

## Araştırma Makalesi / Research Article

## Alanya İlçesinde Seçilen Pilot Bölge İçin Gri Su Potansiyelinin Belirlenmesi

Serdar Kutlu<sup>1</sup>, İlknur Şentürk<sup>2</sup>, Hanife Büyükgüngör<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun.

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

e-posta: ilknur.senturk@gmail.com

Geliş Tarihi: 06.02.2017

; Kabul Tarihi: 16.08.2017

### Özet

**Anahtar kelimeler**  
Alanya ilçesi, Gri su,  
Geri kazanım ve tekrar  
kullanım, Gri su debisi  
hesabı

Bu çalışmada, Antalya iline bağlı önemli bir turizm ilçesi olan Alanya'da seçilen pilot bir bölge için gri su potansiyeli belirlenmiştir. Seçilen otel ve konutlardan elde edilen verilere göre gri su debisi hesaplanmıştır. Gri suların nelerden meydana geldiği, otel ve binalarda oluşan gri su debisinin ortalama değeri, arıtılacak olan gri suyun hangi amaçlarla kullanılabileceği araştırılıp değerlendirilmiştir. İncelenen otel ve binalar için günlük oluşan gri su miktarı sırasıyla 39 480 L (toplam su tüketiminin %40'ı) ve 43 344 L (toplam su tüketiminin %51'i) dir. Gri su geri kazanımı ile su tüketiminde; otel için %40, binalar için %51 toplamda ise %45,5 verim elde edilecektir.

## Determination of Grey Water Potential for Selected Pilot Region in Alanya Province

### Abstract

**Keywords**  
Alanya county, Grey  
water, Recovery and  
reuse, Grey water  
account

In this study, grey water potential was determined for a selected pilot region in Alanya which is an important tourism county of Antalya province. According to the data obtained from the selected hotels and buildings, grey water flow is calculated. The average value of the grey water from the hotels and buildings, and the purposes for which the grey water to be treated can be used are investigated and evaluated. The daily amount of grey water for the hotel and buildings examined is 39 480 L (40% of total water consumption) and 43 344 L (51% of total water consumption), respectively. As a result of grey water recycling, water consumption will be 40% for the hotel and 51% for the buildings and a total efficiency will be 45,5%.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

Yeryüzündeki tüm canlı varlıkların, yaşamlarını devam ettirebilmeleri için temiz ve yeterli miktarda suya ihtiyacı vardır. Ülkemizde ve gelişmekte olan diğer ülkelerde tarım, endüstri ve kentsel su ihtiyaçları günden güne artmaktadır. Su kaynakları ise, küresel ısınmanın etkisi ve diğer nedenlerden dolayı giderek azalmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, halen içilebilir özellikteki sular gereksizce kullanılmaktadır.

Su sıkıntısı, gelecekte en önemli sorunlardan biri olacaktır. Son 50 yılda, var olan su kaynaklarının miktarı sabit kalmasına rağmen su tüketim oranı üç kat artmıştır (WWAP, 2012). Birçok bölgede sürdürülebilir veya geri besleme miktarı, su çekim oranının altındadır.

Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, 2030 yılı Türkiye nüfusunun 100 milyona ulaşacağını tahmin etmektedir. Buna göre 2030 yılı için bir kişinin yıllık tüketebileceği su miktarının 1100 m<sup>3</sup> civarında olacağı tahmin edilmektedir (Int Kyn. 1).Falkenmark

indeksine göre su sıkıntısı durumu aşağıda sıralanmıştır (Falkenmark, 1989):

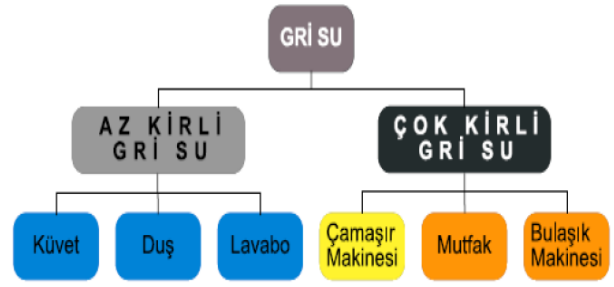
1.700 m<sup>3</sup>'ten fazla ise su sıkıntısı olmayan,  
1.700-1.000 m<sup>3</sup> aralığında su sıkıntısı yaşayan,  
1.000-500 m<sup>3</sup> aralığında ise su kıtlığı olan,  
500 m<sup>3</sup>'ten az olması halinde ise mutlak su kıtlığı olan.

Bu indekse göre, ülkemizde gelecekte su sıkıntısı yaşanması beklenmektedir. Yakın zamanda su kıtlık sınırına yaklaşan bir ülke durumunda olma riski de vardır. Ayrıca tüm bu olasılıklar, var olan kaynakların 25 yıl sonra hiçbir şekilde tahribe uğramamış olduğunu varsaydığımızda söz konusu olabilecektir. İşte bu riski azaltmak için kullanılan su miktarını minimum seviyeye çekmek ya da kullandığımız suyun bir kısmını arıtarak yeniden kullanmak gerekmektedir. Gri su arıtımı, kullanımın yoğunlaşması ve sürekliliğin devam etmesiyle su kıtlığı yaşayan ülkeler için önemli bir adım olacaktır. Bundan dolayı ülkemizin gelecek nesillere yeterli miktarda sağlıklı su bırakabilmesi için, var olan su kaynakları sürdürülebilir ve akılcı bir şekilde kullanılmalıdır.

### 1.1. Gri sular

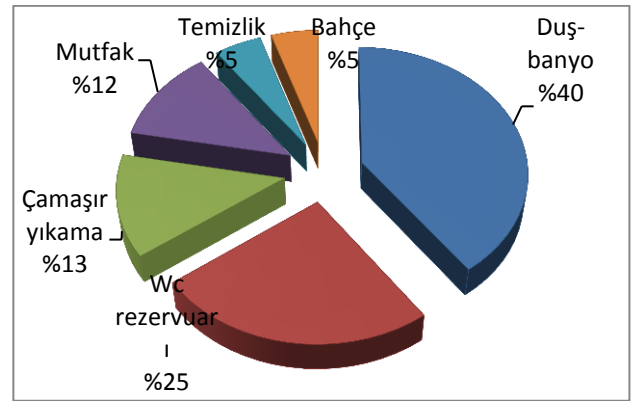
TS EN 1085 standardına göre, evsel atık su mutfaktan, çamaşır makinesinden, banyodan, tuvaletten ve benzer amaçlı kullanılan bölümlerde kullanılıp kanalizasyona atılan atık sulardır. Siyah su, evsel atık suyun bir kısmıdır; tuvaletlerden gelen ve fosseptik atığı içeren suya denir. Dolayısıyla gri su, evsel atık suyun siyah su içermeyen kısmına, yani duştan, lavabodan, küvetten ve hatta mutfaktan gelen atık suya denir (Şekil 1.1). Gri sular %75'lik pay ile hacimsel olarak evsel atıksuyun en yüksek yüzdesini oluşturur (Karahan, 2011). Konutlarda kullanılan suyun hacmi, tamamen tüketicinin alışkanlıklarına ve yaşam faaliyetlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yani gri su oluşumu;

- Sosyal ve kültürel alışkanlıklara (kişilerin günlük el/yüz yıkama, duş alma, diş fırçalama gibi alışkanlıklarının sayısı),
- Ekonomik imkanlara,
- Gri suyun toplandığı yerlerdeki kişi sayılarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Gleick, 2000).



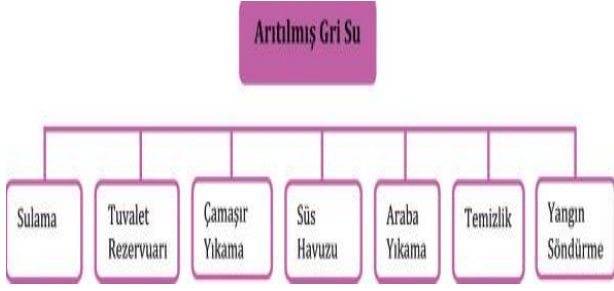
Şekil 1.1. Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması (Int Kyn. 2)

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi konutlarda oluşan gri su hacmi azımsanmayacak kadar fazladır. Konutlarda kullanılan su, tek kullanımdan sonra atıksu şebekesine verilmektedir. Lakin su kaynaklarının giderek azalması nedeniyle var olan bu suyu arıtıp yeniden kullanmak sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir.



Şekil 1.2. Günlük evsel su tüketim oranları (Karahan, 2011)

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. Arıtılmış gri sular ise Şekil 1.3'de verilen alanlarda kullanılabilir.



**Şekil 1.3.** Başlıca arıtılmış gri su kullanım yerleri (Int Kyn. 2)

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 *et al.*, 2016).

Almanya'da gri suların arıtıldıktan sonra tuvalet rezervuarlarında ve çamaşırhanelerde kullanılmasında geçerli olan su kalite kriterleri, Berlin Senato Ofisi tarafından açıklanmış olup Tablo 1'de gösterilmektedir. Mikrobiyolojik parametreler olan toplam koliform ve E-koli değerleri AB standartlarında yer alan Yüzme Suyu Kalite Değerleri (76/160/EEC) olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 1.** Tuvalet rezervuarları ve çamaşırhaneler için su kalite standartları (Karahan, 2011)

Parametre	Değer
BOİ <sub>5</sub>	< 5 mg/L
Oksijen doygunluğu	> %50
Toplam koliform bakterisi <sup>a</sup>	< 100/ml
Dışkısız koliform bakterisi <sup>a</sup>	< 10/ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <sup>b</sup>	< 1/ml

<sup>a</sup> AB 76/160/EEC yönetmeliğine uygun

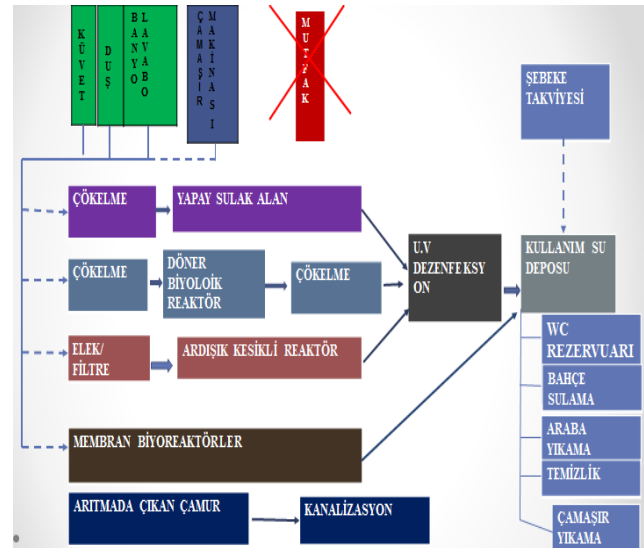
<sup>b</sup> Alman içme suyu standartlarına uygun

### 1.2. Gri suyun arıtıldıktan sonra yeniden kullanımı

Gri su sabun, şampuan, diş macunu, yiyecek parçaları, pişirme yağı, deterjan ve saç gibi maddeleri içerir. Gri suların arıtımında suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önünde bulundurularak bir takım arıtma evrelerine sokulur. Bu evreler; fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve

biyolojik arıtma evreleridir. Fiziksel arıtma genellikle ön arıtma işlemi olarak kullanılır. Çöktürme ve filtrasyon işlemleri fiziksel arıtma teknolojisi olarak kullanılmaktadır. Kimyasal arıtma teknolojileri olarak elektrokoagülasyon, fotokatalitik oksidasyon, iyon değiştiriciler ve granüler aktif karbon uygulanmaktadır. Ancak kimyasal arıtım yöntemleri, kimyasal madde tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Kimyasal madde tüketimini azaltmak için gri su arıtımında Şekil 1.4'de verilen biyolojik arıtım sistemleri tercih edilmektedir.

Gri suyun biyolojik arıtımında yapay sulak alan, döner biyolojik reaktör, ardışık kesikli reaktör, membran biyoreaktör (MBR) teknolojileri kullanılmaktadır. MBR dışındaki diğer biyolojik proseslerde, gri su geri kazanım standartlarını sağlayabilmek için ön arıtım olarak filtrasyon yada çöktürme işlemi, son arıtım olarak ise UV yada klor ile dezenfeksiyon işlemi uygulanmaktadır.



**Şekil 1.4.** Biyolojik arıtma teknolojilerinin karşılaştırılması (Üstün and Tırpancı 2015)

Gri su, temiz su yerine kullanılırken birçok açıdan yarar sağlamaktadır. Maddi tasarruf sağlamanın yanı sıra sulama ihtiyaçlarının var olduğu bölgelerde verimli su kaynaklarını da artırmış olmaktadır. Gri su geri kazanım faydaları, aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- 1) Septik tank veya arıtma tesisine daha az yük yüklenmiş olunur.
- 2) Yüksek verimlilikte saf su elde edilir.
- 3) Daha az enerji ve kimyasal kullanımı sağlanır.
- 4) Yeraltı suyunu zenginleştirir.
- 5) Bitki gelişimine katkı sağlar.

- 6) Minerallerin geri dönüşü sağlanır.
- 7) Doğal döngülere olan farkındalık ve bu konudaki hassasiyet artar.
- 8) Ayrıca yağmur suyu toplama sistemlerinin aksine, gri su geri kazanımı mevsime ve yağış değişimine bağlı olmadığı için devamlı güvenilir su kaynağıdır. Dolayısıyla gri su toplama tesisi için gereken depolama hacmi, yağmur suyu toplamak için gerekli olan depolama hacmine göre çok daha küçüktür.

Bu avantajlarının yanısıra;

- Kullanım suyu olarak yüksek kaliteli içme suyunu kullanmak yerine, içme suyu kalitesinde olmayan arıtılmış gri su kullanarak içme suyu kullanım miktarımızı azaltırız ve böylece doğal su kaynaklarımızın korunmasına yardımcı olmuş oluruz.
- Yerinde arıtımı yapılan gri su ile kanalizasyona verilen atık su miktarı azalacağı için belediyeler tarafından yapılan ve yüksek fiyatlara mal olan arıtım sistemlerinin hacmi azalacaktır ve yatırım maliyetleri düşecektir. Daha az enerji ve daha az kimyasal madde kullanımı sağlanacaktır.
- Gri su geri kazanım sistemleri içme suyu kullanım oranlarını azalttığı için şebeke suyu dağıtım maliyetlerinin de azalmasına sebep olacaktır.
- Gri su özellikle kurak bölgelerde bahçe sulama ve bitki yetiştirmek için değerli bir su kaynağıdır.

### 1.3. Alanya İlçesi Su Kaynakları

Alanya Türkiye'nin Akdeniz Bölgesindeki Antalya iline bağlı bir turizm ilçesidir. Yüzölçümü 1.577 km<sup>2</sup> olan Alanya'nın nüfus yoğunluğu 2015 yılı verilerine göre 185 kişi/km<sup>2</sup>'dir. İlçenin ekonomisi tamamen tarım ve turizme dayalı olduğu için hizmet sektörü iyi gelişmiştir.

Turistik bölgelerimizdeki illerde turizm tesislerinin yıl içinde tükettiği su miktarı; bina içinde 30 milyon m<sup>3</sup>/yıl, bina içi ve dışında ise toplam 90 milyon m<sup>3</sup>/yıl'dır. Turistik illerin tükettikleri su miktarı açısından Antalya ili dikkat çekicidir. Bina içi kullanım debisi 13,5 milyon m<sup>3</sup>, bina içi ve dışı toplam tüketilen su hacmi ise 44 milyon m<sup>3</sup>/yıl civarında olmaktadır. Turizm yoğunluğunun olduğu Haziran-Ekim aylarında su ihtiyacı daha da artmaktadır (Hocaoğlu *et al.* 2014). Artan su ihtiyacı

sonucunda, var olan su kaynaklarına olan baskı gün geçtikçe artmaktadır. Yaz aylarında bu baskı ilçe sakinlerince de hissedilmektedir. Oluşan bu baskıyı azaltmak için gri su arıtımı ve yeniden kullanımı önemlidir. Böylece hem var olan su kaynaklarının korunmasına katkı sağlanacak hem de doğadaki su dengesi olumlu yönde etkilenecektir.

Alanya, Antalya'nın ilçesi olduğu için gri suların arıtımı ve yeniden kullanımı; bölgenin ekonomisi, turizmi ve var olan su ve atıksu kaynaklarının yoğunluklarıyla doğrudan veya dolaylı olarak ilişkilidir. Bir turizm bölgesi olan Alanya'dan çıkan atıksular, evsel niteliklidir. Bölgedeki evsel nitelikli bu atık suların arıtılıp yeniden kullanılmasındaki engellerin başında, arıtılmış suyun tuzluluğu ve mikrobiyolojik içeriği gelmektedir. Turizm bölgelerinde endüstriyel kaynaklı kirleticiler olmadığı için özgül iyon toksisitesi sorunu da yoktur.

Arıtılmış suyun içeriğindeki tuzluluğun ve zararlı mikroorganizmaların giderilebilmesi için, klasik arıtma sistemlerinin yeterli olmadığı bilinmektedir. Arıtılmış suların güvenle yeniden kullanılabilmesi için membran arıtma ünitelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Membran teknolojileri pahalı yatırımlar olmasına karşın, arıtılmış suların yeniden kullanılmasının getirdiği çevresel ve ekonomik avantajlar dikkate alındığında sürdürülebilir çevre ve ekonomi prensiplerine uygun bu teknolojilerden faydalanmak avantajlı olmaktadır. Membran teknolojilerle arıtılmış çok iyi kalitedeki suların yeniden kullanılmasının, ekonomik kazanç verileri ile desteklenerek ortaya konulması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, gri suların oluşum sürecini belirlemek, Alanya ilçesinde seçilen pilot bir bölgenin gri su potansiyelini tespit etmek ve gri suların arıtımı için uygun bir teknoloji belirlemektir. Bu çalışma kapsamında; Gri su nedir? Gri su nasıl oluşmaktadır? Neden gri su dönüşümü yapılmalıdır? Gri su geri kazanımının faydaları nelerdir? Gri suların elde edilme yöntemleri nasıl belirlenmektedir? Gri suların kullanılma potansiyeli ne kadardır? gibi sorulara seçilen bölge üzerinden cevap aranacaktır. Literatürde bu tarz bir çalışmaya rastlanmamıştır. Elde edilen bilgiler gri su geri kazanımı yapmak isteyen belediyeler, oteller, siteler, hastaneler vb. için kullanılabilir.

## 2. Materyal ve Metot

Giriş bölümünde verilen detaylı bilgiler ile gri su geri kazanımı ve yeniden kullanımının önemi ortaya koyulmuştur. Ortaya çıkan bu sonucu sayısal verilerle de desteklemek için bir turizm bölgesi olan Alanya ilçesinde seçilen pilot bölgede (Kızılarpınarı mahallesi) bulunan 188 odalı bir otel ve 16 adet bina için gri su hesabı yapılmıştır (Şekil 2.1). Seçilen otel ve binalar birbirine yakın mesafede bulunmaktadır. Gri su hesabında duştan, lavabodan ve küvetten gelen atık sular esas alınmıştır. Ancak bazı istisnai durumlarda mutfak lavabosundan, çamaşır ve bulaşık makinasından gelen atıksuları da sisteme eklemek mümkündür.



Şekil 2.1. Alanya Kızılarpınarı mahallesi

Yapılan çalışmada 16 adet bina incelenerek her bir konutta kaçır kişinin yaşadığı sorulmuştur. Otel için ise, Kleopatra Royal Palm Otel yetkilileriyle görüşülerek kaç odadan oluştuğu, odaların kaçır kişilik olduğu ve otelin diğer fiziksel özellikleri hakkında bilgi alınmıştır.

### Kleopatra Royal Palm Otel'e ait veriler

- Alanya ilçesi Kızılarpınarı mahallesinde faaliyet gösteren, orta gelir grubuna hitap eden 4 yıldızlı bir deniz turizmi otelidir.
- Yılın 7 ayı (Nisan-Ekim) açık kalan otel ortalama %70 doluluk oranı ile faaliyette olup açık kaldığı süre içinde 82 908 kişi (2 yetişkin + 1 çocuk) misafir etmektedir.
- Sulanacak yeşil alanın büyüklüğü (çim) 4 000 m<sup>2</sup>'dir. Otelde damla sulama yapılmaktadır.
- Günlük sulama suyu miktarı (m<sup>2</sup>/gün) ve sulama yapılan gün sayısı (gün/yıl) bilinmemektedir.
- Otelde su tasarrufu için herhangi bir uygulama yoktur.

- Hesaplamalarda yalnızca odalardan gelen suların (duş, lavabo) gri su olarak arıtılması göz önünde bulundurulmuştur.

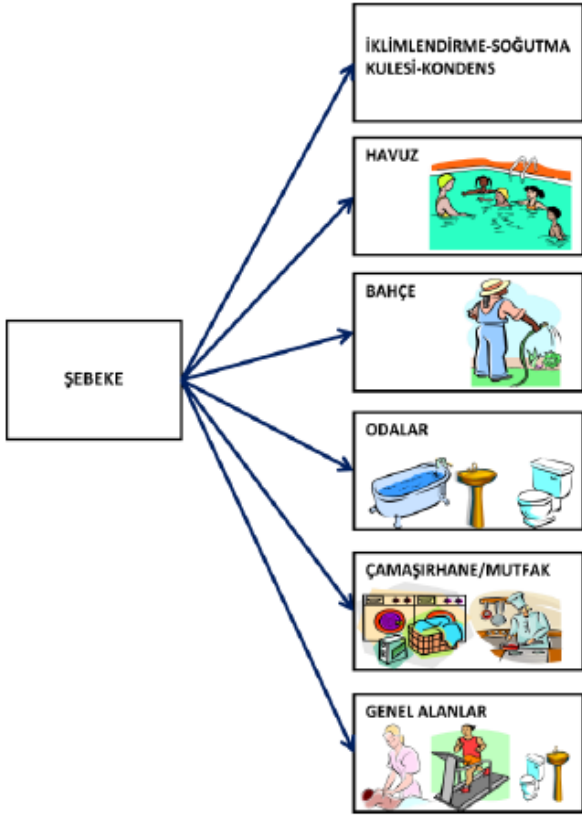
### Seçilen binalara ait veriler

Kat sayısı	Binasayısı	Konut sayısı	Binada yaşayan kişi sayısı
4	7	28	110
5	6	30	119
6	3	18	72
Toplam konut sayısı		<b>76</b>	
Toplam kişi sayısı			<b>301</b>

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Kleopatra Royal Palm otel için gri su debi hesabı

Turizm, su kullanımının yoğun olduğu sektörler arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Kullanılan su miktarını etkileyen faktörlerin başında otelin büyüklüğü, yüzme havuzu, golf sahası ve otelin yönetim sistemi gelmektedir (Tortella, 2011). Bununla birlikte, yeşil alanların ve golf sahalarının sulanması ile havuzlar için besleme suyu miktarları misafir sayısından etkilenmemektedir. Otel işletmede olduğu sürece otelin özelliklerine bağlı olarak sabit bir su kullanım miktarı olacak ve doluluğa bağlı olarak su kullanım miktarı artacaktır. Bu nedenle sadece misafir başına hesaplanan toplam su tüketimi, doluluğa bağlı olarak değişecektir. Özellikle yeşil alanın geniş olduğu otellerde, peyzaj sulama en büyük su kullanım alanıdır. Sulama yapılan yeşil alanın büyüklüğü ve diğer kullanımlara bağlı olarak değişmekle birlikte, peyzaj sulamadaki su kullanım miktarının toplam miktar içindeki payı %50-60'lara ulaşabilmektedir (Int Kyn. 2).



**Şekil 3.1.** Turizm tesislerinde en yaygın su kullanım alanları (Int Kyn. 2)

Bu bilgiler ışığında Kleopatra Royal Palm Otel için gri su debihesabı aşağıda verildiği gibi yapılmıştır.

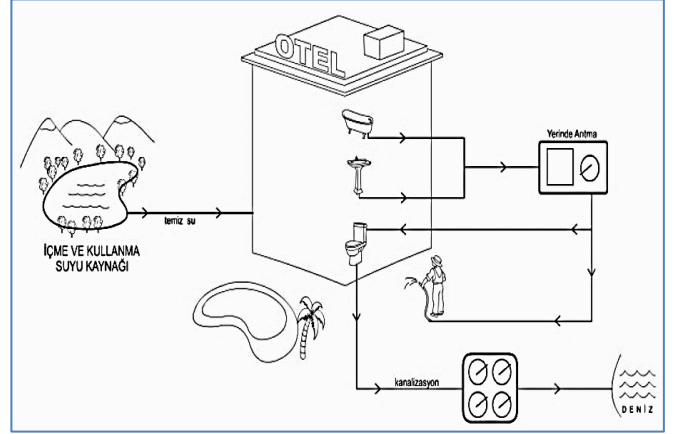
Orta büyüklükteki 4 yıldızlı oteller için günlük oluşan gri atıksu miktarı 100 L/gün.misafir'dir (Int Kyn. 3). O halde Kleopatra Royal Palm Otel için oluşan gri su miktarı:

$$Q_{\text{günlük}} = 4 \text{ yıldızlı oteller için günlük oluşan gri su miktarı} \times (\text{odalardaki kişi sayısı} \times \text{otel doluluk oranı} \times \text{toplam oda sayısı})$$

$$Q_{\text{günlük}} = (100 \text{ L/gün.misafir}) \times (3 \times 70 / 100 \times 188 \text{ oda})$$

$$Q_{\text{günlük}} = 39\,480 \text{ L/gün'dür.}$$

Hesaplanan bu debiler tuvalet rezervuarında, peyzaj sulamasında ve zemin yıkamasında kullanılacaktır. Şekil 3.2'de böyle bir uygulama örneği verilmiştir. Ancak daha önce de belirtildiği üzere geri kullanılacak suyun tekrar kullanımında bazı parametreler önem taşımaktadır. Sulama amaçlı kullanımda "Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği", Tuvalet rezervuarı amaçlı kullanımda "AB standardı (76/160/EEC)" mutlaka dikkate alınmalıdır.



**Şekil 3.2.** Turizm tesislerinde oluşan gri atıksuların ayrı toplaması ve arıtılarak peyzaj sulama ve sifon suyu olarak kullanılması (Hocaoğlu et al., 2014)

Öncelikle otel için peyzaj ve tuvalet rezervuarı debileri hesaplanacaktır.

### 3.1.1. Peyzaj sulaması için gerekli su miktarı

Kleopatra Royal Palm Otel 4 000 m<sup>2</sup> yeşil alana sahiptir. Sulama amacıyla her m<sup>2</sup> için günde 4,614 litre su gerekmektedir (Int Kyn. 3). O halde sulama için gerekli debi:

$$Q_{\text{yeşil alan}} = (\text{sulanacak yeşil alan}) \times (\text{sulama ihtiyaç kat sayısı})$$

$$Q_{\text{yeşil alan}} = (4\,000 \text{ m}^2) \times (4,614 \text{ L/gün.m}^2)$$

$$Q_{\text{yeşil alan}} = 18\,456 \text{ L/gün'dür.}$$

### 3.1.2. Tuvalet rezervuarı için gerekli su miktarı

Otellerde tüketilen karışık evsel atıksu miktarı kişi başına 250 L/gün'dür (Int Kyn. 3). Otellerdeki toplam suyun %45-50'si otel odalarında tüketilmektedir. Otel odasında kullanılan suyun %56'sı duş veya banyoda, %25'i tuvalette, %9'u lavaboda ve %10'u temizlikte kullanılmaktadır (Öztürk, 2014). O halde;

$$Q_{\text{tuvalet}} = \text{Otellerde tüketilen karışık evsel atıksu miktarı} \times \text{tuvalette kullanılan su \%si}$$

$$Q_{\text{tuvalet}} = (250 \text{ L/gün.misafir}) \times (25/100)$$

$$Q_{\text{tuvalet}} = 62,5 \text{ L/gün.misafir olarak bulunur.}$$

3 kişilik bir oda için tüketilen tuvalet rezervuar debisi ise;

$$Q_{\text{tuvalet}} = 3 \times (62,5 \text{ L/gün.misafir})$$

$$Q_{\text{tuvalet}} = 187,5 \text{ L/gün}$$

188 oda için (3 kişilik) tüketilen tuvalet rezervuar debisi:

$$Q_{\text{toplam tuvalet}} = (188) \times (187,5 \text{ L/gün})$$

$$Q_{\text{toplam tuvalet}} = 35\,250 \text{ L/gün}$$

Otel doluluk oranı %70 alındığından tuvalet rezervuar debisi;

$$Q = (35\,250 \text{ L/gün}) \times (70/100)$$

$$Q = 24\,675 \text{ L/gün olarak bulunur.}$$

Otel 7 ay %70 doluluk oranıyla işletildiği sürece günlük ortalama 24 675 litre tuvalet rezervuar debisine ihtiyaç vardır.

Otel için peyzaj sulama ile tuvalet suyu ihtiyaç debisi toplanır;

$$Q_{\text{toplam}} = (Q_{\text{yeşil alan}} + Q_{\text{tuvalet}})$$

$$Q_{\text{toplam}} = (18\,456 \text{ L/gün} + 24\,675 \text{ L/gün})$$

$$Q_{\text{toplam}} = 43\,131 \text{ L/gün'dür.}$$

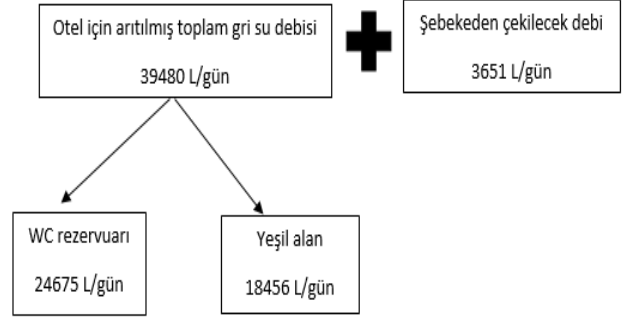
Kleopatra Royal Palm Otel için günlük peyzaj ve tuvalet rezervuar su ihtiyacı 43 131 litre'dir. Bu debi artırılmış gri sudan fazla olduğu için eksik olan debi şebekeden çekilecektir.

$$Q_{\text{şebeke}} = (Q_{\text{toplam}} - Q_{\text{günlük}})$$

$$Q_{\text{şebeke}} = (43\,131 \text{ L/gün} - 39\,480 \text{ L/gün})$$

$$Q_{\text{şebeke}} = 3\,651 \text{ L/gün olarak bulunur.}$$

Şebekeden günlük çekilecek su miktarı 3 651 litre'dir (Şekil 3.3). Şebekeden gerekli debi çekildikten sonra tuvalet rezervuarı ve yeşil alan su ihtiyacı tamamen karşılanacaktır.



**Şekil 3.3.** Kloepatra Royal Palm Otel için artırılmış gri suyun kullanım dağılımı

Toplam verim yüzde olarak hesaplanırsa;

Otelde tüketilen günlük su miktarı 250 L/gün.misafir'dir (Int Kyn. 3).Toplam tüketilen debi ise;

$$Q = (\text{tüketilen günlük su miktarı}) \times (\text{toplam misafir sayısı})$$

$$Q = (250 \text{ L/gün.misafir}) \times (188 \text{ oda} \times 3 \text{ kişi} \times 70/100)$$

$$Q = 98\,700 \text{ L/gün olarak bulunur.}$$

Bunun günlük 39480 L'si toplanan gri sudan karşılandığına göre, su tüketiminde %40 verim elde edildiği görülmektedir.

### 3.2.Binalarda Oluşan Gri Su Debi Hesabı

4 Kişilik bir ailede günlük üretilen gri su debisi hesabı aşağıda verilmiştir(Int Kyn. 4).

Kişi sayısı: 4

Kişi başı günlük lavabo kullanımı sayısı: 3

4 kişilik bir ailede günlük lavabo kullanım oranı: %100

Lavabo su tüketim miktarı: 9 L/dk

Lavabo kullanım süresi: 2 dk

Kişi başı günlük duş kullanımı: 1

4 kişilik bir ailede günlük duş kullanım oranı: %50

Duş su tüketim miktarı: 18 L/dk

Duş kullanım süresi: 10 dk

Tüm veriler çarpıldığında 4 kişilik bir ailenin günlük ortalama gri su üretimi 576 L bulunur. O halde 1 kişinin ortalama gri su üretimi  $Q_{kişi} = (576/4) = 144$  L'dir.

İncelenen 76 konut için oluşan günlük gri su debisi:

$Q_{günlük} = (\text{kişi sayısı}) \times (1 \text{ kişinin oluşturduğu gri su debisi})$

$Q_{günlük} = (301 \text{ kişi}) \times (144 \text{ L/gün.kişi})$

$Q_{günlük} = 43\ 344 \text{ L/gün}$  olarak bulunur.

76 konut günlük toplam 43 344 litre gri su oluşturmaktadır.

### 3.2.1. Konutlar için peyzaj, tuvalet ve zemin yıkama debi hesabı

#### Peyzaj sulama için tüketilecek su miktarı

Toplamda 76 konut için ortalama 765 m<sup>2</sup> yeşil alan vardır. Yeşil alan içindeki çim/süs bitkisi sulama ihtiyacı 4,614 L/gün'dür (Int Kyn. 3). Sulama yöntemi olarak damla sulama seçilmiştir. Ayrıca binalara ortalama 150 m mesafedeki çevre yolu yeşil alanı da hesaba katılarak debi hesabı yapılmıştır.

Bina yeşil alan ortalama = 765 m<sup>2</sup>

Çevre yolu yeşil alan ortalama = (5,3m×75m) = 397,5 m<sup>2</sup>

Toplam yeşil alan ise = 765 m<sup>2</sup> + 397,5 m<sup>2</sup> = 1162,5 m<sup>2</sup> dir.

O halde toplam yeşil alan için gerekli su miktarı;

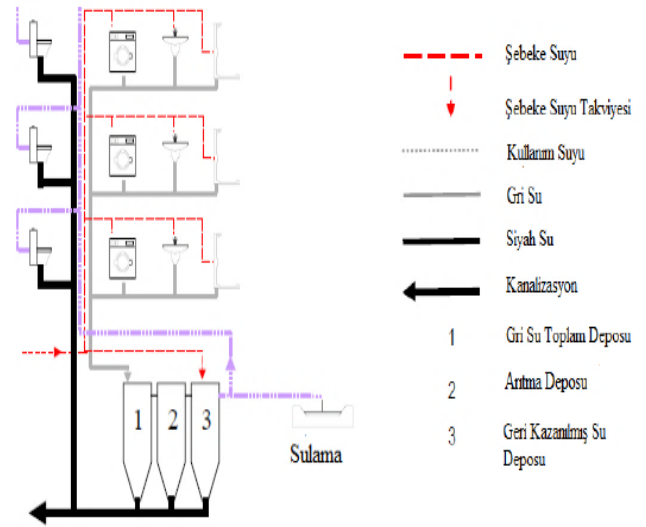
$Q_{\text{yeşil alan}} = (\text{toplam yeşil alan}) \times (4.614 \text{ L/gün.m}^2)$

$Q_{\text{yeşil alan}} = (1162,5 \text{ m}^2) \times (4,614 \text{ L/gün.m}^2)$

$Q_{\text{yeşil alan}} = 5\ 363,775 \text{ L/gün'dür.}$

Sulama sadece Nisan ve Ekim ayları arasında yapılacaktır. Kış aylarında sulama gereksinimi olmadığından geri kazanılan gri su, kanalizasyona verilecektir.

Şekil 3.4'de binalarda kurulan gri su geri kazanım sistemi verilmiştir. Bu sistemde binalardaki boru hatları farklı renklerdedir. Gri su arıtımı esnasında oluşabilecek herhangi bir hasar durumunda, hasarın tespitinde ve onarımında kolaylık sağlamak açısından bu şekilde inşa edilir. Katlardan gelen gri su, 1 nolu tanka akmaktadır. 2 nolu tank, gri su ile arıtım teknolojisinin karşılaştığı tanktır. 3 nolu tank ise arıtılmış olan gri suyun bekletildiği tanktır. Bekletilen bu kazanılmış su gerekli standartlar sağlanmışsa, peyzaj sulamasında kullanılabilir. Şekil 3.4'de binalarda kurulan gri su geri kazanım sistemi verilmiştir. Bu sistemde binalardaki boru hatları farklı renklerdedir. Gri su arıtımı esnasında oluşabilecek herhangi bir hasar durumunda, hasarın tespitinde ve onarımında kolaylık sağlamak açısından bu şekilde inşa edilir. Katlardan gelen gri su, 1 nolu tanka akmaktadır. 2 nolu tank, gri su ile arıtım teknolojisinin karşılaştığı tanktır. 3 nolu tank ise arıtılmış olan gri suyun bekletildiği tanktır. Bekletilen bu kazanılmış su gerekli standartlar sağlanmışsa, peyzaj sulamasında kullanılabilir.



Şekil 3.4. Standart gri su geri kazanım sisteminin kurulum şeması (Karahan, 2011)

#### Tuvalet rezervuarı için tüketilecek su miktarı

Otellerde olduğu gibi genel olarak evlerde kullanılan suyun da %25'i tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır (Karahan, 2011). Antalya ilinde binalarda günlük kişi başı tüketilen su miktarı ise 282 litredir (Int Kyn. 5). O halde 301 kişinin günlük tükettiği su debisi:

$Q_{\text{tüketim}} = (301) \times (282 \text{ L/kişi.gün})$

$Q_{\text{tüketim}} = 84\ 882 \text{ L/gün}$  olarak bulunur.

301 kişi için tuvalet rezervuarında gerekli su miktarı;

$Q_{wc} = (25/100) \times (84\ 882 \text{ L/gün})$



$$Q_{wc} = 21\ 220,5\ \text{L/gün}$$

Konutlar için tuvalet rezervuarı ve yeşil alan da kullanılacak toplam gri su miktarı ( $Q_{\text{toplam}}$ ) ise;

$$Q_{\text{toplam}} = Q_{wc} + Q_{\text{yeşil alan}}$$

$$Q_{\text{toplam}} = (21\ 220,5\ \text{L/gün}) + (5\ 363,775\ \text{L/gün})$$

$$Q_{\text{toplam}} = 26\ 584,275\ \text{L/gün olarak bulunur.}$$

### Yüzey sulama için tüketilecek su miktarı

Yüzey sulamanın hangi aralıklarla yapılacağı kesin olmadığı için, gerektiğinde arıtılmış gri su tankından yüzey sulama için gerekli su çekilecektir.

$$Q_{\text{yüzey sulama}} = (\text{Günlük oluşan toplam arıtılmış gri su miktarı}) - (\text{Günlük peyzaj sulama ihtiyaç debisi} + \text{Günlük tuvalet rezervuarı debisi})$$

$$Q_{\text{yüzey sulama}} = (Q_{\text{günlük}}) - (Q_{\text{yeşil alan}} + Q_{wc})$$

$$Q_{\text{yüzey sulama}} = (43\ 344\ \text{L/gün}) - (5\ 363,775 + 21\ 220,5\ \text{L/gün})$$

$$Q_{\text{yüzey sulama}} = 16\ 759,725\ \text{L/gün'dür.}$$

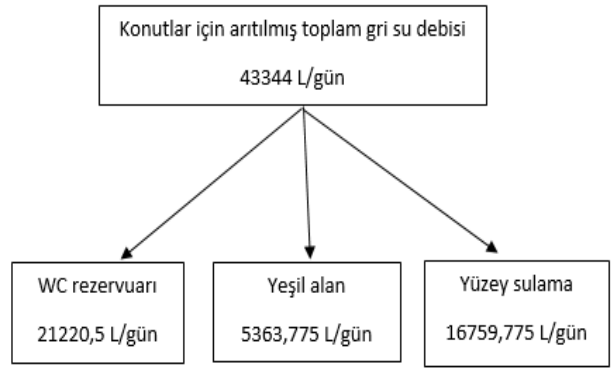
Antalya ilinde kişi başına çekilen günlük su miktarı 282 L/gün.kişi'dir. Binalardaki toplam tüketim ise;

$$Q_{\text{toplam}} = (\text{toplam kişi sayısı}) \times (1\ \text{kişinin tükettiği su miktarı})$$

$$Q_{\text{toplam}} = (301\ \text{kişi}) \times (282\ \text{L/gün.kişi})$$

$$Q_{\text{toplam}} = 84\ 882\ \text{L/gün olarak bulunur.}$$

Şekil 3.5'de konutlar için arıtılmış gri suyun kullanım dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Konutlar için arıtılmış gri suyun kullanım dağılımı

Sonuçlara göre konutlarda toplanan kazanılmış günlük gri su miktarı 43 344 litredir. Buda toplam tüketimin % 51'ine karşı gelmektedir. Geri kazanılan bu gri su tuvalet rezervuarı, yeşil alan ve zemin sulamasında kullanılacaktır. Yeşil alan sulaması yılın 7 ayında (Nisan-Ekim) yapılacaktır. Geri kalan aylarda artan gri su, yine zemin sulama debisine eklenebilecektir. Şayet zemin sulaması için arıtılan gri su miktarı fazla gelirse, gri su kanalizasyona deşarj edilecektir. Gri su arıtımının yerinde gerçekleşmesiyle kanalizasyon sistemlerine boşaltılacak olan atıksu debileri azalmış olacak ve bu sayede arıtma sistemlerinin hacmi azalacak ve yapım maliyetlerinde tasarruflar elde edilecektir.

### 4. Sonuç

Gerçekleştirilen araştırmada Alanya-Kızılarpınarı mevkinde belli sayıdaki binalarda oluşan gri su debisi hesaplanıp peyzaj sulamasında, tuvalet rezervuarında ve yüzey sulama ihtiyacında kullanıma uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Oluşan gri su debileri uygun teknoloji ile arıtılıp yeniden kullanılarak bahsi geçen konutlarda ve binalarda ekonomik ve çevresel bakımdan yararlar sağlayacaktır.

Gri su arıtımında genelde kimyasal madde ilavesi gerektirmeyen, az enerji ve bakım ihtiyacı olan sistemler tercih edilmelidir. Bunlar; Biyolojik sistemler, Döner biyolojik reaktör ve MBR sistemleridir. MBR sistemleri, geleneksel arıtma sistemlerine göre daha kısa sürede arıtma işlemini gerçekleştirdiğinden sistem için daha küçük yere ihtiyaç duyulmakta ve bu tarz otel ve site gibi alanlarda daha çok tercih edilmektedir.

Kleopatra Royal Palm Otel ve 16 bina için toplamda yıllık 30230,76 m<sup>3</sup>'su tekrar kullanıma kazanılmış olacaktır. Tüm araştırma sonucunda ortalama su verimi % 45,5'dir. Alanya'da oteller ve meskenler için uygulanan su tarifesi fiyatına yansıtıldığında ise ortalama yılda 85 004,64 TL+KDV tutarında su tasarrufu sağlanmış olacaktır (Int Kyn. 6).Çevresel ve ekonomik yararların büyümesi için Alanya'nın sadece Kızılıpınarı bölgesinde değil diğer uygun yerlerde de benzer teknoloji yapılandırılmalıdır.

Su tüketiminin çok fazla olduğu yerlerde (200 daire ve üzeri tüm konut projeleri, otel, AVM, öğrenci yurdu, ofis, iş merkezi, okul, spor salonları, sosyal tesisler, kamu binaları, toplu villa projeleri, camii vb.) arıtılmış gri suların yeniden kullanımı teşvik edilmelidir. Gri suların arıtımı, var olan enerji miktarının korunmasında veya enerji üretiminin artmasında da hiç şüphesiz olumlu rol oynayacaktır. Tabii bu sistemin uygulanabilmesi için ekonomik olması gerekmektedir. Bundan dolayıdır ki uygulayıcılar açısından net faydanın yüksek olmadığı durumlarda, ancak politikalar ve teşviklerin artması ile yaygınlaştırmanın önü açılacaktır. Teşvik etmek amacıyla birim su ve atıksu bedeli hesaplanırken atıksu geri kazanımına olası etki değerlendirilmeli, otellerde yatak başına alınan atıksu ücret uygulamalarına son verilmelidir.

## Kaynaklar

Falkenmark, 1989. The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed.*Ambio* 18, no. 2, 112-118.

Gleick, P.H., 2000. The Changing Water Paradigm a Look at Twenty-First Century Water Resources Development, *Water International*, c.25/1, 127-138.

Hocaoğlu, S.M., et al., 2014. Turizmde Çevre Dostu Atıksu Yönetim Modelinin Oluşturulması Projesi Fizibilite Raporu, 5128703 (TÜBİTAK MAM ÇTÜE.14.173)

Karahan, A., 2011. Gri Suyun Değerlendirilmesi. *IX. Ulusal Tesizat Mühendisliği Kongresi*, 1155-1164.

Öztürk M. 2014. Otellerde/Motellerde Verimli Su Aydınlatma ve Isıtma Enerjisi Kullanımı, 19.

Tanık, A., et al., 2016. Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı) (2. Baskı), Ankara, Nisan 2016.

Tortella, B.D., Tirado, D., 2011. Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the island of Mallorca. *Journal of Environmental Management* 92, 2568-2579.

Üstün, G.E., Tirpancı, A., 2015. Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanım. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 20, Sayı 2: 119-139.

WWAP (World Water Assessment Programme). 2012. The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris, UNESCO.

## İnternet kaynakları

1-

<http://www.cygm.gov.tr/cygm/files/eylemplan/aateylemplan.pdf> (2.2.2017)

2-

[https://www.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Final\\_Raporu.pdf](https://www.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Final_Raporu.pdf) (2.2.2017)

3-Oteller İçin Atıksu Geri Kazanım Hesaplama Aracının Kullanım Kılavuzu ve Açıklamalar <http://www.csb.gov.tr/db/tay/webmenu/webmenu13380.pdf> (6.11.2016)

4-<http://www.aktifcevre.com.tr/urunlerdetay/gri-su-geri-kazanim> (17.12.2016)

5-

<http://www.tuik.gov.tr/ilGostergeleri/iller/ANTALYA.pdf> (28.1.2017)

6-

<http://www.asat.gov.tr/index.php?page=pages&PID=425> (3.02.2017)