kulağı, doğu yönündeki 1/3'lük alana mesembrianthemum roseum-acem halısı ve geri kalan orta alana ise her iki bitki tipi karma olarak dikilmiştir, Şekil 1b, c.

Mevcut çatı alanı İTÜRÇS olarak ele alınmaktadır. İTÜRÇS katmanlaşması, iç ortamdan dış ortama doğru sırasıyla, mevcut 2-cm kalınlığında sıva, mevcut gazbeton asmolen blok dolgululu nervürlü betonarme döşeme, mevcut ortalama 15-cm yüksekliğinde eğim şapı, mevcut 7-cm kalınlığında ısı yalıtımı-perlitli şap, mevcut 2 kat su yalıtımı-polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü, mevcut 1 kat mineral kaplı bitümlü örtü ve yeni 1 kat yeşil renkli mineral kaplı bitümlü örtüdür, Şekil 1c, Şekil 2.



(a)

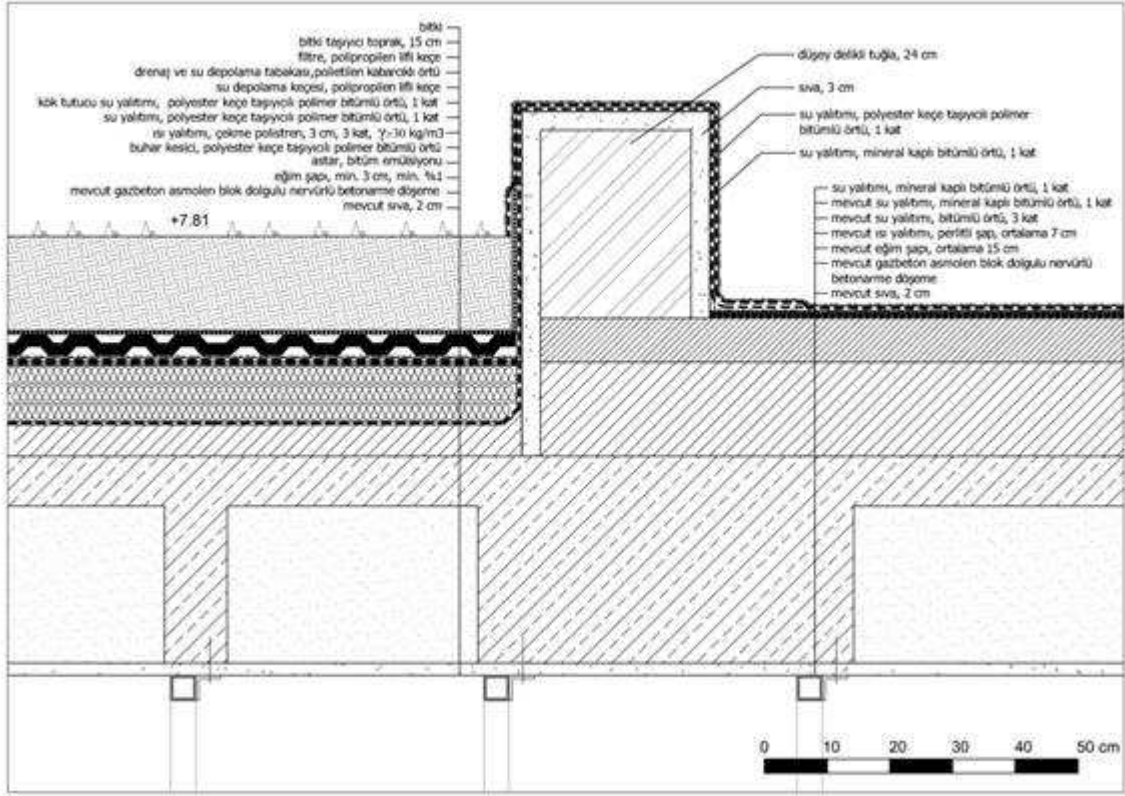


(b)



(c)

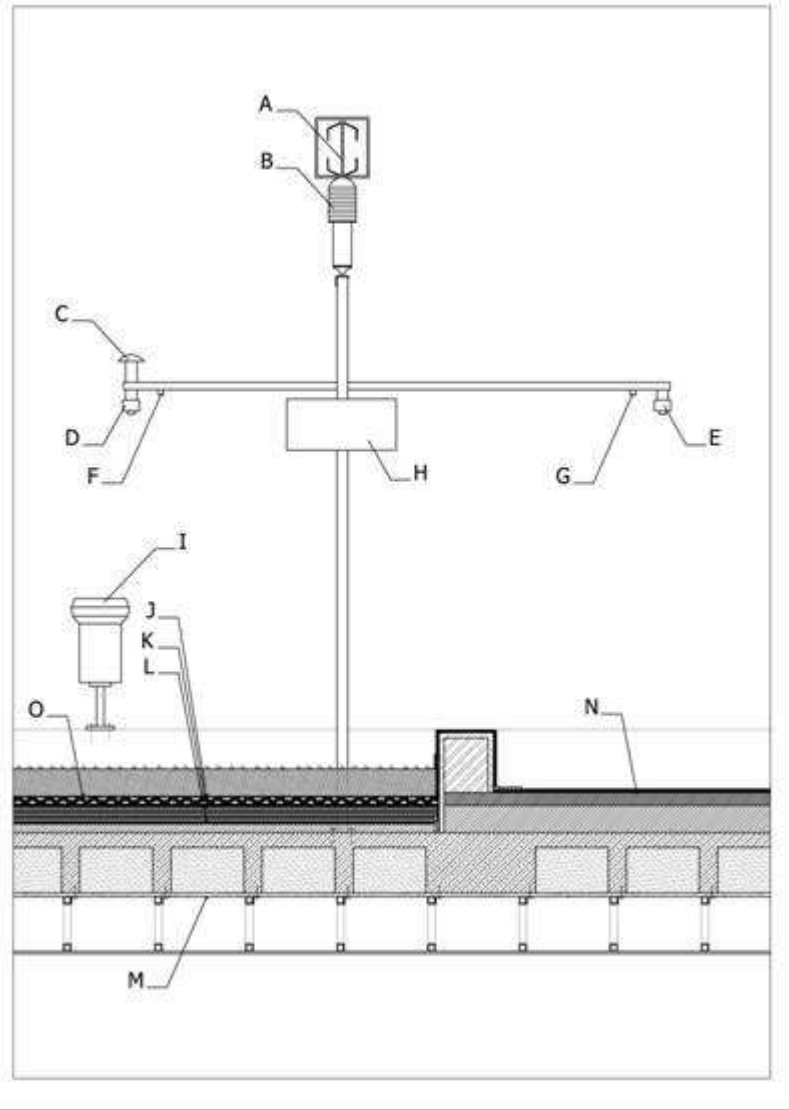
Şekil 1. İTÜBÇS ile İTÜRÇS; plan (a, b), görünüş (c)



Şekil 2. İTÜBÇS ile İTÜRÇS'nin katmanları, düşey kesit

Ölçüm aletleri, ölçüm düzeneği, veri toplama

İTÜBÇS ve İTÜRÇS'de, mikro iklim, güneş ışınım şiddeti, yüzey sıcaklığı, katmanlar arası sıcaklık ve toprak altı çiğlenme sıcaklığını ölçmek için gerekli yerlere ilgili ölçüm aletleri yerleştirilmiştir. Dış hava sıcaklığı, bağıl nem, barometrik basınç, rüzgar hızı ve rüzgar yönü, İTÜBÇS'de yerden 2-m yüksekliğinde yer alan bir direk üzerine yerleştirilmiş bir meteoroloji istasyonu ile ölçülmektedir, Şekil 1b, c, Şekil 3 (A- üç eksenli ultrasonik anemometre, B- dış hava sıcaklık, bağıl nem, barometrik basınç sensörleri). Düşey yağmur miktarı, İTÜBÇS güney yönünde yer alan parapet üstüne konumlandırılmış bir adet devrilen kovalı (tipping bucket) tipinde bir yağış ölçer ile ölçülmektedir, Şekil 1b,c, Şekil 3-I. Gelen toplam güneş ışınım şiddeti (Şekil 3-C) ile İTÜBÇS (Şekil 3-D) ve İTÜRÇS (Şekil 3-E) yüzeylerinden yansıyan güneş ışınım şiddetleri mevcut direktteki yatay kollar üstünde yer alan birer adet piranometre ile ölçülmektedir, Şekil 1c. İTÜBÇS (Şekil 3-F) ve İTÜRÇS (Şekil 3-G) yüzey sıcaklıkları, mevcut direktteki kollar üstünde yer alan birer adet ile tavan yüzey sıcaklığı (Şekil 3-M) bir adet temassız kızılötesi sıcaklık ölçüm sensörü ile ölçülmektedir. İTÜBÇS'nde buhar kesici-ısı yalıtımı arasındaki (Şekil 3-L), ısı yalıtımı-su yalıtımı arasındaki (Şekil 3-K), toprak altındaki (Şekil 3-J) sıcaklıklar ile İTÜRÇS'de ısı yalıtımı-su yalıtımı arasındaki (Şekil 3-N) sıcaklığı ölçmek için sudan etkilenmeyen sıcaklık sensörü kullanılmaktadır. Bitki taşıyan toprak altındaki bağıl nem oranını hesaplamak için filtre-toprak arasına bir adet çiğlenme sıcaklığı sensörü yerleştirilmiştir, Şekil 3-O.



Şekil 3. İTÜBÇS ve İTÜRÇS'de ölçüm aletleri, düşey kesit

Dış hava sıcaklığı, bağıl nem, basınç, rüzgar hızı, rüzgar yönü, gelen toplam güneş ışınım şiddeti, İTÜBÇS ve İTÜRÇS yüzeylerinden yansıyan güneş ışınım şiddetleri, İTÜBÇS ve İTÜRÇS yüzey sıcaklıkları, İTÜBÇS'nde tavan sıcaklığı, buhar kesici-ısı yalıtımı arasındaki, ısı yalıtımı-su yalıtımı arasındaki, toprak altındaki sıcaklıklar ile İTÜRÇS'de ısı yalıtımı-su yalıtımı arasındaki sıcaklık ve çiğlenme sıcaklık ölçüm değerleri bir Veri Kayıt Aleti ile kayıt edilmekte ve depolanmaktadır. Düşey yağmur miktarı ise Yağış Ölçer Veri Kayıt Aleti ile kayıt edilmekte ve depolanmaktadır. 15-dk'lık ölçüm verileri, Veri Kayıt Aletleri'nden bir bilgisayara, ilgili iki adet yazılım ile indirilmekte ve bilgisayarda okunabilmektedir. Veriler, yazılımlar ile MS Excel programına veri analizi için aktarılmaktadır.

Veri analizi

İTÜBÇS ile İTÜRÇS'de ölçümler, 15 Aralık 2009 tarihinde başlamıştır. Ölçümler, bir iklim yılını kapsamaları için en az bir yıl, en fazla üç yıl boyunca sürecektir. Toplanan 15-dk veriler aşağıda verilen şekilde analiz edilecektir.

Bir yıl boyunca her bir gün için, kış aylarında saat 10:00 ile 14:00 arasında, yaz aylarında saat 09:00 ile 15:00 arasında ölçülen, gelen toplam güneş ışınım şiddeti ile İTÜBÇS ve İTÜRÇS yüzeylerinden

yansıyan güneş ışınım şiddetleri ölçüm değerlerinden İTÜBÇS ve İTÜRÇS güneş ışınımı yansıtma oranları hesaplanacaktır. Bir yıl için hesaplanan İTÜBÇS ve İTÜRÇS güneş ışınımı yansıtma oranları karşılaştırmalı olarak değerlendirilecek ve özellikle yaz mevsimi için sistemlerin kent ısı adasına etkisi tartışılacaktır.

Bir yıl boyunca her bir gün için İTÜBÇS sıcaklık profili (tavan sıcaklığı, buhar kesici-ısı yalıtımı arasındaki, ısı yalıtımı-su yalıtımı arasındaki, filtre-toprak altı arasındaki sıcaklıklar ile yüzey sıcaklığı) ölçüm verilerinden yararlanarak ortaya konulacaktır. Bu verilerden İTÜBÇS'nin U (W/m^2) değerleri ile ısı akışı hesaplanarak sistemin enerji etkinliği belirlenecektir.

Bir yıl boyunca her bir gün için, İTÜBÇS ile İTÜRÇS yüzey sıcaklıkları ve dış hava sıcaklık ölçüm değerleri ortaya konulacak, yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilecek ve sistemlerin kent ısı adasına etkisi tartışılacaktır.

Bir yıl boyunca her bir gün için İTÜBÇS ile İTÜRÇS ısı yalıtımı-su yalıtımı arası ve dış hava sıcaklık ölçüm değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir. Sıcaklık değerlerinin her iki sistemdeki su yalıtımının dayanıklılığına olan etkisi tartışılacaktır.

Meteorolojik veriler (dış hava sıcaklığı, bağıl nem, basınç, rüzgar hızı, rüzgar yönü, düşey yağmur miktarı) ve toprak altı bağıl nem oranı değerleri, yukarıda tanımlanan bazı veri analizlerinin yanı sıra projenin bir diğer alt amacına girdi sağlaması için ölçülmektedir.

Sonuç

İklim değişimine uyum önlemi olarak geliştirilen bitkilendirilmiş çatı sisteminin ülkemizde uygulaması sınırlıdır. Bu durumun başlıca nedeni, sistemin yerel şartlar etkisi altında gösterdiği performansın bilinmemesidir. Bu nedenle İ.T.Ü.'de yürütülen bir araştırma projesi kapsamında İstanbul gerçek hizmet şartlarında mevcut bir çatı sisteminin bitkilendirilmiş çatı sistemi ile iyileştirilmesi sonucunda oluşan sistem ile mevcut çatı sisteminin (referans çatı sisteminin) performanslarını alanda ölçüm yöntemiyle deneysel olarak ortaya koyacak ve söz konusu performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirecek deneysel bir çalışma yürütülmektedir. Deney sonuçlarının yerel şartlar etkisi altında mevcut bir çatı sistemi ile mevcut çatı sisteminin bitkilendirilmiş çatı sistemiyle iyileştirilmesi sonucu gösterdiği performansı ortaya koyması ve mimar, malzeme-sistem üreticilerine bilimsel bilgi sağlaması hedeflenmektedir.

Teşekkür

İ.T.Ü.'de yürütülen araştırma projesi, TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu, İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi-BİMTAŞ tarafından desteklenmektedir. İTÜBÇS'nde yer alan bitki toprağı ile bitki tiplerinin seçimi Y. Doç. Dr. Necmi Aksoy danışmanlığında yürütülmüştür. Yazarlar yukarıda adı geçen kurumlar ve kişiye projeye sağladıkları nakdi, ayni ve bilimsel bilgi destekleri için teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Karaca M, Antepioğlu Ü, Karsan H., 1995. Detection of Urban Heat Island in İstanbul. Il Nuovo Cimento, Vol. 18, No. 1; pp.49-55.
- [2] Karaca M, Tayanç M, 1998. Urbanization Effects on the Regional Climate Change in Turkey. Proceedings of Second European Climate Conference. Vienna, Australia.
- [3] First National Communication on Climate Change, 2007. The Ministry of Environment and Forestry. www.cevreorman.gov.tr, (15 Mart 2007 tarihinde erişildi).

- [4] Bass B, Krayenhoff EF, Martilli A, Stull RB, Auld H, 2002. Modelling the impact of green roof infrastructure on the urban heat island in Toronto. Green roofs Infrastructure Monitor Vol. 4, No.1.
- [5] Eumorfopoulou E, Aravantinos A, 1998. The Contribution of a Planted Roof to the Thermal Protection of Buildings in Greece. Energy and Buildings, Vol. 27, pp.29-36.
- [6] Liu K, 2003. Engineering Performance of Rooftop Gardens Through Field Evaluation, Proceedings of the 18th International Convention of the Roof Consultants Institute: 13-16 March, 2003, Tampa, FL, pp.93-103.
- [7] Liu K, Baskaran B, 2003. Thermal Performance of Green Roofs Through Field Evaluation. In Proc. Greening Rooftops for Sustainable Communities: Chicago 2003: May29-30, 2003; Chicago, Illinois.
- [8] Baştañođlu A, Çolakođlu K, Selçuk CT, Bonfil J, 2006. Eđimli Çatılarda Nihai Çatı Kaplama Malzemeleri 2005 Yılı Sektör Büyüklüğü Araştırması. 3. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Dođa Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, s. 39-44.