

## Yeşil Bina Tasarımında Su ve Enerji Yönetimi Üzerine Uygulama Örneği

### Example of Application on Water and Energy Management in Green Building Design

Elif GEÇER<sup>1,a</sup>, İlknur ŞENTÜRK<sup>\*2,b</sup>, Hanife BÜYÜKGÜNGÖR<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 06010, Ankara

<sup>2</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun

• Geliş tarihi / Received: 09.04.2018 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 31.07.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 15.11.2018

#### Öz

Su kaynaklarının hızla tükenmesi, küresel ısınma, şehirlerde giderek artan hava kirliliği ve doğal kaynaklarımızın gün geçtikçe daha da tükenmesi hızla gelişen yapı ve inşaat sektöründe çevre dostu ekolojik binaların tasarlanmasını gündeme getirmiştir. Zaman içinde çevre dostu bina yapımına ilgi giderek artarken, yeşil bina olarak tanımlanan yeni yapılar ortaya çıkmıştır. Yeşil, ekolojik, iklim ve çevre dostu, sıfır karbon salımlı, yüksek performanslı gibi değişik etiketler taşıyan binalar hızla gündemimize girmektedir. Bu çalışmada, Samsun iline bağlı Karabahçe köyünde bulunan bir konutun gayrimenkul sektöründeki çevreci gelişmeler ile birlikte sürdürülebilirlik kavramı temel alınarak yeşil bina kavramına uygun olarak tasarlanması için gerekli adımlar incelenmiştir. Seçilen konut üzerinde yeşil bina gerekliliklerini sağlayacak şekilde incelemeler yapılmış ve konutta yapılması gereken düzenlemeler ortaya konulmuştur. Konutta su yönetimi ön plana çıkarılarak suyun daha verimli kullanılabilmesi ve enerji verimliliği için yapılabilecek uygulamalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Çevre dostu, Sürdürülebilirlik, Yeşil bina

#### Abstract

Rapid consumption of water resources, global warming, increasing air pollution in cities and day-to-day depletion of natural resources necessitate the construction of environment-friendly and ecological buildings in rapidly developing construction sector. While the attention to the construction of environmental-friendly buildings is increasing, the new structures that are named as green-buildings come up. Buildings that are labeled as green, ecological, climate and environment-friendly, zero-carbon emission, high-performance etc. become a main issue in terms of the environment. In this study, the essential steps are researched for designing a residence in Karabahçe Village of Samsun Province in accordance with green-building concept, sustainability and environmental progress in real estate sector. The examination is made on the selected residence within the scope of green-building criteria and the necessary arrangements to be made on residence, are revealed. In addition, some suggestions are made about water management, more efficient usage of water and energy efficiency in the selected residence.

**Keywords:** Eco-friendly, Sustainability, Green Building

\* İlknur ŞENTÜRK; ilkknur.senturk@gmail.com; Tel: (0346) 219 10 10; orcid.org/0000-0002-8217-2281

<sup>a</sup> orcid.org/0000-0001-9902-7614

<sup>c</sup> orcid.org/0000-0003-1201-6862

## 1. Giriş

Günümüzde yapı sektörü doğadan elde edilen hammaddenin %50'sini, küresel enerjinin %40'ını ve suyun %16'sını tüketirken oluşan atıkların da %50'sinden sorumludur (Sev, 2009). Enerji ve doğal kaynakların tüketiminde büyük paya sahip olan binalar, kentlerdeki hava ve su kalitesini de etkileyerek iklim değişikliğine neden olmaktadır (Vyas vd., 2014). Şehirlerdeki hava kirliliğinin %23'ü, sera gazı üretiminin %50'si, su kirliliğinin %40'ı ve katı atığın %40'ı binaların sebep olduğu çevre sorunlarıdır (Dixon, 2010). Binalardan kaynaklı çevresel ve sosyal sorunların çözümünde ilkeleri, stratejileri ve yöntemleri belirleyerek konuya sistematik bir yaklaşım getiren "sürdürülebilir mimarlık" kavramı öne çıkmıştır. Sürdürülebilir mimarlık; ihtiyaç duyulan binaların yapım, kullanım ve yıkım süreçlerinde doğaya verilen zararın en aza indirildiği, ekolojik dengenin gözetildiği, malzemenin, suyun ve enerjinin etkin olarak kullanıldığı faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir binalarla, kullanıcıların sağlığı ve konforu korunurken, yapım ve kullanım aşamalarında doğal kaynakların varlığının ve geleceğinin tehlikeye atılmaması ve yıkımından sonra da diğer binalar için kaynak oluşturması ya da doğaya zarar vermeyecek şekilde atık oluşturması hedeflenmektedir (Gür, 2007; Yılmaz vd., 2016). Bu hedefi karşılamak için tasarlanan yeşil binalar doğal kaynakların etkin kullanıldığı, gelişim gösteren "sürdürülebilir, çevre dostu, ekolojik, akıllı" yapılar olarak tanımlanmaktadır (Özmehmet, 2008). Yapıların çevreye olumsuz etkilerinin somut olarak belirlenebilmesi için yeşil bina değerlendirme sistemleri ve sertifika programları oluşturulmuştur (Erten, 2011).

İlk olarak 1990 yılında, binalara ilişkin değişik çevresel konuları eş zamanlı olarak değerlendirmek üzere BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method-Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi) sistemi ortaya konmuş, bu tarihten itibaren çok sayıda yeşil bina değerlendirme sistemi geliştirilmiştir. 10 başlık altında toplanan değerlendirme konuları arasında enerji, yönetim, sağlık ve konfor başlıkları yer almaktadır (Tuna, 2013). 2010 yılında Türkiye için yerel "Yeşil Bina Sertifika Sistemi" oluşturulmaya başlanmıştır ve 2013 yılında SEEB-TR (Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar) yayımlanmıştır. "SEEB-TR pek çok üniversiteden akademisyenler ile sivil toplum kuruluşları tarafından aylarca süren çalışma ile BREEAM

(İngiltere), LEED (ABD), CASBEE (Japonya) ve DGNB (Almanya) sertifikasyon sistemlerinin incelenmesi sonucunda Türkiye koşullarına en uygun yeşil bina sertifikasyon sistemi olarak oluşturulmuştur (URL-1, 2018).

Kullanılan malzemelerle ve iç hava kalitesiyle sağlıklı, artan yeşil alan kullanımından kaynaklı düşük CO<sub>2</sub> emisyonuyla ve inşaat aktivitelerinde çevre kirliliğinin düşük seviyede tutulmasıyla çevreye saygılı, enerji tasarrufu sağlanarak işletme maliyetlerinin düşürülmesiyle ekonomik olan yüksek performanslı binaları tanımlayan LEED (Leadership in energy and environmental design) yeşil bina derecelendirme sistemi, gönüllü bir standart olup US Green Building Council- ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından verilmektedir. Söz konusu derecelendirme değişik puanlama ağırlığına sahip aşağıda sıralanmış olan 6 kategoride yapılmaktadır (Yaman, 2009):

1. Sürdürülebilir alanlar
2. Su verimliliği
3. Enerji ve atmosfer
4. Malzemeler ve kaynaklar
5. İç mekan kalitesi
6. Tasarımda yenilikler

Yeşil binaların sahip olduğu başlıca avantajlar aşağıda verilmiştir (Erdede vd., 2014):

- Binalardan kaynaklı karbondioksit salınımını azaltması,
- İnşaat aşamasında çevre tahribatını en aza indirmesi,
- İşletme masraflarının azalması,
- Yenilenebilir enerjinin kullanımını ve geliştirilmesini sağlaması,
- Hafriyat ile ortaya çıkan atık malzemenin değerlendirilmesi,
- Yeşil çatı uygulaması ile yağmur sularının biriktirilip kullanılması,
- Doğal ışıktan yararlanma ve enerji tasarrufu sağlaması,
- İzolasyon sistemleri ile ısıtma soğutma maliyetlerinin azaltılması,
- Binanın değerini artırması,
- Kullanıcılara daha sağlıklı ve verimli ortamın sunulması,
- Kentsel yaşam alanlarına değer katması.

Oldukça önemli avantajlara sahip olan yeşil binaların tüm dünyada yaygınlaştırılması için çalışmalar devam etmektedir. Günümüzün en önemli problemlerinden birisi her geçen gün artan su ve enerji tüketimi, var olan kaynakların bilinçsizce kullanılması, su kaynaklarının giderek azalması ve hızla gelişen inşaat sektörünün bu

sorunları daha da artırmasıdır. Bütün bunlar göz önünde bulundurularak böyle bir çalışma yapılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, bir binanın yeşil bina tanımına kavuşabilmesi için yapılması gereken çalışmaları seçilen bir konut üzerinden basit, anlaşılır bir şekilde bu konu ile ilgilenen kişilere aktarabilmektir. Ayrıca binalarda yapılacak küçük ve düşük maliyetli değişiklikler ile su ve enerji kullanımında verimlilik sağlanabileceği anlatılmaya çalışılmıştır. Mevcut bir konutun su ve enerji tüketiminde yapılabilecek tasarruflar ile konutun “Yeşil Bina” konseptine adapte edilebilmesi için ilk adımların atılabileceği gösterilmiştir. Çalışma iki bölüm halinde düzenlenerek konut için su ve enerji tüketim alanları belirlenmiş mevcut durumdaki tüketim

alanları belirlenerek yeşil bina kavramına uygun hale getirilmesi için yapılabilecek düzenlemeler hakkında Çevre Mühendisliği bakış açısıyla önerilerde bulunulmuştur.

## 2. Analitik Yöntemler

Bu çalışmada bir binanın ‘Yeşil’ sıfatını taşıyabilmesi için gerekli özellikler belirlenmiş ve gerçekleştirilebilecek uygulamalar incelenmiştir. Seçilen konut Samsun ili Çarşamba ilçesine 18 km uzaklıkta bulunan Karabahçe köyündedir. Şekil 1’de köyün konumu ve seçilen konut verilmiştir. Köyün nüfusu 750 civarındadır. Gerek denize gerekse anayola olan yakınlığı köyü daha işlevsel kılmaktadır. Köyün gelişimine bir diğer katkı sağlayan durum ise havaalanına yakınlığıdır.



Şekil 1. (a) Karabahçe Köyü'nün konumu, (b) Seçilen konuta ait görseller

Konutta 2 kişi yaşamaktadır. Ancak yaz aylarında bu sayı 4 olabilmektedir. Konut 120 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahiptir. Konut duvarları tuğla malzeme üzerine sıva kaplama ile yapılmıştır. Pencereleer ısı yalıtımlı pimapen ve çatı kiremit kaplamadır.

Tablo 1’de konutun mevcut durumu özetlenmiştir. Konutun çevre dostu bir yapıya dönüştürülmesi planlanmıştır ve bu amaç doğrultusunda değişmesi gereken sistemler veya eklenen bölümler ise Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Konutun mevcut durumu

<b>Bahçe sulama</b>	Seçilen konut yaklaşık olarak 3200 m <sup>2</sup> arazi içerisinde yer almaktadır. Bu arazinin yaklaşık 900 m <sup>2</sup> ’lik kısmında sebze yetiştiriciliği yapılmakta ve yazın daha fazla olmak üzere sulama ihtiyacı duyulmaktadır. Bu sulama ihtiyacı konutun bahçesinden sondaj ile çıkarılan yeraltı suyundan karşılanmaktadır.
<b>İçme suyu ve konut içerisinde kullanılan su</b>	Konut içerisinde içme, temizlik, duş vb. için ihtiyaç duyulan su şebekeden sağlanmaktadır. Harcanan su miktarı aylık 15-20 m <sup>3</sup> (Ortalama 17 m <sup>3</sup> ) arasında değişmektedir.
<b>Sıcak su ihtiyacı</b>	Mutfakta ve duşta ihtiyaç duyulan sıcak su elektrikli şofbenler yardımıyla sağlanmaktadır.
<b>Elektrik tüketimi</b>	Aydınlanma ve evdeki elektrikli eşyaların kullanımı için gereken elektrik şebekeden sağlanmaktadır. Aylık harcanan enerji 230-300 kWh arasında değişmektedir.
<b>Isınma</b>	Kışın ısınma amacıyla fosil yakıtlar (odun, kömür, vb.) kullanılmaktadır. Yıllık ortalama 1 ton kömür ve 250 kg odun ısınma amaçlı tüketilmektedir.

**Tablo 2.** Konutun yeşil binaya dönüştürülmesi için yapılması gerekenler

<b>Öneri</b>	<b>Kullanım amacı</b>
Yağmur suyu toplama kanalları	Çatıdan yağmur suyunun toplanması ve filtreden geçirilip sulamada kullanılması
Gri su geri kazanım sistemi	Toplanan gri suyun basit arıtmadan sonra tuvalet rezervuarlarında ve temizlikte kullanılması
Damla sulama sistemi	Bahçe işlerinde sudan tasarruf edilmesi amacıyla damla sulama sistemi kullanılması
Giydirme cephe	Yazın sıcak havanın, kışın soğuk havanın etkisinin azaltılması için yalıtım sistemi tasarlanması
Elektrikli yer döşeme	Isınmada kullanılan fosil yakıtlardan vazgeçilerek elektrikli ısıtma sisteminin kullanılması
Güneş kolektörü	Güneş kolektörü ile binaya sıcak su temini
Doğal havalandırma	Doğal havalandırma sistemi ile bina içi hava kalitesinin üst seviyede tutulmasının sağlanması
Fotoselli armatürler	Sudan tasarruf etmek amacıyla armatürlerin fotoselli olanları ile değiştirilmesi. Banyo, lavabo, mutfak ve rezervuarlarda ısı ve debi ayarlı armatürler kullanılması durumunda yılda %67’lere varan oranlarda su tasarrufu sağlanabilmektedir.
Reflekte edilmemiş çift cam	Zehirlilik oranı düşük malzemeler kullanılarak çift cam sistemiyle enerji tasarrufu sağlanması
Gün ışığından faydalanma	Konutun karanlıkta kalan bölümlerinin enerji harcanmadan gün ışığı ile aydınlatılması

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Su Kullanımı

Suyun dünya üzerinde en yaygın kullanımı %70 oranla tarım sektöründedir. Çalışmada seçilen konut tarım alanında bulunmaktadır. Gerek

sulama için gerekse ev içinde kullanılan suyun kaynak yönetiminin yapılması yeşil bina olma yolundaki aşamaların en önemlilerindedir. Konut içerisinde su tasarrufu sağlayabilmek küçük bir adım olarak görülse de teknolojik açıdan gelişmiş elemanların kullanılması konutun toplam enerji tasarrufuna katkı sağlayacaktır.

### 3.1.1 İçme Suyu Kullanımı

Konut içerisinde içme suyu ihtiyacı şebekeden sağlanmaktadır ve aylık ortalama su tüketimi 17 m<sup>3</sup>'dür. Bu miktarın bir kısmı içme suyu olarak bir kısmı ise temizlik, çamaşır vb. işlemler için kullanılmaktadır. Bunun yanında konutun bahçesinden sondaj ile çıkarılan yeraltı suyu bahçe sulamada kullanılmaktadır. Yeraltı

kaynaklarının kullanımı mali açıdan insanlar için cazip görülebilir fakat bu kaynakların da tükenebileceği göz ardı edilmemeli ve devamlılığı için kullanımına dikkat edilmelidir. Bahçeden çıkarılan sondaj suyunun içme suyu olarak kullanılmasının uygunluğunu test etmek amacıyla kaynaktan alınan su analiz edilmiş ve analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Yeraltı suyunun özellikleri

Parametre	İçme suyundaki değer	TSE 266'ya göre istenen değer
pH (25°C)	7.27	6.5-9.5
EC (25°C)	1244 µS/cm	<2500 µS/cm
ÇO (35°C)	6.16 mg/l	>7 mg/l
KOI (mg/l)	36 mg/l	0
AKM (mg/l)	6 mg/l	≤1 mg/l

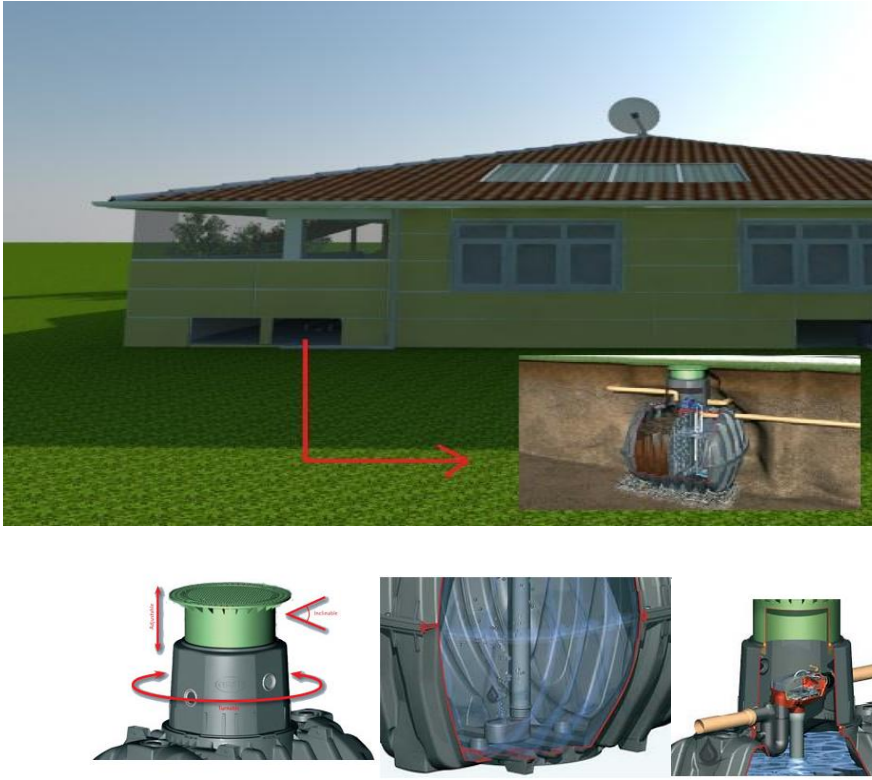
Suyun pH değeri 7.27 olarak ölçülmüştür. TSE 266'ya göre olması gereken değer 6.5-9.5 arasında olduğu için pH değeri içme suyu açısından uygundur. İletkenlik, çözülmüş iyonların bir fonksiyonudur. Bu sebeple iletkenlik izleyici parametredir. İçme suyunda iletkenlik artışı, suyun kirlendiğinin veya deniz suyu karıştığına bir göstergesidir. Ölçülen iletkenlik değeri TSE 266 açısından uygundur.

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), evsel ve endüstriyel atık suların organik kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Sondaj suyuna yapılan analizler sonunda içme suyunda sıfır olması gereken KOI değerinin 36 mg/l çıktığı görülmektedir. Suda kirlilik göstergesi olan bu değer sondaj suyunun içme suyu olarak kullanılmasını engellemektedir. Benzer şekilde TSE 266'ya göre askıda katı madde miktarının kabul edilebilir üst sınır değeri 1 mg/l'dir ve analiz sonuçları bunun üstünde çıkmıştır. Suda askıda katı madde (AKM) bulunması tat ve koku problemi oluşturabilir. AKM estetik açıdan da önemli bir parametredir. Ayrıca AKM içeriği yüksek sulara, içeriğinin bilinmemesi nedeniyle kuşkuyla yaklaşılmalıdır. Çünkü yüksek AKM değeri; evsel endüstriyel atıklardan, bitki tozlarından, yağışlardan vb. dolayı oluşabilir. Analiz sonucunda içme suyunda bulunmaması gereken KOI ve AKM değerlerine rastlandığı için bu suyun içme suyu olarak kullanılamayacağı kesindir. Yapılan analiz ve değerlendirmelere göre içme suyu temini yeraltı

suyundan sağlanamayacağından konutta şebeke suyu kullanımına devam edilecektir.

### 3.1.2 Yağmur Suyu Yönetimi

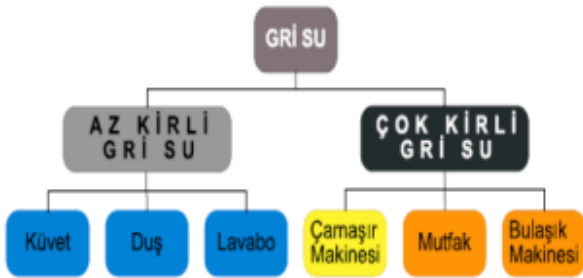
Su sıkıntısının giderek daha fazla hissedildiği tüm dünyada alternatif kaynak arayışının yanında mevcut kaynakların kullanımında da gerekli özenin gösterilmesi sadece kurumlardan değil tüm bireylerden beklenmektedir. Ülkemizde su problemlerinin yaşanmaya başladığı bu günlerde, toplam su tüketiminde büyük bir orana sahip olan bahçe sulamasında, yağmur suyu kullanımının teşvik edilmesi su tüketimini büyük oranda düşürecektir. Bu durum göz önüne alınarak seçtiğimiz konutta bahçe sulamada kullanılmak üzere yağmur suyu toplama sistemi uygun görülmüş ve sulamada günlük kullanılan su miktarından tasarruf sağlanabileceği belirlenmiştir. Konutun bodrum kısmına yerleştirilmesi planlanan yağmur suyu toplama tankı Şekil 2'de görülmektedir. Kullanılacak tankın kapasitesi 2.2 tondur. Konut yanında bulunan ve sebze yetiştiriciliği yapılan 900 m<sup>2</sup>'lik bahçenin sulanmasında sondaj suyu yerine tankta depolanan yağmur suyu alternatif sulama kaynağı olarak kullanılacaktır. Basit bir yağmur suyu deposunda depolanan ve filtrelenen yağmur suyu birçok amaçla kullanılabilir. Bina dışında; bahçe sulamada, araba yıkamada kullanılırken, bina içinde de; temizlikte, balkon akıtma gibi işlemlerde kullanılabilir. Bu sayede sondaj suyu kullanımı azaltılarak yeraltı kaynakları korunmuş olacaktır.



Şekil 2. Yağmur suyu depolama tankı

### 3.1.3. Gri su geri kazanım sistemi

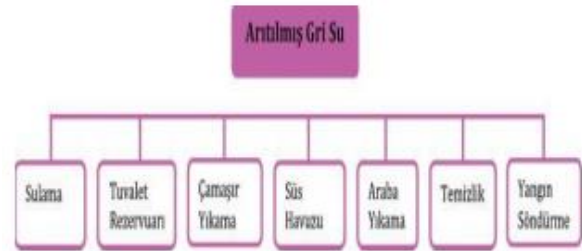
Gri su, evsel atık suyun siyah su içermeyen kısmına, yani duştan, lavabodan, küvetten ve hatta mutfaktan gelen atık suya denir (Şekil 3). Gri sular %75'lik pay ile hacimsel olarak evsel atık suyun en yüksek yüzdesini oluşturur (Karahan, 2011; Kutlu vd., 2017).



Şekil 3. Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması (URL-2, 2017)

Gri su geri kazanımı, evsel atık suyun en az kirli olan kısmının, yani duştan, lavabodan, küvetten gelen suyun tekrar kullanılmak üzere arıtılmasıdır. Bazı özel durumlarda çamaşır makinesi ve mutfaktan atılan su da gri suya dahil edilerek geri kazanımı sağlanabilir (Kutlu vd., 2017). Arıtılmış

gri sular ise Şekil 4'de verilen alanlarda kullanılabilir.



Şekil 4. Başlıca arıtılmış gri su kullanım yerleri (URL-2, 2017)

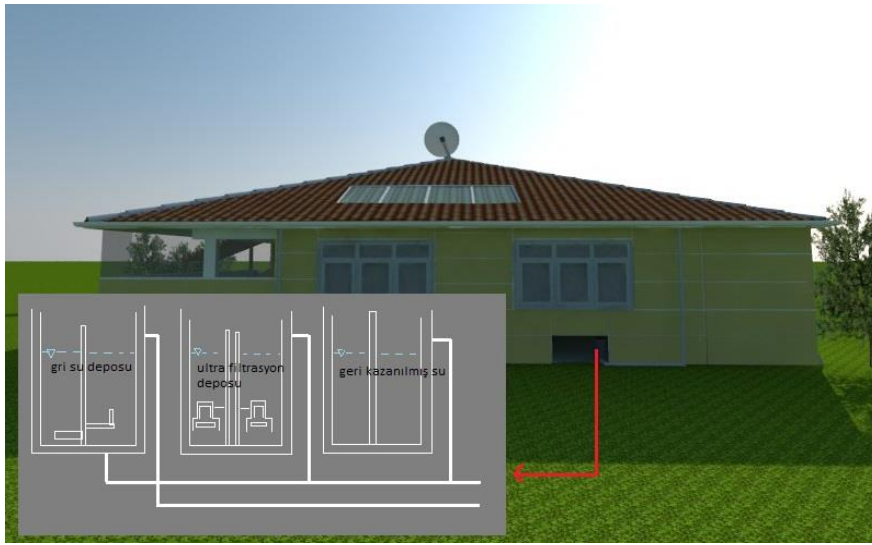
Arıtılmış atıksuların tarımsal sulama, sanayi, akifer besleme, tuvalet sifon suyu, yeşil alan sulaması vb. amaçlı yeniden kullanımı, dünyada giderek yaygınlaşmaktadır. Bazı ülkelerde arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranı %80'lere ulaşmıştır. Bu nedenle konu ülkemiz açısından da büyük önem taşımaktadır. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımında, kullanım amacının gerektirdiği su kalitesi kriterlerinin (Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği) sağlanması da ayrıca önemlidir (Tanık vd., 2016).

Gri suların arıtılması diğer sistemlerle kıyaslanırsa; daha hızlı ve kısa bir sürede ve daha

az maliyetli bir şekilde arıtılmaktadır. Elde edilen arıtılmış suyun kalitesi ise çok daha hijyenik olmaktadır. Arıtılmış gri suyun kullanım suyu olarak kullanılması su kaynaklarının korunmasına katkı sağlamasının yanında doğadaki su dengesi üzerinde de pozitif etkileri vardır. Ayrıca, yağmur suyu toplama sistemi ile kıyaslandığında yağmur suyu sisteminin aksine, gri su geri kazanımı mevsime ve yağış değişimine bağlı değildir ve devamlı güvenilir su kaynağıdır (URL-3, 2015).

Konutta kullanılacak gri su geri kazanım sisteminin Şekil 5’de görüldüğü gibi konutun bodrum katına konulması planlanmıştır. Sistem 1-15 bar arasında bir basınçla sızının ultrafiltrasyon

filtrelerine basılmasıyla çalışır. İşletme maliyeti son derece düşük ve ekonomik bir sistemdir. Kirli su deposu, ultrafiltrasyon tankı ve temiz su deposu şeklinde yer alacak sistemde lavabo ve duştan toplanacak az kirletilmiş su, ilk depoya gelerek burada oksijen ile zenginleştirildikten sonra dinlendirilir. İkinci aşama olarak organik maddeler bakteriler tarafından yok edilir ve son olarak ultrafiltrasyon yöntemiyle yeniden kullanıma hazır hale getirilerek temiz su deposunda bekletilir ve ihtiyaç duyulduğunda buradan su temini sağlanır. Arıtılan suyun temizlik işlerinde, çamaşır yıkanmasında, tuvalet rezervuarlarında ve sulamada kullanılması planlanmıştır.



Şekil 5. Gri su geri kazanım tankı

Konut içerisinde aylık  $17 \text{ m}^3$  su tüketilmektedir. Günlük tüketim miktarı  $17 \text{ m}^3 / 30 \text{ gün} = 0.567 \text{ m}^3$  olarak belirlenmiştir. Bu miktarın içerisinde gerçekleşen sızmalar da göz önüne alındığında,  $1 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'lük depolar tasarım için uygun olacaktır.

#### 3.1.4. Damla Sulama Sistemi

Sulamada esas ilke tarla başına kadar getirilmiş suyun, en az kayıpla bütün tarlaya dengeli bir şekilde yayılmasıdır. Bu çalışma kapsamında tarımsal alanların sulanmasında damla sulama sistemi tercih edilmiştir. Sistemin en önemli özelliği, alanın tamamı ıslatılmayıp, sadece bitki sırası boyunca ıslak bir şerit elde edilir ve bitki sıra arasında kuru bir alan kalır. Böylece mevcut sulama suyundan en üst düzeyde yararlanılır. Damla sulama sistemi bitkinin su ihtiyacının düzenli karşılanarak daha fazla verim elde edilmesini sağlarken, sudan büyük ölçüde tasarruf

sağlanmaktadır. Mevcut su kaynaklarını daha tasarruflu bir şekilde kullanmak için bahçe sulamasında damla sulama yapılması tercih edilmiştir. Ayrıca konut için tasarlanan yağmur suyu toplama sistemi de sulama amacıyla devreye girdiğinde yeraltı su kaynağının kullanımı minimum seviyeye çekilmiş olacaktır.

Projedeki arazinin yaklaşık  $900 \text{ m}^2$ 'lik kısmında sebze yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kış aylarında genellikle lahana, yaz aylarında ise mısır, fasulye, domates, salatalık, biber gibi sebzeler yetiştirilmektedir. Kışın yağmurların etkisiyle daha az sulamaya ihtiyaç duyulurken yaz aylarında ciddi anlamda sulama yapılmaktadır. Damla sulama sisteminin kaynağı yağmur suyu toplama deposu olarak belirlenmiştir. Bunun yanında yağmur suyunun yeterli olmadığı hallerde sondaj suyunun kullanımına devam edilerek verimde süreklilik sağlanacaktır.

LEED kriterlerine göre sulama suyunda şebeke suyu kullanımının %50 azaltılması durumunda 1 puan, sulama suyunda şebeke suyunun hiç kullanılmaması veya hiç sulama yapılmaması durumunda 2 puan kazanılmaktadır. Kriter, sulamada şebeke suyu yerine yağmur suyu, geri dönüştürülmüş gri su ve atık su kullanımını teşvik etmektedir (Çelik, 2009). Bu sistemler sayesinde çalışma konusu olan konutta kullanılan şebeke suyu %50 den daha fazla azalmıştır ve sulamada şebeke suyu hiçbir şekilde kullanılmamıştır.

Konut içinde ve konut dışında alınacak bu önlemlerin yanı sıra konut içerisinde su tasarrufu sağlayabilmek için, küçük bir adım olarak görülsede, teknolojik açıdan gelişmiş elemanların kullanılması su tasarruf oranında etkili olacaktır. Banyo, lavabo, mutfak ve rezervuarlarda ısı ve debi ayarlı armatürler kullanılması durumunda yılda %67'lere varan oranlarda su tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu tarz armatürler sayesinde daha az su kullanılacağından aynı oranda daha az su geri kazanılacaktır. Böylece hem kurulan geri kazanım sisteminin ömrü uzatılır hem de kaynak kullanımı azaltıldığından yeşil bina kriterleri sağlanır.

### 3.2. Enerji Verimliliği

Bina bütününde enerji etkinliğini optimize etmek için, enerji tüketimi gerektiren tüm alanları içerecek şekilde enerji performans hedefleri tespit edilmeli ve yenilenebilir enerji kullanımına öncelik verilmelidir. Bu amaçla konutta yapılması düşünülen değişiklikler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

#### 3.2.1. Yeşil Çatı

Yeşil çatılar ilave donanım ihtiyacı duyulmadan binanın enerji performansını düzenler, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştirir, yağmur suyunun yarattığı problemleri ortadan kaldırır. Ekolojik çatı sisteminin en önemli faydalarından biri, atmosfere salınan ve sera etkisi yaratan karbondioksitin bitkiler tarafından tutularak küresel iklim sorununu en aza indirmesidir (Karaosman, 2006).

Çalışma konusu olan konut yaklaşık 110 m<sup>2</sup>'lik çatı alanına sahiptir. Çatıya yerleştirilen 1.5 m\*1.5 m boyutunda pencere ve 1290 mm\*990 mm boyutundaki 2 adet güneş panelinden sonra çatıda 105 m<sup>2</sup>'lik bir alan kalmıştır. Projede normal şartlarda yeşil binanın olmazlarından biri olan yeşil çatı sisteminin kullanılmasına gerek duyulmamıştır. Çünkü konut etrafındaki yaklaşık

3000 m<sup>2</sup>'lik alan tamamen bitkilerle kaplı olduğundan ayrıca bir yeşil çatı yapılmasına gerek yoktur. Tasarladığımız yağmur suyu toplama kanalları da yeşil çatının özelliklerinden biri olan su tasarrufunu gerçekleştirmektedir.

Yeşil çatının bir diğer avantajı da ses tutucu özelliğe sahip olmasıdır. Konutun şehrin dışında sakin bir bölgede yer alması ve etrafının yeşilliklerle çevrili olması yeşil çatı ihtiyacının olmadığını bir diğer göstergesidir.

#### 3.2.2. Dış cephe özellikleri

Son zamanlarda her türlü yapıda dış cephe kaplama giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sayede binaların duvarları dış ortamın olumsuz şartlarına karşı korunurken sağlayacağı ısı yalıtımına bağlı olarak yakıt tüketimini azaltacağı için çevrenin korunmasına katkı sağlar. Konutun 'yeşil bina' kavramına uygun olması için dış kaplamada kullanılacak yalıtım malzemelerinin en az %80 oranında çevreye duyarlı kaynaklardan elde edilmiş olması gerekir (URL-4, 2018). Projede kullanılacak yalıtım malzemelerinin çevre üzerinde olumsuz etkisi bulunmayacak şekilde seçilmesi planlanmıştır.

#### 3.2.3 Gün Işığından Yararlanma

Aydınlatma, normal bir binanın toplam enerji tüketiminin ortalama %25-%40'ından sorumludur. Bu nedenle güneş ışığının aydınlatma ve ısıtma özelliklerinden daha fazla yararlanılan binalar sayesinde enerji tasarrufu belirgin şekilde artabilmektedir (Sargül, 2014).

Üzerinde çalışılan bu konutta yeterli miktarda pencere olduğundan gün ışığından yüksek seviyelerde faydalanılmaktadır. Fakat konutta hol kısmında pencere bulunmadığından bu bölge gün içerisinde sürekli karanlık kalmakta ve gün ışığından yararlanabilecek saatlerde enerji tüketimine neden olmaktadır. Enerjiden tasarruf etmek amacıyla çatıya cam bölmeler yapılması uygun olacaktır. Şekil 6'da konut için tasarlanan çatıdaki açılıp kapanabilen cam ve panjur sistemi birlikte gösterilmiştir.

Bu sistemin 1.5 m-1.5 m boyutlarında iki bölmeli olarak tasarlanması uygun görülmüştür. Gün ışığının isteğe bağlı olarak konuta girişini kontrol edebilmek için cam bölmelerin üzerine açılıp kapanabilen panjur sistemi yerleştirilmesi uygun olacaktır. Ayrıca, bu sistemde saydamlık kadar gelen güneş ışığının kırılarak gelmesi de önemlidir. Bundan dolayı projede ısı ve güneş



kontrol camlarının kullanılması uygun görülmüştür. Bu tür camlarda yazın içeri giren güneş ısı %40 oranında, kışın ise sıcaklığın içeriden dışarıya çıkması %50 oranında

engellenecektir. Bu sayede konutun tamamen karanlıkta kalan orta bölümünde güneş ışığından faydalanılarak aydınlanma sağlanacak ve enerji tasarrufu gerçekleşecektir.



Şekil 6. Konutun çatısına yapılması planlanan cam ve panjur sistemi

### 3.2.4 Güneş Enerjisi

Son yıllarda üzerinde en çok çalışılan enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerjisi yenilenebilir ve temiz enerji kaynağıdır. Kolay bir tasarıma sahip olduğundan hemen hemen her alanda kullanımı rahattır. Ayrıca uzun ömürlü bir çözümdür. Seçilen konutun sıcak su ihtiyacı elektrikli şofbenler yardımıyla sağlanmaktadır. İlave olarak su kesintilerinde zor durumda kalmamak için bir su deposu kullanılmaktadır. Fakat deponun yapıldığı malzeme ve sistemi, suyu sıcak tutmaya değil sadece biriktirmeye odaklı olduğundan istenilen verim elde edilememektedir. Hem elektrikli şofbenlerin kaldırılarak elektrikten tasarruf sağlanması hem de daha verimli ve rahat kaynak kullanımının sağlanabilmesi için konutun çatısına düzlemsel güneş kollektörü koyulması uygun olacaktır. Kollektör sayısı ve boyutunu belirlemek için gerekli hesaplamalar örnek çalışmadan yararlanılarak aşağıdaki şekilde yapılmıştır (URL-5, 2018):

$m$ : 2 (Kullanıcı sayısı, kişi)

$V_b$ : 100 litre / kişi.gün (Kullanıcı başına günlük sıcak su ihtiyacı)

$T_{su}$ : 45°C (Tüketilen kullanım sıcak suyunun referans değeri)

$T_{şehir}$ : 11.8°C (Şebeke suyunun ortalama sıcaklık değeri, Nisan ayı için)

$R$ : 3.537 kcal / m<sup>2</sup>.gün (Yatay yüzeye gelen güneş ışınımı, Nisan ayı için)

$F$ : 1.03 (Kollektör montaj eğim açısına göre düzeltme faktörü, 30 derece için)

$S$ : 1.88 m<sup>2</sup> / kollektör (Kollektör ışın emici net yüzeyi)

$e$ : 1.05 (Enerji kayıplara karşı emniyet faktörü)

$C$ : Suyun ısınma ısı (kcal/kg°C), 1 alınabilir.

$n_k$ : 0.70 (Kollektör ortalama verim değeri)

$Q_i$ : Günlük toplam enerji ihtiyacı (kcal/gün)

$$Q_i = m \times V_b \times C \times (T_{su} - T_{şehir}) \times e \quad (1)$$

$$Q_i = 2 \times 100 \times (45 - 11.8) \times 1.05 = 6972 \text{ kcal/gün}$$

1 kW= 860 kcal/saat olduğuna göre enerji ihtiyacı ~338 Wh dir.

$Q_k$ : Kollektör tarafından tüketilen faydalı enerji

$$Q_k = R \times F \times S \times n_k \quad (2)$$

$$Q_k = 3.537 \times 1.03 \times 1.88 \times 0.70 = 4794 \text{ kcal/gün.kollektör}$$

$K$ : İhtiyaç duyulan kollektör miktarı (adet)

$$K = Q_i / Q_k \quad (3)$$

$$K = 6.972 / 4.794 = 1.454 \text{ adet güneş kollektörü}$$

Hesaplamalar sonucunda 2 adet güneş kollektörünün kullanılmasının yeterli olacağı görülmüştür. Bir panelin boyu 1290 mm, eni de 990 mm'dir. Kullanılacak kollektörlerin çalışma

şekli şu şekildedir; düzlemsel kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular gibi ana elemanlar, pompa ve kontrol edici yardımcı elemanlardan oluşmaktadır. Kullanılan sistemler açık ve kapalı olacak şekilde tasarlanabilir. Maliyeti daha az ve daha yüksek verime sahip olduğu için açık sistem tercih edilmiştir. Açık sistemde kollektörde dolanan su ile evin kullanım suyu aynıdır. Bu durumun kapalı sisteme göre dezavantajı suyun donma ihtimali olmasıdır. Proje konusu olan konutun konumundan dolayı donma riski olmadığından açık sistem tercih edilebilir. Bu sayede verim üst seviyede tutulurken, maliyet en az düzeyde olacaktır.

### 3.2.5 Rüzgâr Enerjisi

Son yıllarda petrol, kömür gibi fosil yakıtların rezervi tükenme sinyalleri vermeye başlamıştır. Bu yakıt türleri sadece azalmakla kalmayıp tüketildiği ortamda çevreye zarar vermektedir. Bu durum insanları temiz enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi yenilenebilir enerji kaynakları çevreyi korurken ülke gelişimine de katkı sağlamaktadır. Bilindiği üzere rüzgâr enerjisi yenilenebilir, temiz, sonsuz ve çevre dostu olduğundan dünyada kullanımı en çok artan kaynaklardan biri haline gelmiştir.

Çalışma konusu konutun bulunduğu bölgede rüzgâr hızı değerleri, enerji elde etmek için yeterli değildir. Ayrıca rüzgâr türbini yerleştireceğimiz alanda türbinin 14 m yakınında ağaç bulunmaması gerekmektedir. Konutun etrafında sık ağaçlandırma yapılmıştır ve 14 m'lik mesafe sağlanamaz durumdadır. Bundan dolayı konuta gerekli enerjiyi sağlamak için başka alternatiflere ihtiyaç vardır.

### 3.2.6. Isınma sistemi

İnsanların temel biyolojik ihtiyaçlarından birisi de ısınmadır. Ülkemizde de olduğu gibi çoğu ülkede bu ihtiyaç fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Sınırlı olan bu kaynakların rezervleri azaldıkça fiyatı artacağı gibi kullanımı arttıkça da çevre daha fazla zarar görecektir. Bunlar yerine rüzgâr ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak hem doğa hem de ekonomik açıdan zorunlu hale gelmiştir.

İncelenen konut kış aylarında odun ve kömür yakılarak ısıtılmaktadır. Yeşil bina özelliğine sahip olabilmesi için bu tür yakıtlardan tamamen

vazgeçilmesi gerekir. Bu durum göz önünde bulundurularak ısınmada öncelikle rüzgâr enerjisi değerlendirilmiştir. Fakat uygun şartlar olmadığından güneş enerjisinin kullanılması uygun görülmüştür.

Güneş enerjisi ile elektrik üretimi, en kolay kurulabilen enerji üretim aracı olduğu gibi en uzun ömürlü, hemen hemen hiç işletme maliyeti olmayan, pratik ve seyyar olması sebebi ile kullanım kolaylığı sunan enerji üretim şeklidir. Isınma için gerekli elektrik enerjisi, fotovoltaiik paneller yani güneş panellerinden sağlanabilir. Sistem için gerekli ekipman; güneş panelleri, çevirici, akü ve akü şarj regülatöründen oluşmaktadır. Fotovoltaiik panellerden üretilen elektrik enerjisi konutun ısınmasında kullanılırken bunun yanında aydınlatmada ve elektrikli aletlerde de kullanılarak şebekeden sağlanan elektrik ihtiyacı ortadan kalkacaktır.

Konutun oda büyüklükleri göz önüne alındığında her oda için bir adet elektrik konvektörü kullanılması yeterli olacaktır. Bu konvektörlerin çalışma prensibi doğal konveksiyon ile gerçekleştiğinden ısıtıcıdan uzaklaştıkça sıcaklık azalmayacaktır odanın her yerinde sıcaklık eşit dağılmış olacaktır. Bir diğer avantaj ise; konutun şuan sadece tek odasında bulunan soba sadece o odayı ısıtmaktadır, odaların hepsine birer konvektör yerleştirildiğinde bu sorun ortadan kalkacaktır. Hem daha verimli ısınma sağlanmış olacak hem de fosil yakıtlardan vazgeçilerek çevreye verilen zarar önlenmiş olacaktır. Eklenecek konvektörler sayesinde mevcut duruma kıyasla %10.5-35 arasında daha iyi performans sağlanacak ve LEED kriterlerine göre 1-8 arasında puan kazanılabilecektir.

### 3.2.7. İç Mekân ve Yaşam Kalitesi

İnsan yaşamının yaklaşık %90'ının iç ortamlarda geçtiği düşünülürse insan sağlığı açısından bu ortamlardaki hava kalitesinin üst düzeylerde olması gerektiği mantıklı bir yaklaşımdır. İyi bir iç hava kalitesi için etkin bir havalandırma sistemi gerekmektedir.

Yeşil bina olmak için uygunluğunu denetlediğimiz konutta herhangi bir havalandırma sistemi bulunmamaktadır. Yapılması düşünülen sistemin yeşil bina özelliğini desteklemesi gerekmektedir. Yapılarda doğal havalandırma, açıklıklardan rüzgâr veya basınç farkı dolayısı ile oluşur. Açık pencerelerden, kapılardan veya doğal olarak havalandırma sağlamak için açılan bölgelerden sağlanan hava akımı ile iç ortamda uygun sıcaklık

seviyesi sağlanabilir ve iç ortamdaki kirleticiler ortamdaki uzaklaştırılabilir. Doğal havalandırma, bir yapının enerji kullanılmadan havalandırıldığı çevre dostu bir yöntem olup sürdürülebilir kalkınma için de oldukça önemlidir.

Konutun bulunduğu bölgede şehir merkezlerine göre çok daha az olan karbon salınımı ve bol yeşil alan hava kalitesini üst seviyelere çıkarmaktadır. Bundan dolayı mekanik havalandırmaya gerek duyulmamış, doğal havalandırmanın yeterli olacağı belirtilmiştir. Doğal havalandırma için ise aydınlanma için tasarlanan çatıdaki cam bölmeler yeterli olduğundan ayrı bir açıklık yaratma ihtiyacı duyulmamıştır.

#### 4. Sonuç

Çalışma kapsamında incelenen konutun yeşil bina özelliklerine sahip olabilmesi için yapılması gerekenler su yönetimi, enerji verimliliği, iç mekan ve yaşam kalitesi açısından değerlendirilmiştir. Ele alınan konut tümüyle incelenerek suyun daha verimli kullanımı ve enerji verimliliğinin sağlanması için yapılması gerekenler su ve enerji verimliliği ölçeğinde ortaya konulmuştur. Çalışma konut üzerine ilaveler ve yenilemeler şeklinde tasarlanmıştır.

Örnek bina üzerinde yapılan incelemeler ve LEED standartları doğrultusunda, Türkiye’de bireysel olarak yeşil bina tasarımında gerçekleştirilebilecek adımlara dikkat çekilmiş ve bunun gerekliliğiyle ilgili tartışma platformu oluşturulmak istenmiştir. Ayrıca geri dönüşümlü malzeme kullanılması, atıkların değerlendirilmesi ve yerli ürünlerin kullanımına dikkat edilmesi de yeşil binaya dönüşüm aşamasında katkı sağlayacaktır.

Çalışma bütünüyle değerlendirildiğinde doğal kaynakların korunumu temeline dayanmaktadır. Bu duruma dikkat çekmek ve bireysel olarak da tükenmekte olan kaynaklarımızın korunmasına katkı sağlamak amacıyla yeniden tasarlanan konut bu alandaki hedefine ulaşmıştır.

#### Kaynaklar

Çelik, E., 2009. Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye’de Uygulanabilirliklerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 97s.

Dixon, W., 2010. The impacts of Construction and the Built Environment, Briefing Notes: Letchworth, UK, Willmott-Dixon Group, 3p.

Erdede, S.B., Erdede, B. ve Bektaş, S., 2014. Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul, 8s.

Erten, D., 2011. Yeşil Binalar, Sürdürülebilir üretim ve tüketim yayınları-V, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 36s.

Gür, N.V., 2007. Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 179s.

Karahan, A., 2011. Gri Suyun Değerlendirilmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, s.1155-1164.

Karaosman, S.K., 2006. Yeşil Çatılar ve Sürdürülebilir Bina Değerlendirme Sistemleri. <http://catider.org.tr/pdf/sempozyum/Bil11.pdf>.

Kutlu, S., Şentürk, İ. ve Büyükgüngör, H., 2017. Alanya İlçesinde Seçilen Pilot Bölge İçin Gri Su Potansiyelinin Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 17 (025403), 580-589, doi: 10.5578/fmbd.58637.

Özmehmet, E., 2008. Dünyada ve Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları. Yaşar Üniversitesi E-Dergisi. 3 (12), 1853-1876.

Sarıgül, T., 2014. Dünyadaki Su Güneşten Yaşlı. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, s. 38-41.

Sev, A., 2009. Sürdürülebilir Mimarlık: Yem Yayın, İstanbul, 224s.

Tanık, A., Öztürk, İ. ve Cüceloğlu, G., 2016. Artırılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı), ISBN: 978-605-9186-14-8, Ankara, 131s.

Tuna, R., 2013. Bina sertifika sistemleri, Ege Mimarlık, s. 20-23.

URL-1, <http://www.haberler.com/yesil-bina-sertifikasyon-sistemi-seeb-tr-tanitildi-5518226-haberi/>. 16 Mart 2018.

URL-2, [https://www.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Final\\_R\\_aporu.pdf](https://www.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Final_R_aporu.pdf). 2 Şubat 2017.

URL-3, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Gri\\_su](https://tr.wikipedia.org/wiki/Gri_su). 4 Nisan 2015.

URL-4, [http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesi1\\_VBol\\_LEED.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesi1_VBol_LEED.pdf). 8 Şubat 2018.

URL-5, <http://www.tesisat.org/gunes-enerjisi-kollektor-hesabi-ve-tesisat-baglantilari.html>. 6 Şubat 2018.

Vyas, S., Ahmed, S. ve Parashar, A., 2014. BEE (Bureau of Energy Efficiency) and green buildings. *International Journal of Research*, 1, 23-32.

Yaman, C., 2009. Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Bina, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs 2009, İstanbul, s.1091-1101.

Yılmaz, M., Yıldız, S. ve Gültekin, A.B., 2016. Yıkıcı Yeniliklerin Belirlenmesi: Sürdürülebilir İnşaat Sektöründe Tehditler ve Fırsatlar. *Balıkesir Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 18 (2), 25-36.