

Araştırma Makalesi

Konut Ölçeğinde Gri Su ve Yeşil Çatı Sistemlerinin Ekonomik Etkileri

¹Emrah YALÇINALP*, ²Aslıhan ÖZTÜRK, ²Deniz BAYRAK

¹KTÜ Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon

²KTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Trabzon

*Sorumlu Yazar: yalcinalp@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi: 11.08.2017

Düzeltilme Geliş Tarihi: 30.12.2017

Kabul Tarihi: 31.12.2017

Özet

Bu araştırma, konutlardaki su tüketim oranlarını göz önüne alarak, gri su ve yeşil çatı sistemlerinin ortak çalışma prensibiyle kullanılması sonucunda bir değerlendirme yapmayı amaçlamaktadır. Bu değerlendirmeyi yapmaya iten en önemli nokta, yeşil çatı gibi kentlerin sürdürülebilirliklerine katkı yapacak nitelikteki bir yaklaşımdan maliyet eksenli kaçışlar olması, buna karşın konutlarda artan su tüketimiyle birlikte artan gri su oluşumunun kurulacak sistemlerle enerji ve para tasarrufuna dönüştürülebilecek olmasıdır. Çalışmanın amacı doğrultusunda; söz konusu sistemleri uygulayan firmalarla iletişime geçilip, örnek bir konut projesi üzerinden imalat maliyetinin ilişkin bazı sorular sorulmuştur. Alınan cevaplar ve daha önceki araştırmalar sonucunda elde edilen veriler tablolar haline getirilerek değerlendirilmiştir. Bu veriler doğrultusunda konutlardaki gri su tesisatı kurularak yapılan su tasarrufuna ilişkin yatırım-kâr hesabı yapılmıştır. Hesap sonucunda kurulum maliyetinin ne kadar sürede karşılandığı ve toplam yıllık tasarruf yüzdesine ulaşılmış, böylece gri su kullanımının israf edilen ciddi bir su kütlesinin kullanılmasının yanında, ciddi bir maliyet düşürücü etkisi olduğu da tespit edilmiştir. Gri su ve yeşil çatı sistemlerinin birlikteliğini irdelemek ve bunu maliyet hesabı ile desteklemek üzere yapılan çalışma sonucunda konutların sahip olabilecekleri sertifika sistemleri de irdelenmiştir. Bu çalışmayla birlikte konuyla ilgili mevcut farkındalık artırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu sistemlerin ortak fayda mantığıyla çalıştırılmasının daha kısa sürelerde enerji ve ekonomik katkı sağlayacak hale gelebileceği vurgulanmıştır. İnşaat sektörünün yaklaşık %60'ını oluşturan konut sektöründe, sahip olabilecekleri sertifikalar ile teşvik edilerek yeşil çatı-gri su sistemleri özelinde sistemleri kullanışlı hale getirmeye yönelik bir destek oluşturmakta nihai hedeflerden olmuştur.

Anahtar kelimeler: Konut, gri su, yeşil çatı, su tasarrufu, sertifika sistemleri

Economical Effects of Green Roof and Grey Water Systems in Housing Scale

Abstract

This study aims to analyze the accuracy of grey water and green roof systems use at the same time by evaluating water consumption for houses. The most important reason for this is the fact that people are likely to avoid green roof systems, which make a great contribution to urban sustainability, due to cost of it while the amount of grey water created by houses has been getting increased depending on the average water consumption. In this study, the average cost of these two sustainable systems was calculated for a randomly selected apartment in Trabzon city. To do this, some questions on the cost of green roof and grey water systems were asked to some companies that have been in private sector for a long time and the answers from them in addition to the data we collected from different resources were analyzed so that we could calculate how long it takes to redeem itself. Apart from these, certification systems regarding sustainability that buildings can get when they have both of grey water systems and green roofs were evaluated. As a result, the fact that it would be quite logical when they are used together was clear. One of the other final targets that we want to get to is to create a support for housing industry, which covers 60% of all the construction industries in Turkey, to have grey water and green roof systems together.

Key words: House, Grey water, green roof, saving water, certificate systems

Giriş

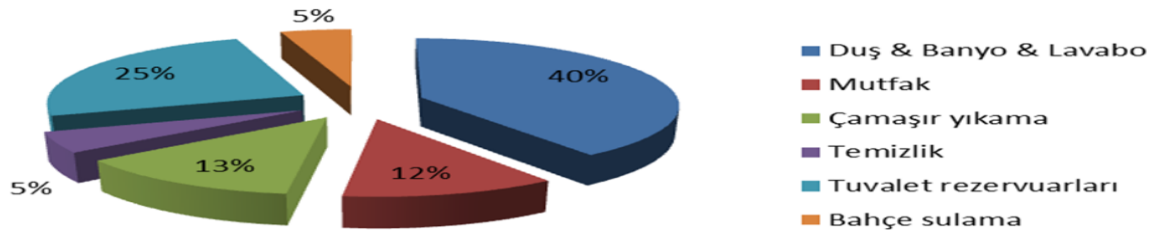
Teknolojinin gelişmesiyle birlikte insanların hayatlarında ciddi farklılıklar oluşmaya başlamış, bu farklılıklar onları doğadan ve yeşilden uzaklaşmaya itmiştir. Bu uzaklığın ciddi bir sorun oluşturduğunun fark edilmesiyle, “*ekolojik mimarlık, sürdürülebilir bina tasarımı, yeşil bina*” gibi kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu kavramlar sadece insanın doğaya yaklaşmasını değil, onun olanaklarından faydalanmasını ve ortak yaşamasını içermektedir.

Sürdürülebilir konut tasarımında kullanılabilir birçok aktif ve pasif sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin içinde bu çalışmada dikkat çekmek istenilen nokta konutlarda uygulanan gri su sistemlerinin ve yeşil çatı sistemlerinin birlikteliğini irdelemek ve bunu maliyet hesabı ile desteklemektir. Bunun sonucunda da kullanılan sistemlere ve enerji-para tasarrufuna göre konutların sahip olabilecekleri sertifika sistemlerine değinilmiştir.

Çalışmanın kapsamı doğrultusunda konut ve su ilişkisi anlatılarak araştırılan sistemlerin konutta kullanım alanları, avantajları, dezavantajları ve maliyetleri değerlendirilmiştir.

Konut ve Su

Konutlardaki su tüketim oranları



Şekil 1. Konutlarda su tüketim oranları (Anonim, Gri Su Arıtma Sistemleri, META Mühendislik Arıtma Sanayi Tic. Ltd. Şti., İstanbul)

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) 4 kişilik bir ailenin günlük su tüketim miktarını ortalama 480 litre olarak hesaplamıştır. Kırsal kesimlerde su tüketimi ise miktarları kişi başı neredeyse 8 kat (55-60lt.) daha düşük bir seviyededir (URL-1).

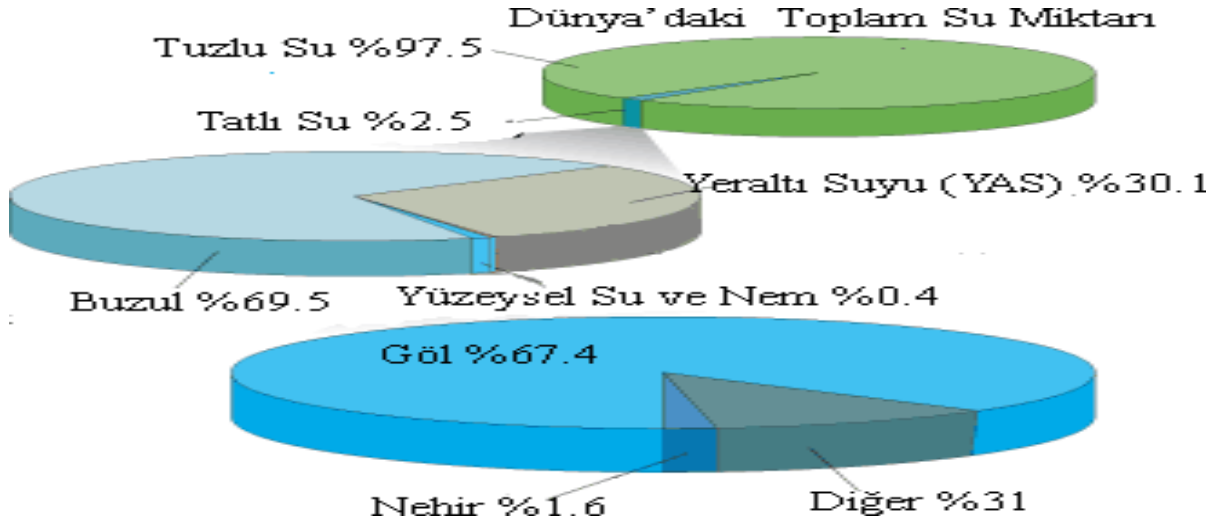
Konutlardaki su tüketimini azaltma nedenleri

Son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan, yağmur suyunun toplanılarak kullanılması tekniği ile

Konutlarda kullanılan su miktarı bütünüyle tüketici alışkanlıkları ve yaşanan ortama bağlı olarak fark gösterir. Bununla birlikte, genel anlamda şehirlerdeki su tüketim oranının kırsal kesimlerdeki su tüketim oranlarından çok daha fazla olduğu söylenebilir. Benzer biçimde villa tipi yapılaşmalardaki su tüketim oranı ile apartman dairesindeki oranlar da farklılık göstermektedir. Yaşanılan ülke başta olmak üzere, birçok coğrafi etmen de su tüketimini değiştirmektedir. Avrupa ortalamasına bakıldığında konutlarda ihtiyaç duyulan su miktarı ortalama 129L/(Kişi x Gün)'dür (Karahan, 2009).

Gri su, genel anlamda konutlarda tuvalet suyu dışında üretilen atık suların tümü olarak tanımlanır (Christova-Boala ve ark., 1996). Evlerde kullanılan suyun %40'ı kişisel temizlik için duş, banyo ve lavabolarda; %13'ü çamaşır yıkanmasında, %25'i tuvalet rezervuarlarında, %5'i temizlikte, %5'i bahçe sulamasında ve %12'si mutfak kullanımlarında harcanmaktadır (Şekil 1). Gri su arıtılarak bahçe sulama, tuvalet rezervuarları, temizlik gibi kısımlarda kullanılacağından, tüketilen suyun yaklaşık %50'sinin gri su sisteminden sağlanabileceği öngörülmektedir (Karahan, 2009).

binalarda kullanılan su tüketimi oldukça azaltılmıştır (Şahin ve Manioğlu, 2011). Bu azalma eğilimi oldukça önemlidir. Çünkü $\frac{3}{4}$ 'ü sudan oluştuğu için su sorunu olmadığı algısı oluşan dünya aslında kullanılabilir su oranı çok düşük olan bir gezegendir. Dünya'da kullanılabilir tatlı su oranı sadece %2,5 iken bu oranın da %69,5'i doğada buzul halinde bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Yeryüzünde su kaynakları dağılımı (Şahin ve Manioğlu, 2011)

Evsel su tüketimi, evlerde, otellerde, lokantalarda ve çamaşırhanelerde içme suyu, besin hazırlama suyu, temizlik, çim ve bahçe sulama ve hizmet üretimi amaçlı olarak binalarda kullanılan su miktarıdır. Binalarda evsel nitelikli atık sular insanların yaşamsal faaliyetlerindeki gereksinim ve kullanımları sonucu oluşmaktadır. Bu gereksinimi etkileyen faktörler ise farklı toplumlarda değişkenlik göstermekte olup çevresel faktörler, su ile ilgili faktörler, toplumsal, teknolojik ve fonksiyonel faktörler olarak sıralanabilir. Sahip olunan temiz su kaynakları ve bu kaynaklara erişebilmenin yanı sıra, su gereksinimini etkileyen faktörlerin farklı olması gibi sebepler, evsel su tüketiminin farklı bölgelerde değişkenlik göstermesine sebebiyet verir (Şahin ve Manioğlu, 2011).

Her ne kadar tüketilen su miktarları birçok kritere göre değişse de, değişmeyecek olan gerçek şudur; konutlarda tüketilen suyun miktarı azımsanamayacak kadar önemlidir. Bu nedenle birçok resmi kurum, gönüllü kuruluş, sivil toplum örgütleri ve devletler, uluslararası platformda konutlardaki su tüketiminin azaltılmasına yönelik ciddi çabalar göstermekte, bilim dünyası bu konuya büyük bir iş gücü ayırmaktadır.

Konutlarda su tasarrufu sağlama yöntemleri

Yer altı suları içme suyu için öncelikli kaynaklardandır ve her doğal kaynak gibi o da sınırsız ve sonsuz değildir. Bu nedenle su tüketim oranını düşürüp suyu korumak gerekmektedir. Su tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak tuvalet rezervuarları, bahçe sulama, çamaşır yıkama ve diğer temizlik işlerinde içme suyunun kullanılmaması için önlemler alınmalıdır (Karahana, 2009).

Şahin (2010); binalarda su korunumu için alınabilecek önlemleri; yenilikçi teknolojilere sahip sağlık gereçleri ve akış organları ile su tüketiminin

azaltılması, binalardaki su tesisatlarındaki kayıp ve kaçakların giderilmesi, yağmur suyu gibi alternatif kaynakların kullanılması, evsel nitelikli atık suların arıtılarak tekrar kullanılması, su sıkıntısının yoğun olarak yaşandığı bölgelerde deniz suyundan tatlı su elde edilerek kullanılması şeklinde sıralamıştır. Son dönemlerde kullanımı giderek daha da yaygınlaşan yeni teknolojilere sahip duş başlıklarındaki perlatörler ile %60 oranında su tasarrufu sağlanmaktadır. Dakikadaki su akışını yarı yarıya azaltan sensörlü musluklar ve çift akışlı tuvaletlerle ise yine %60'lara varan su tasarrufu sağlanmaktadır. Vakum ve kompozit tuvaletler ile yine büyük oranda su tasarrufu sağlanırken, susuz pisuarlar ile su tüketimi sıfıra indirilmektedir.

Bu konudaki başka bir araştırmaya göre su tasarrufu sağlamanın yolları üç grup içerisinde değerlendirilir. Birincisi; musluk suyunun yerine yağmur suyu ve arıtılmış su gibi suların kullanımının sağlanması, ikincisi; evsel atık suyun yeniden arıtılması ile su kullanımı, üçüncüsü ve en önemlisi ise su tasarrufu sağlayan teknolojik ürünlerin kullanılmasıdır (Wach, 2006).

Su tüketicilerinin kullandıkları suyu azaltarak tasarruf yapmayı sağlayacak çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan bir diğeri de su kullanım alışkanlıklarının değiştirilmesidir. Diş fırçalarken ve traş olurken musluğun açık bırakılmaması, damlayan muslukların tamir edilmesi, duş süresinin azaltılması, sebzelerin musluk altında değil de su dolu bir kapta yıkanması gibi alınabilecek önlemlerle azımsanamayacak miktarlarda su tasarrufu sağlanabilir (Deniz, 2012).

Sürdürülebilirlik Kapsamında Gri Su ve Yeşil Çatılar Gri suyun önemi

Gri su, tüm dünyada önemi gittikçe daha da artan bir kavramdır. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Avustralya gri su kullanımı konusunda en

hassas davranan üç ülkeyi ifade ederken (Mustow ve ark., 1997), bu hassasiyet dünyanın diğer coğrafyalarında da, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere, hızla artmaktadır. Önemli olan bir diğer unsur da, her ülkenin gri su ile ilgilenmeye başlamasının farklı nedenlerinin olabilmesidir. Söz gelimi Japonya gri su kullanımı konusunu daha çok nüfusun fazla olmasına karşın alan azlığı nedeniyle gündemine alırken, ABD, Avustralya, Suudi Arabistan ve Ürdün gibi ülkeler daha çok kurak şartlar nedeniyle bunu tercih etmektedir (Al-Jayyousi, 2003).

Gri suyu bu kadar önemli yapan en önemli etkenlerden biri de şüphesiz, gri su üretimine neden olacak çok fazla şeyin hayatımızda yer bulmuş olmasıdır. Başlıca gri su kaynakları; çamaşır makineleri, çamaşırhaneler, duşlar, bulaşık makineleri, lavabolar vb. olabilir. Gri sular tuvaletlerden gelen suları içermediği için kolaylıkla arıtılıp yeniden kullanılabilme potansiyeline sahiptirler. Arıtılmış suyun kullanım alanları da oldukça fazladır. Bahçelerde, araba yıkamada, çamaşırhanelerde ya da tuvaletlerin sifonlarında arıtılmış gri su kullanılması aslında uzunca zamandır dünyanın birçok bölgesinde var olan uygulamalardır. Bu uygulamalarla, temiz suların kullanılması yerine, arıtılmış gri sular kullanılmış olur. Arıtılmış gri suların kullanımı ile yüksek kalitedeki temiz su kaynaklarının korunması için önemli bir katkı da sağlamış olur. Bu katkı, bu uygulamaların yaygınlaşmasına bağlı olarak çok büyük kümülatif bir potansiyeli de beraberinde getirmektedir.

Gri suyun kullanım yöntemleri ve bakımı

Gri su büyük bir potansiyeli ve sürdürülebilirlik konusunda çok önemli bir konuyu ifade etse de, birçok mikroorganizma için habitat oluşturduğu gerçeği de gözden kaçırılmamalıdır. Bu nedenle çok geniş bir kullanım alanına sahip olmasına karşın, bunun yapılması sırasında mutlak suretle dikkat edilmesi gereken önemli noktalar söz konusudur. Gri su herhangi bir işleme maruz kalmadan kullanılacaksa bir takım riskler ortaya çıkabilecektir. Gri suyun biriktirilmesi, alınması, taşınması gibi durumlar da bazı mikro organizmaların üremesinden sorumlu olabilir (Winward ve ark., 2007). Tüm bu risklerin en önemlisi ise özellikle tuvaletten sağlanacak lavabo suyuna bağlı gri suyun bulundurduğu risktir. Çünkü tuvaletlerde sifonun kullanılmasıyla havaya yayılabilen aerosol formundaki mikro organizmaların varlığı söz konusudur (Christova-Boal ve ark.,1996; Feachem ve ark.,1983).

Gri suların kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar, San Francisco Toplum Yararı Komisyonu (San Francisco Public Utilities Commission, 2012) tarafından şöyle ifade edilmiştir:

- Gri suyun 24 saatten fazla bekletilmesi içinde kötü kokular ve bakteriler oluşmasına sebep olur.

- Gri su ile temas en aza indirilmelidir. İçerisinde patojen içerebileceğinden su döngüsü sırasında insanların ve hayvanların erişemeyeceği şekilde tasarlanmalıdır.

- Gri suyun zeminle buluşmasında sızıntı ya da kaçak olma durumlarına dikkat edilmez.

- Gri su havuzları sivrisinekler için elverişli bir ortamdır. İnsan teması düşünülerek dikkatli kurulmalıdır.

Tüm bunların yanında gri su kullanımının tartışmasız bir biçimde fayda sağlayacağı birçok konu vardır ki bunlar; içme suyunun gereksiz kullanımını azaltmak, bunun doğal bir sonucu olarak ekonomik destek, su faturalarında azalma görülür, kullanılan suda çeşitlilik ve atık suların arıtılmasına yönelik enerji ihtiyacı ile kimyasalların azaltılması olarak sayılabilir.

Yeşil çatı sistemleri

Kentlerde doğal kaynaklara yönelik baskının en önemli sebeplerinden biri de, yatay zeminlerin ciddi bir rant oluşturmasıdır. Bunun istenmeyen ama kaçınılmaz olarak karşımıza çıkardığı durumlardan biri de kentlerde bulunan nitelikli yeşil alanların bu rant karşısında ekonomik olarak güçsüz kalması ve daha sağlıksız bir kent yapısının tüm dünya genelinde yaygın hale gelmesidir. Kentlerde bozulmuş doğal yapıya destek sağlayarak bir nebze de olsa düzelme sağlamanın en pratik yollarından birisi de yeşil çatı ve yeşil duvarlar gibi ranta karşı daha korunaklı alanlarda yapılmış bitkilendirme çalışmalarıdır.

Yeşil çatı sistemlerinin tarihi Babil'in Asma Bahçelerine kadar dayandırılıyorsa da, daha yakın tarihlerde özellikle Avrupa'da geleneksel yöntemlerle oluşturulmuş yeşil çatılar bugünkü endüstriyel yeşil çatıların ataları sayılabilir. Başta *Sedum* cinsi gibi birçok cinsin ve yosunların çatı vejetasyonlarında sıklıkla yer bulması da bu yönde bir eğilim oluşmasına ciddi katkılar sağlamıştır.

Temelde 2 tip yeşil çatıdan söz etmek mümkündür. Daha az maliyet gerektiren ve mantığı yapı üzerinde yeşil bir doku oluşturmak olan, sıklıkla otsu bitkilerden oluşmuş, 20-30 cm arası toprak derinliği bulunan yeşil çatıların yanında; toprak derinliğinin birkaç metreye kadar varabildiği ve üzerinde ağaç ve ağaççıkların da bulunduğu yeşil çatıları görmek de mümkündür. Her ne kadar bu tip yeşil çatılar çok daha fazla maliyet ve mühendislik hizmeti gerektirdiği için az tercih ediliyorsa da, özellikle gelişmiş ülkelerde örneklerini sıkça görmek mümkündür.

Yeşil çatıların kentler için alternatif yeşil doku oluşturmalarının yanında (Mitsch, 2012), kent ekosisteminde yağış sularının düzenlenmesi (Mechelen ve ark., 2014), erozyonu önleme ve ısı izolasyonu sağlama (Maneewan ve ark., 2005), yaban hayatına destek olma, kentlerde oluşan ısı adası etkisini azaltma ve hava kalitesini yükseltme gibi fonksiyonları da vardır (Getter ve Rowe, 2006). Bunların yanında, yetersiz hale gelen alt yapılarından ötürü birçok kent su baskınlarıyla boğuşmak zorunda kalmakta olup, bu duruma karşı en etkili yöntemlerden birisi de çatılarda yeşil doku oluşturmaktır (URL-2).

Yeşil çatı uygulamalarının ekonomik ve çevresel faydalarının fazla oluşu onu kullanışlı hale getirmektedir. Bu faydalar; binaların kullanılabilir alanlarını arttırır, atıl olarak duran çatıları ekonomiye kazandırır, yalıtım özellikleri binaları yazın serin, kışın sıcak tutarak ısıtma ve soğutma giderlerini minimuma indirir. Bu uygulamalar bina sahibinin çevreye olan duyarlılığının bir göstergesi olarak dikkat çekmektedir (URL-3).

Yeşil çatı sistemleri diğer tüm insan yapımı habitatlarda olduğu gibi iyi bir izleme süreci ve gerekli durumlarda müdahale yapmayı gerektirir. Bakım konusu ikinci plana atılmamalı ve kontrol edilebilir olmalıdır. Uygulamanın ömrünün uzun olması ve sistemin %100 çalışabilir olması bakımın doğru yapılıp yapılmamasına da bağlıdır.

Hiç şüphe yok ki yeşil çatılarla ilgili en önemli çekincelerden birisi de sulama ve buna bağlı giderlerdir. Güneşin kavurucu etkisine maruz kalacak ilk materyal yeşil çatı bileşeni bitkidir ve bu stres altında yaşamını devam ettirmesi gereken bitki türlerinin uygun seçilmesi kadar, seçilen türlerin en yaşamsal ihtiyacı olan sulamanın da mümkün olacak en iyi şekilde gerçekleştirilmesi gereklidir. Normal koşullarda, oldukça elverişli olmasına rağmen kullanılmayan gri suyun, yeşil çatı sulama amacıyla kullanımı nereden bakılırsa bakılsın çok yerinde bir durumu ifade edecektir. Gri su sistemiyle ortak çalışmasını öngördüğümüz yeşil çatı sistemlerinde su ihtiyacının bu şekilde giderilmesi bakım konusunda da yardımcı olacaktır. Konuta ve kullanıcılarına sağladığı ekonomik fayda, araştırmanın ileriki safhalarında daha detaylıca ele alınmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma, Trabzon ilinin merkez Ortahisar ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında öncelikle gri su ve yeşil çatı sistemleri üzerine çalışan firmalarla iletişime geçilmiş ve işbirliği konularında

ön mutabakata varılmıştır. Araştırma alanında rastgele seçilmiş 3 normal katlı bir binanın tüm detaylarına ulaşılarak, işbirliği konusunda mutabık kalınmış firmalardan proje üzerinden ilerleme yöntemiyle bir takım soruları cevaplamaları istenmiştir. Firmalara 4 bodrum, 1 zemin ve 3 normal katlı örnek bir konut projesi gönderilmiştir. Bu projede 4. bodrum kat hariç her katta 2 daire olmak üzere toplam 14 daireden oluşan 2 blok bulunmaktadır (Şekil 3).

Yeşil çatı sistemleri ile ilgili firmalara gönderilen sorular şu şekildedir:

1. Ortalama bir m² verildiğinde, örneğin 200 m² taban alanlı 4-5 katlı bir binada ya da başka bir bina örneğinden yola çıkılarak, yaklaşık kurulum maliyeti nedir?

2. Bina özelliklerine göre belirlenen kurulum maliyetinin, yine o binada kaç senede amorti edilmesi beklenmektedir?

3. Uygulamalarda önemli yer tutan "sulama gideri" yine aynı bina örneğinden hesaplanırsa nasıl bir sonuç ortaya çıkar?

4. Sulama için "gri su" sistemlerinin katkısı nedir? Sayılara ya da yüzdelere döküldüğünde durum nasıl olur?

5. "Yeşil çatı" uygulamalarının binaya, kullanıcılara ve çevreye bilinmeyen getirileri var mıdır? Varsa nelerdir?

Gri su sistemleri ile ilgili firmalara gönderilen sorular ise şu şekildedir:

1. Ortalama 200 m²'lik taban alanına oturan 4 katlı bir binada gri su sisteminin kurulum maliyeti nedir?

2. Bu kurulum maliyetini kaç yılda amorti etmesi beklenmektedir? Örneği varsa sayılar üzerinden gidilebilir mi?

3. Gri su kullanımının olası yeşil çatı uygulamalarına katkısı var mıdır? Varsa sayılara döküldüğünde durum nasıl olur?

Bu sorulara alınan cevaplar doğrultusunda firmalar ve cevaplarına Çizelge 2 ve Çizelge 3'de yer verilmiştir.

Ekonomik getirileri dışında sistemi kullanışlı hale getiren pek çok "az bilinen" özelliklerinin olması da bu araştırmada dikkat çekilmeye çalışılan bir diğer önemli noktadır. Bu noktalar firmalardan alınan cevaplar doğrultusunda Çizelge 3'te detaylı olarak anlatılmıştır.

Daha önce mutabakata varılmış olmasına rağmen, gri su sistemleri konusunda sorulara firmalardan net cevaplar alınamamıştır. Daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi ve piyasa araştırmaları sonucunda gri su maliyetleri konusunda şu bilgiler elde edilmiştir:

Çizelge 1. Örnek proje m² çizelgesi

Bulunduğu Kat	Kat Alanı m ²	Emsal Alan m ²	Bağımsız B. Sayısı
4. Bodrum Kat	286	-	-
3. Bodrum Kat	300	110.5	2
2. Bodrum Kat	300	110.5	2
1. Bodrum Kat	300	-	2
Zemin Kat	300	221	2
1. Kat	300	221	2
2. Kat	300	221	2
3. Kat	300	221	2
TOPLAM	2386	1105	14

Çizelge 2. Yeşil çatı firmalardan gelen cevaplar

	Soru 1					Soru 2			Soru 3	Soru 4		Soru 5*
	0-15B	15B-30B	30B-45B	45B-+	0-7	8-21	22-+		0-3	4-+		
Firma 1	X											
Firma 2			X							X		
Firma 3												
Firma 4			X									
Firma 5						X						

* Soru 5'in cevapları Çizelge 3'te yer almaktadır.

Çizelge 3. Firmalardan gelen Soru 5 cevapları

Soru 5	
Firma 1	<p>*Yağmur suyunu kullanarak yeşil örtüye dönüştürdüğünden fazla drenaj yoğunluğunu azaltır, atık şebeke su yükü hafifler.</p> <p>*Geri dönüşümlü bir malzemedir, uygulanmasında düşük enerji kullanılır ve insan gücü yeterlidir.</p> <p>*Yüksek izolasyon değeri olan ısı radyasyonu yapmayan yapısı ile şehirlerdeki ısı ada oluşumu etkisini azaltır. Bunun sonucu ısıtma –soğutma giderlerini düşürür.</p>
Firma 2	<p>*Isı ve ses yalıtımına yardımcı olur (kendi başlarına kayda değer performansları yoktur, yardımcı niteliğindedir), görsellik kazandırır ve gayrimenkul değerini artırır, yaşam konforu sağlar, drenaj sistemini rahatlatır.</p>
Firma 3	
Firma 4	<p>*Atık su miktarı azalır. Çatıdan atılması gereken su miktarından %90 tasarruf edebilmek mümkündür.</p> <p>*Atmosferde bulunan toz partiküllerinin filtre edilmesine yardımcı olur.</p> <p>*Çevre gürültüsü azalır. Yeşilliklerle kaplanan yüzeylerin yansıtıkları ses miktarı, diğer çatı yüzeylerine göre 3dB daha düşüktür.</p> <p>*Bitkilerin nefes alma özellikleri oksijen miktarının artmasına neden olur.</p> <p>*Yeşil çatı sistemi, kışın dondurucu soğukların yapıya etkimesine engel olur, yazın yapı kabuğunun ısınmasını önler.</p> <p>*Kent yapılarının çoğunlukla estetikten yoksun çatılarına, doğanın güzelliklerini getirmektedir.</p> <p>*Enerji tasarrufu sağlar.</p> <p>*Kentsel sıcak ada etkisini azaltır.</p> <p>*Atmosferi temizler.</p>
Firma 5	<p>*Su tahliye sistemlerini korur ve suyu temizler.</p> <p>*Canlılar için habitat sistemleri yaratır.</p> <p>*Çatı bahçeleri yankılanan sesi 3db'se azaltırken, 8db's'lik de bir ses izolasyonu sağlar.</p> <p>*Çatı kaplama malzemelerinin kullanım ömrünü 3 kat artırır.</p> <p>*Doğal görünüm ve estetik güzellik sağlar.</p> <p>*Binaya değer kazandırır.</p>

Çizelge 4. Gri su maliyet bilgileri

	VERİ-1	VERİ-2	VERİ-3
GRI SU SİSTEMLERİ MALİYET BİLGİLERİ	*Gri Su Arıtma sisteminde toplam tüketim kriteri : 1.5-3 kwh/m³ (Karahan, 2009).	*Yatırım maliyetleri ve amortisman süreleri işletme büyüklüğüne göre farklılık gösterir. Yaklaşık 20 dairelik binalara sistemin kurulması daire başı yaklaşık 600€ iken, bu rakam 500 dairenin üzerindeki sitelerde 200 €'ya kadar düşmektedir (URL-5).	*Gri su tesisatının kendini 4-6 yıl içinde amorti edebilmesi için en az yılda bir kere bakımının yapılması gerekmektedir. (Karahan, 2009).
	*25 m ³ /gün kapasiteli-750 kişilik-yaklaşık 200 dairelik bir sistemde uygulanacak olan membran filtrasyon sistemli bir gri su arıtma sisteminde aylık elektrik faturasının yaklaşık olarak 150 TL civarında olacağı belirlenmiştir (URL-4).	* Gri su geri kazanım sisteminin ilk yatırım maliyetinin düşük olması nedeniyle amortisman sürelerine bakılacak olursa; 1200 dairelik bir projede amortisman süresi 0,79 yıldır. Toplam maliyet daire başına 120 Euro olurken, aynı maliyet bir villa için 6000 Euro civarındadır. (URL-4).	*Gri su sistemlerinde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda enerji ihtiyacı genel olarak 1,5 kWh/m ³ civarında olduğu belirlenmiştir. (URL-6).
	* Büyük işletmelerde modüler gri su cihazı kapasitesi belirlenirken yatak başına kapasite 0,05 m ³ /gün.yatak alınabilir (URL-4). Kişi başı sistem kapasitesi: Q(L/gün)=33.5xkişi sayısı (URL-4).	*Yapılan çalışmalar ve uygulamalar sonucunda gri su arıtma sistemlerinin amortisman sürelerinin 4 ile 6 sene arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Geri ödeme süresini kısaltmanın en uygun yolu sistem kapasitesini ihtiyaç olan tüketilecek arıtılmış gri suya göre hesaplamaktır (URL-4).	*Günümüzde kullanılan suyun yaklaşık %50'si bahçe sulama tuvalet rezervuarları ve temizlik gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Gri su artırılarak bu amaçlar doğrultusunda rahatlıkla kullanılabilirliğinden günümüzde tüketilen suyun yaklaşık %50'sinin gri su sistemlerinden sağlanabileceği öngörülebilmektedir (Karahan,

Bulgular ve Tartışma

Elde edilen maliyet bilgileri sonucunda daha önce yapılan "Konutlarda Gri Su Tesisatı Kurularak Yapılan Su Tasarrufu Yatırım-Kâr Hesabı" başlıklı çalışmadan yararlanılarak (Şekil 4) ortalama değerler elde edilmiştir (URL-7).

- Konutlarda bahçeli daire başına aylık su tüketimi normal 25 m³-bahçeli-günlük normal daire için 450 L, sulama için 400 L alınmıştır. Bunun %60'ı konut, %40'ı sulama için kullanılabilir.
- Yüklenici firmalar tarafından yapılacak gri su tesisatı kurulumu için daire başına 1500-2000 TL alınmaktadır.

Şekil 4'teki çalışmada dairelerin toplam yıllık su harcaması: 25 m³ x 14 daire x 12 ay= 4200 m³

Trabzon Belediyesi İçme Suyu ve Kanalizasyon İdaresi'ne göre birim su fiyatı: 2.28 TL

Dairelerin toplam yıllık su harcaması maliyeti: 4200 m³ x 2.28 TL= 9576 TL

Klozetlere gri su hattı bağlanması suretiyle yapılan su tasarrufu (*konutlarda tüketilen suyun %26'sı klozetlerde, Karahan, 2009*): 9576 TL x 0.26 = 2490 TL

Bahçe sulama sistemine gri su hattı bağlanması suretiyle yapılan su tasarrufu (*konutlarda tüketilen*

suğun %40'ı bahçe sulama sisteminde, Karahan, 2009): 9576 TL x 0.40 = 3830 TL

Yatırım bedeli-gri su tesisatı kurulması: 14 daire x 2000 TL= 28000 TL

Yıllık toplam tasarruf: 2490 TL+3830 TL= 6320 TL

Yatırımın geri ödeme süresi: 28000 TL / 6320 TL= 4.4 yıl

Toplam tasarruf: (6320 TL / 9576 TL) x 100= %66

Yeşil çatı sistemleriyle ilgili elde edilen veriler sonucunda ise yeşil çatı sisteminin 272 m²'lik (320 m² taban alanı-makine dairesi) çatı tabanı üzerine uygulanması ile oluşan maliyet (sulama gideri ve işçilik dâhil): 272 m² x 160 TL/m² = 43.520 TL olarak belirlenmiştir. Yeşil çatı uygulamasının yapıldığı bina örneğine gri su sisteminin uygulanıp ortak çalıştırılmasıyla şüphesiz ki enerji ve para tasarrufu artacak, amortisman süresi azalacaktır.

Yukarıdaki hesapta bahçe sulama sistemine gri su hattı bağlanması suretiyle yapılan su tasarrufu *yeşil çatı sisteminin sulama gideri* olarak düşünülmüştür.

Yatırım bedeli-gri su tesisatı kurulması: 28000 TL

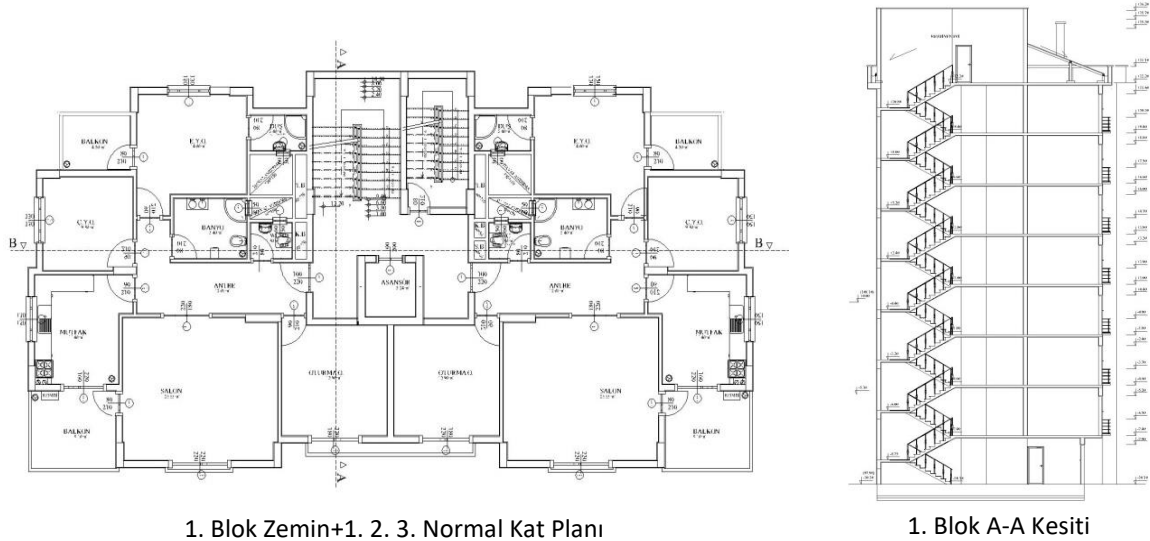
Yatırım bedeli-yeşil çatı sisteminin kurulması: 43520 TL

Toplam: 28000 TL + 43520 TL = 71520 TL ilk kurulum maliyeti

Bu doğrultuda hesaplamaya devam edilirse:

Yıllık toplam tasarruf: 2490 TL + 3830 TL= 6320 TL

Yatırımın geri ödeme süresi: 71.520 TL / 6320 TL= 11,2 yıl olarak değiştiği görülmektedir.



1. Blok Zemin+1. 2. 3. Normal Kat Planı

1. Blok A-A Kesiti

Şekil 3. Örnek proje plan ve kesiti.

Konutlarda Gri Su Tesisatı Kurularak Yapılan Su Tasarrufu Yatırım-Kâr Hesabı

Bahçeli Konut	Daire Sayısı (Ad)	Dairelerin Toplam Yıllık Su Harcaması (m ³)	İSKİ Birim Su Fiyatı (TL)	Dairelerin Toplam Yıllık Su Harcaması Maliyeti (TL)	Klozetlere Gri Su Hattı Bağlanma Suretiyle Yapılan Su Tasarrufu (TL)	Bahçe Sulama Sistemine Gri Su Hattı Bağlanma Suretiyle Yapılan Su Tasarrufu (TL)	Yatırım Bedeli Gri su tesisatı Kurulumu (TL)	Yıllık Toplam 1+2 Tasarruf (TL)	Yatırımın Geri Ödeme Süresi (Yıl)	Toplam Tasarruf/ Yıllık Su Harcaması Maliyeti (%)
Su Tasarrufu	14	4200	2,28	9576	2490	3830	28000	6320	4,4	66

Şekil 4. Gri su tesisatı maliyet hesabı (URL-7)

Yapılan çalışmalar sonucunda gri su kullanımını teşvik edici sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle daire sayısı fazla olan konutlarda ve büyük çaplı sistemlerde ilk yatırım maliyetlerinin azalması ve amortisman sürelerinin düşmesi sistemi daha da avantajlı hale getirmektedir. Yaklaşık olarak 20 daire barındıran binalarda sistemin kurulmasında daire başı 600 € maliyetten söz edilirken daire sayısının 500'e kadar çıkması bu maliyeti 200 €'ya kadar düşürebilmektedir.

Yeşil çatı uygulamalarında kullanılacak yeşil çatı tipleri, eğimleri, alt konstrüksiyonları, üzerinde yetiştirilecek bitki ve ağaç türlerine göre amortisman süreleri 8 ile 21 yıl arasında değişebilmektedir. Nitekim örnek olarak ele aldığımız sistemde yaklaşık 11 yılda kendisini amorti ettiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular göstermektedir ki yeşil çatı ve hatta bu araştırma dâhilinde ele alınmamış olsa da, açıkça belli ki yeşil duvar uygulamalarının gri su sistemleri ile beraber kullanılması pek çok yönden avantajlı hale gelmektedir. Burada vurgulanmak istenen ekonomik boyut dışında bu uygulamaların beraberinde getirdiği bir başka nokta daha vardır ki, bu da farklı ülkelerde farklı koşullara göre doğan sertifika sistemleridir.

Bina yapım sürecinin çevreye ve insana etkisinin ortaya koyulması için 1990 yılında İngiltere'de ilk sertifika sistemi olan BREEAM yayınlanmıştır. Bu sistem sayesinde çeşitli ülkeler kendi iklim ve doğa koşullarına göre kendi standartlarını belirleyip yeni sertifika sistemleri oluşturmuşlardır. İngiltere koşulları düşünülerek geliştirilen bu sistemin diğer ülkeler tarafından farklı

versiyonları da (BREEAM International, BREEAM Europe, BREEAM Gulf) kullanılmaya başlanmış ve sonuç olarak sistem tüm dünya geneline yayılmıştır (Erlalelitepe ve ark., 2011).

Bir başka sertifika sistemi olan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ise Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC)

tarafından 1998 yılında geliştirilmiştir. Bu sistemin ana amacı ise inşaat sektöründe; binaların tasarımında, yapımı sırasında uygulanan yöntemde ve malzemede sürdürülebilirlik ve doğaya en az zarar veren bina standartlarını belirlemek ve kontrol etmektir. (Erlalelitepe ve ark., 2011).

Çizelge 5. Sertifika sistemlerinin ölçütleri*

BREEAM Ölçütleri	LEED Ölçütleri
Enerji/CO ₂ Hedeflenen salım oranı	Tasarım süreci ve yaratıcılık
Su Günde kişi başına düşen içilebilir su tüketimi	Lokasyon
Malzeme Malzemenin çevresel etkisi	Sürdürülebilir alanlar Suyun verimli kullanılması
Yüzey suyu	Enerji ve atmosfer
Atık Arazi atığı Yapı atığı	Malzeme ve kaynaklar İç mekân hava kalitesi Eğitim ve farkındalık

*Ölçütler Erlalelitepe ve ark (2011) "Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Konut Tasarımının Önemi" başlıklı yazısından alınarak tablolaştırılmıştır.

Ülkemizde ise enerjinin verimli kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin azaltılması, çevre korunması ve enerji kaynaklarının artırılması için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2 Mayıs 2007 tarihinde Enerji Verimliliği Yasası ve sonrasında Bayındırlık Bakanlığı tarafından 5 Aralık 2008 tarihli Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği yayımlanmıştır. Artık Konut tasarım ve uygulamalarında bu yönetmelikte yer alan ölçütler dikkate alınmaktadır. Örneğin BREEAM, Enerji ve CO₂ kategorisinde, 0 karbon salınımı olan konutlar 6 yıldız alırken, yakıt ve enerjinin %10'undan tasarruf eden konutlar 1, % 18'inden tasarruf edenler 2, %25'inden tasarruf edenler 3, %44'ünden tasarruf edenler ise 4 yıldız almaktadır. Enerjiden % 100 tasarruf eden konutlar ise 5 yıldız olarak en iyi düzeye erişmektedir. Yönetmelik kapsamında, CO₂ salım miktarına göre binalar, A 'dan G' ye kadar bir referans aralığında, kullanım alanı başına düşen yıllık enerji tüketimine göre A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırılır. Her ne kadar BREEAM sertifika sistemi, malzemenin çevreye olan etkisini kategori olarak ele alsada; yönetmelik, enerji tüketimini hesaplamak için sadece malzemenin ısı iletimi özelliğini kullanmaktadır (Erlalelitepe ve ark., 2011).

Tüm bu ölçütler değerlendirildiğinde bu çalışmada vurgulanan sistemlerinin enerji ve para tasarrufu konusundaki önemini açıkça göstermektedir. Yaşanılan konutlar üzerinden yapılan irdelenmede, sisteme ve onun tasarruf miktarına göre değer alan binalar derecesine göre ödüllendirilmektedir. Hem ticari firmalar, hem de konut sektöründe boy gösteren kurumsal yapılar,

bu sertifika sistemlerinin marka değerlerinden faydalanarak pazarlamaya yönelik hamleler yapmakta, böylece ekolojik parametreler açısından daha sürdürülebilir şartlar oluşurken firmalar açısından da bir "kazan – kazan" durumu oluşmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmayla birlikte öncelikle konuyla ilgili mevcut farkındalık artırılmaya çalışılmıştır. Bu sistemlerin ortak fayda mantığıyla çalıştırılması ile daha kısa sürelerde ekolojik ve ekonomik katkı sağlayacak hale gelebileceği vurgulanmaya çalışılmıştır. Türkiye'deki malzeme ve teknoloji konusundaki yetersizlikler ile ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasının "yeşil bina" tasarlama isteğine ve gerekliliğine engel olmaması gerektiği, ekonomik gerekçeleri vurgulanmış, böylece bir ortak akıl ve sinerji oluşturulmasına katkı sağlamak hedeflenmiştir. Araştırmanın temel amacı; piyasanın yaklaşık %60'ını oluşturan konut sektöründe, sahip olunabilecek sertifikalar ile teşvik sağlayarak yeşil çatı-gri su sistemlerinin kullanışlı hale getirilmesidir. Zaman içerisinde "yeşil bina" örneklerinin artmasıyla para ve enerji tasarrufu konusunda dünya çapında önemli bir yer elde edilmesine katkı sağlamak öncelikli hedeflerimizdendir.

Türkiye, hızlı büyüme potansiyeline sahip, enerji açığını kapatması gereken önemli bir ülkedir. Enerji tüketiminde tasarruf sağlayacak her hamle, ülke geleceği açısından hayati öneme sahiptir. Bunların yanında, ekolojik olmayan hiçbir şeyin uzun vadede ekonomik olamayacağı gerçeğinden

hareketle, daha yaşanabilir kentlerin oluşturulması için önemli hamlelerin yapılması da gerekmektedir. Sağlıklı kentlerde büyüyecek nesillerin daha üretken olacakları da yapılmış birçok bilimsel çalışmada vurgulanmıştır. Tüm bunlardan hareketle; ekolojik, sosyolojik ve ekonomik olarak sürdürülebilir ve faydalı olduğu açık olan gri su sistemleri-yeşil çatılar kombinasyonunun birlikte kullanılmaması için geçerli bir sebep görülmemektedir. Her açıdan faydalı olduğu ortada olan bu kombinasyonun kullanımı için yazılı ve görsel medyada teşvik edici yayınlara yer verilmeli, devlet teşviki sağlanmalı, konu ile ilgili bilimsel çalışmalara ağırlık verilmeli; bununla birlikte eğitimde ekolojik hassasiyetler oluşturacak yaklaşımlarla, yeni oluşacak nesillerin bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır. Üzücü olsa ve etik boyutu tartışılmaya açık olsa da, “değer” denen şeyin öncelikle para birimleri üzerinden ifade edildiği günümüzde, ekolojik yaklaşımların sadece romantik bulunmasının önüne geçmek için, bu araştırmada olduğu gibi, ekolojik yaklaşımların ekonomik katkılarının ortaya konulması da Türkiye ve dünya ölçeğinde ciddi bir katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Al-Jayyousi, O.R. 2003. Greywater Reuse: Towards sustainable water management. *Desalination*, 156(1): 181-192.
- Anonim, Gri Su Arıtma Sistemleri, META Mühendislik Arıtma Sanayi Tic. Ltd. Şti., İstanbul.
- Deniz, V., 2012. Binalarda Su Tasarrufu ve Hijyen, Ed. Doç. Dr. Vedat Deniz, Kare Medya, İstanbul.
- Christova-Boala, D., Edenb, R.E., McFarlane, S.C. 1996. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination* 106: 391-397.
- Erlalitepe İ., Gökçen, G., Kazanasmaz, T. 2011. Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Konut Tasarımının Önemi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H., Mara, D.D. 1983. Sanitation and disease. Health aspects of excreta and wastewater management, The World Bank, pp. 16-21.
- Getter, K.L., Rowe, D.B. 2006. The role of green roofs in sustainable development. *HortScience* 41: 1276-1286.
- Karahan, A. 2009. Gri Suyun Değerlendirilmesi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Maneewan, S., Hirunlabh, J., Khedari, J., Zaghmati, B., Teefasap, S. 2005. Heat gain reduction by means of thermoelectric roof solar collector. *Sol. Energy* 78: 495-503.
- Mechelen, C.V., Dutoit, T., Hermy, M. 2014. Mediterranean open habitat vegetation offers great potential for extensive green roof design. *Landscape and Urban Planning* 121(2014): 81-91.
- Mitsch, W.J. 2012. What is ecological engineering? *Ecol. Eng.* 45: 5-12.
- Mustow, S.R., Smerdon, T., Pinney, C., Wagget, R. 1997. Water conservation-Implications of Using Recycled Greywater and Stored Rainwater in the UK. Final report 13 134/l, “Building Services Research and Information Association for U.K. Drinking Water Inspectorate” tarafından hazırlanmıştır.
- San Francisco Public Utilities Commission, 2012. San Francisco Graywater Design Manual for Outdoor Irrigation, USA.
- Şahin, N.İ., Manioğlu, G. 2011. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Şahin, N.İ. 2010. Binalarda Su Korunumu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- URL-1, https://tr.wikipedia.org/wiki/Gri_su (Erişim Tarihi: 26.04.2016).
- URL-2, <http://tr.onduline.com/tr/urunlerimiz/cati-kaplama/ondugreenr-sistem> (Erişim Tarihi: 26.04.2016).
- URL-3, <http://www.netyapi.com/urunler/yesil-cati-sistemleri/> (Erişim Tarihi: 26.04.2016).
- URL-4, <http://arge7.com/detay.asp?id=2040> (Erişim Tarihi: 21.03.2016).
- URL-5, <http://arge7.com/detay.asp?id=3298> (Erişim Tarihi: 21.03.2016).
- URL-6, <http://arge7.com/detay.asp?id=3297> (Erişim Tarihi: 21.03.2016).
- URL-7, <http://arge7.com/aspsite/galeri/20160321> (Erişim Tarihi: 21.03.2016).
- Wach, F.G. 2006. Water Saving Devices at Households: Saving Tap Water by Simple Appliances and Installations without Losing Sanitary Comfort, Weiter Bildung, University of Hanover.
- Winward G.P, Lisa, M., Avery, Frazer-Williams, R., Pidoua, M., Jeffrey, P., Stephenson, T., Jefferson, B. 2007. A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse, *Ecological Engineering* 32(2008): 187-197.