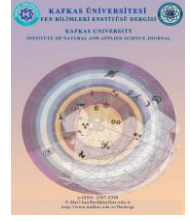




## Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

### Evsel Atık Suları ile Yağmur Sularının Geri Dönüşüm Serüveni

Yurdağül AYAZ<sup>1</sup>, Mehmet Ali KIRPIK<sup>2\*</sup>, Tuğba DALDAL<sup>3</sup>, Serhat ÇAKIR<sup>3</sup>, Azra DALDAL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Milli Eğitim Bakanlığı, Mustafa Barut Anadolu Lisesi Küçükçekmece-İstanbul-Türkiye

<sup>2</sup> Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Kars-Türkiye

<sup>3</sup> Şehit Binbaşı Bedir Karabıyır Çok Programlı Anadolu Lisesi Küçükçekmece, İstanbul-Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 04. 12. 2023, Kabul / Accepted: 11. 02. 2024, Online Yayın / Published Online: 05. 08. 2024)

#### Anahtar Kelimeler:

Gri su,  
İçme suyu,  
Yağmur suyu,  
Aktif karbon,  
Klor tableti.

**Özet:** Bu çalışmada Türkiye ve dünyadaki su ihtiyacının bir kısmının karşılanması için çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, evlerin giderlerinden aklanan gri suların, makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle oluşan basit arıtma yöntemi ile arıtılarak kullanma suyu olarak, yağmur suyunun da aynı şekilde arıtılıp dezenfekte edildikten sonra içme suyu olarak geri kazanılması amaçlanmıştır. Çalışmanın ana materyali bir ev maketi ile iki yanına konulan su toplama tanklarından oluşmaktadır. Çalışmada, evin bir tarafına üst üste konulan gri suyun toplanıp arıtıldığı iki tane plastik tank bulunmaktadır. Üst depoya az kirli gri su evin balkonundan akvaryum hava motoru ile hareketlendirilerek verilmiştir. Yağmur suları için; evin diğer tarafına da üst üste iki depo konulmuş; üstte çatıdan gelen yağmur suyunun biriktiği depo alta ise arıtılmış yağmur suyunun akıtıldığı depo bulunmaktadır. Arıtılmış gri su, toplanan yağmur suyu, arıtılmış yağmur suyu ve çeşme suyu ile 4 farklı saksıya maydanoz tohumu ekilip büyütülerek çalışma tamamlandı. İlk aşamada; 4 saksıya ekilen maydanoz tohumları arıtılmış gri su, toplanan yağmur suyu, arıtılmış yağmur suyu ve çeşme suyu ile sulandı. İkinci aşamada, yağmur suları biriktirilerek birinci aşamadaki arıtma yöntemiyle filtre edilerek dezenfeksiyonu yapılmıştır. Saksılara ekilen maydanoz tohumlarının ilk çimlenmesi; ekilmesinden 18 gün sonra gerçekleşmiştir. Diğer saksılardaki tohumlar da sonraki günlerde çimlenmişlerdir. En fazla gelişen bitkinin arıtılan gri su ile sulanan saksıdaki tohum olduğu gözlemlendi.

### Recycling Adventure of Domestic Wastewater and Rainwater

#### Keywords:

Gray Water,  
Drinking Water,  
Rain Water,  
Activated Carbon,  
Chlorine Tablet.

**Abstract:** In this study, it is aimed to produce a solution to meet some of the water needs in Türkiye and the world. In the study, the waste, gray water flowing from the drains of the houses was purified with a simple purification method consisting of arranging make-up cotton, activated carbon, fine sand, coarse sand and pebbles on top of each other and used as drinking water, and rain water was purified and disinfected in the same way and then used as drinking water. It is intended to be recycled. The main material of the study consists of a house model and water collection tanks placed on both sides. In the study, there are two plastic tanks placed one above the other on one side of the house, where gray water is collected and purified. Slightly polluted gray water was supplied to the upper tank from the balcony of the house by agitating it with the aquarium air motor. For rain water; On the other side of the house, two warehouses were placed on top of each other; There is a tank at the top where rainwater from the roof accumulates, and at the bottom there is a tank where purified rainwater is drained. The study was completed by planting and growing parsley seeds in 4 different pots with treated gray water, collected rainwater, purified rainwater and tap water. First stage; Parsley seeds planted in 4 pots were watered with purified gray water, collected rainwater, purified rainwater and tap water. In the second stage, rainwater was collected and filtered and disinfected

with the same purification method as in the first stage. First germination of parsley seeds planted in pots; It took place 18 days after planting. The seeds in the other pots also germinated in the following days. It was observed that the most growing plant was the seed in the pot watered with purified gray water.

\*İlgiliyazar: mhmtalirkpk@gmail.com  
DOI: 10.58688/kajs.1399620

## 1. GİRİŞ

Su, insan hayatı için vazgeçilmeyen temel ihtiyaç maddelerinin en başında gelmektedir. Su, hem insanların hayat kaynağı hem de tabiattaki canlıların büyüüp gelişebilmeleri için temel ihtiyaç maddesi olarak bilinmektedir (Özbilen, 2005).

Yeryüzü, su kaynakları açısından zengin sayılmaktadır; ancak bu kaynakların az bir miktarı kullanılabilir durumdadır. Yerküredeki mevcut su miktarının içinde, tatlı suyun kullanılabilirlik oranı yaklaşık olarak %0,8 olduğu bildirilmektedir (Yılmaz, 2015). İnsanın hayattaki en önemli ihtiyaçlarının başında gelen temiz su kaynakları, artan dünya nüfusuna, gelişen endüstrileşmeye, kentleşmeye, tarımda kullanılmaya paralel olarak sürekli azalmaktadır. Su kaynaklarının azalmasında en önemli etken olarak görülen Dünya nüfusu, mevcut verilere göre her geçen yıl %1,7-1,9 oranında artmaktadır (Aksu, 2011). Kullanılabilir suyun azalması kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi dünya nüfusunun artışı, gelişen sanayileşme, köylerden şehirlere göç ve tarımda kullanılan sulama suyu oranının fazlalığı olarak belirtilmektedir (Menteşe, 2017).

Küresel anlamda ciddi nüfus artışı hem içme ve kullanma suyu ihtiyacını önemli ölçüde artırmaktadır. Kullanma suyunun endüstriyel faaliyetler için kullanıldığı bilinmektedir. Önümüzdeki 10 yıl içinde sanayideki su ihtiyacının 1,4 kat, evsel su ihtiyacının ise 1,9 kat artacağı bildirilmektedir (Postel ve Richter, 2012). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne göre, 1995 senesinde su azlığı yaşayan nüfusun dünya nüfusuna oranı %29'dan 2025 senesinde %34'e, 1995 senesinde su stresi yaşayanların dünya nüfusuna oranı ise %12'den 2025'te %15'e artacağı belirtilmektedir (Yerebakan, 1999).

Buradan anlaşılacağı gibi su kaynakları dünya nüfusuna yetememe ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu da alternatif su kaynağı bulma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Ülkemizin 2019 verilerine göre yıllık kişi başı su kullanma miktarı yaklaşık 1.500 m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Türkiye bu rakamla suyu az olan ülkelerin arasına girmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'ten alınan bilgiye göre ülkemizin nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağı belirtilmektedir. Bu durumda kişi başına düşen yıllık su kullanma miktarının ise 1.120 m<sup>3</sup> seviyelerine kadar azalacağı öngörülmektedir. Bu sebeple yapılan çalışmalar ilerleyen süreçte susuz kalınmaması için kirli suların arıtılıp kullanılmasına yönelecektir (Karakuş vd., 2010). Türkiye'nin son 60 yılda 1 milyon 400 bin hektar sulak alanın kuruduğu bildirilmektedir. Ülkemize yıllık 501 milyar metreküp yağış düşmektedir. Bunun %37'si 186 milyar metreküpü olup akışa geçmektedir. 95 milyar metreküp su da kullanılabilir hale dönüşmektedir (Karakuş vd., 2010). Türkiye'deki tatlı su

kaynaklarının yaklaşık %80'i sulama işinde kullanılmaktadır. Bu rakam çok büyük olduğu için mevcut suyun azalacağı düşünülmektedir. Bu ihtiyaca karşılık olası su yetersizliği karşısında çözüm yolları aranmaktadır. Devlet kurumları bu soruna zor ve büyük ölçekli çözümler üretmişler, ancak toplam suyun yerini değiştirmekten başka bir iş yapamamışlardır. Bu yöntemler; literatürde büyük barajlar, su kemerleri, çok uzak mesafeler arası boru hatları gibi metotlar olarak bildirilmiştir (Karakuş vd., 2010).

Genel olarak ülkemizde ve dünyada küresel ısınmanın sebep olduğu aşırı sıcak iklim, çevre kirliliği, suyu hesapsızca harcama, su ihtiyacının artması gibi sebeplerden dolayı alternatif su kaynakları arayışına gidilmektedir (Altındaniz, 2012). Türkiye'de de atık suların geri dönüştürülmesi ile ilgili ulusal mevzuat ilk defa 7 Ocak 1991 tarihinde 20748 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği" Bölüm 7'de neşredilmiştir. Hatta çoğu ülkelerdeki çiftçilerin atık suların arıtıldıktan sonra tarımda kullanıldığına dair bir bilgisi olmadığı tespit edilmiştir. Ülkemizde arıtma işletmesinden çıkan atık sular (arıtılıp ve/veya arıtılmadan) herhangi bir ortama deşarj edildiği görülmektedir (Bingül ve Altıkat, 2017).

Sulamada kullanılacak arıtılmış atık su farklı bitki türlerinin büyüme ve gelişimini aynı derecede etkilemediği belirtilmektedir. Atık sular ile yetiştirilebilecek bitkiler şu şekilde sıralanmaktadır: Yem bitkileri (yonca, ot ve çim çeşitleri), kültür bitkileri (mısır, buğday, arpa, çavdar, pirinç, baklagiller, akdakı, şeker pancarı, pamur, keten, yağ bitkileri ve tütün), kültürü yapılan sebzeler (domates, patates, salatalık, enginar, brokoli, ıspanak, soya fasulyesi, fasulye, kabak, karnabahar ve bamy), meyveler (turunçgiller, elma, çilek, üzün, muz ve diğerleri). Bunların yanısıra çeşitli ağaçlar, ormanlar, sus bitkileri ve çiçekler olarak bildirilmektedir. Bu bitki türlerinin su ihtiyacını karşılayacak su miktarı azımsanacak bir rakam değildir.

Tarımsal sulama işlerinde arıtılmış atık suların kullanılması ile;

- Susuzluktan kaynaklanan su kıtlığı önlenebilir
- Atık sular denizlere gitmekten kurtularak bertaraf edilmiş olur
- Atık suların kalitesi yüksek olanlar, ileri teknoloji ile arıtılarak içme suyu olarak kullanılabilir.

Gri su, evlerin giderlerindeki atık suyun sarı kahve su içermeyen kısmına denir. Başka bir deyimle banyo küvetinden, lavabodan, mutfaktan, çamaşır ve bulaşık makinelerinden gelen atık su, gri su olarak adlandırılmaktadır. Bu atık su, toplam atık suyun hacimce yaklaşık %77'lik bir kısmını oluşturmaktadır (Kutlu vd., 2017). Gri sular az kirli ve çok kirli gri su olarak iki gruba ayrılmaktadır. Az kirli gri su mutfak, duş ve el yıkama lavabosundan giden atık su olarak belirtilmektedir. Çok kirli

gri su ise bulaşık ve çamaşır makinesinden atılan su olarak bilinmektedir. Az kirli gri sudaki askıda katı madde konsantrasyonu çok kirli gri sudaki askıda katı madde konsantrasyonundan daha az olarak bilinmektedir. Bu değer az kirli gri suda 12-315 mg/L, çok kirli gri suda ise 29–505 mg/L aralığında görülmektedir (Boyjoo vd., 2013). Gri su; saç kılı, vücut yağı ve kiri, sabun ve şampuan artığı gibi kolay ayrışabilen bileşenlerden meydana gelmektedir. Gri su kısa bir zaman diliminde arıtma işleminden geçirilmelidir. Arıtma işlemi geciktirilirse sülfatlar yardımıyla bozulmaya başlamaktadır. Bu da kokuşma oluşmasına sebep olmaktadır. Sudaki organik maddelerin ölçümü; BOİ (biyokimyasal oksijen ihtiyacı) ve KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) parametrelerinin ortalamaları alınarak ölçülmektedir (Karahana, 2011). Gri suyu arıtma işlemi, suyun kirlilik derecesine bağlı olarak fiziksel, kimyasal ya da biyolojik tekniklerle yapılmaktadır. Fiziksel arıtma işlemleri çöktürme ve filtrasyon olarak belirtilmektedir. Filtreleme en önce yapılmakta sonra ise ihtiyaca bağlı olarak biyolojik ya da kimyasal arıtma yapılması önerilmektedir. Filtrasyon işlemi; kum filtre, kaba filtre ya da membran filtre ile askıda katı madde ile bazı organik kirleticiler ve patojenlerin yok edilmesi için yapılmaktadır.

Membran, iki homojen ya da duruma göre homojen-heterojen iki faz arasındaki seçici geçirgen bir set olarak tanımlanmaktadır. Membran filtreler; maddeleri seçip ayırması sebebiyle kirli fazı temizlemeye yarayan önemli bir ayırma malzemesi olarak bilinmektedir. Membran filtreler genel olarak içme suyu, evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmasında kullanılmaktadır. Membranların temel maddesinin aktif karbon olduğu bilinmektedir (Gultas vd., 2017). Fiziksel arıtma tekniği ile azot, fosfor, potasyum gibi nutrient maddelerin arıtılmadığı belirtilmiştir. Gerektiğinde hem partikül hem de nutrient giderimi için kimyasal arıtma teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknik ise; elektrokoagülasyon, fotokatalitik oksidasyon, iyon değiştiriciler ve toz aktif karbon ile uygulanan metotlardır. Kimyasal madde kullanılmadan ise biyolojik arıtma yöntemleri ile de gri suyu arıtmanın mümkün olduğu bildirilmektedir. Gri su biyolojik arıtma yapılırken; yapay sulak alan (CW), döner biyolojik reaktör (RBC), ardışık kesikli reaktör (SBR), membran biyoreaktörü (MBR) metotları kullanılmaktadır. Membran biyoreaktörü dışında kalan metotlarda ön arıtma (filtreleme ve çöktürme) mutlaka yapılmalıdır. Gri su en son olarak da UV ya da klor ile dezenfekte edilmelidir (Üstün ve Tırpancı, 2015). Membran malzemeleri aktif karbon dışında polimer ve seramik olan malzemeden de yapılmaktadır. Polimer malzemeden yapılan membranlar genellikle polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinildenflorid (PVDF) gibi organik polimerler kullanılarak elde edilmişlerdir. Membranların gözenek kalitesi, mekanik dayanımı yüksek seviyede olmalıdır. Ayrıca membranı oluşturacak malzemenin uzun süreli işlemlerde sıcaklığa ve kimyasallara karşı yüksek performansta olması beklenmektedir (Koyuncu, 2018).

Gri sular Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri gibi bazı ülkelerde arıtmadan direk kullanılmaktadır. Ancak bu durum bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu riskler; hastalık yapıcı bakteri ve mikroplar olarak bilinmektedir. Bunun için insan vücudu ile direk temas etmemelidir. Yine bu ülkeler gri suyu arıtmadan sulama işleminde

kullanılmaktadır. Fakat burada da uzun süreli kullanım yapılmasının bitkilere zarar verdiği belirtilmiştir. Bu zarar ise deterjan ve sabunları, yağların, kimyasal tuzları toprağın yapısını bozması olarak belirtilmektedir. Ayrıca gri suyun direk kullanımı yer altı sularının kirlenmesine de sebep olmaktadır (Üstün ve Tırpancı, 2015). Gri suyun geri arıtılıp geri dönüşümünün sağlanmasıyla yeryüzü su kaynakları da muhafaza edilmektedir. Eğer gri su atıldığı yerde arıtılırsa kanalizasyona verilmeyeceği için belediyelerin atık su arıtmasına katkıda bulunmuş olunacaktır. Bu da milli gelir demektir. Gri su, peyzaj alanlarında ve tarımda sulama için kullanıldığında ise; bileşimindeki organik maddeler sayesinde toprağı besleyeceği belirtilmektedir (Kutlu vd., 2017).

Arıtma sistemlerindeki en önemli adsorban (yüzeyde tutucu madde) aktif karbon olarak bilinmektedir. Bu adsorbanın tarihte en eski kullanımı MÖ 1500 ve MS 13. Yüzyıl olarak bildirilmektedir (Çetinkaya, 2015).

Aktif karbon bileşiminde karbon oranı çok yüksek olan bir madde olarak belirtilmektedir. İç yüzey alanı, mikro gözenekli yapısı, gözenek hacminin genişliği ve yüzey reaktivitesi sayesinde çok fonksiyonel bir adsorban olarak görev yapmaktadır. Belirli bir kimyasal formülü olmadığı belirtilmektedir. Aktif karbonun eşsiz bir adsorban oluşu genişletilmiş yüzey alanı, mikro gözenekli yapısı, yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve yüzey reaksiyon aktifliği ile sağlanmaktadır (Geyik, 2019).

Su ve sudan yararlanmak insanın temel hakkı olup ihtiyaç maddelerinin en önemlisi sayılmaktadır. Birleşmiş Milletler ekonomik, sosyal ve kültürel haklar komitesi de suyun insanın temel haklarının başında geldiğini açıklamıştır. Dolayısıyla su ihtiyacı kalkınmanın önemli kriterlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Özbilen, 2005).

İçme suları, genel olarak içme, yemek yapma, temizlik vb. amaçlar için kullanılan ve TS 266'daki şartları sağlayan insanların içme ve kullanma ihtiyaçları için kullanıldığı şehir şebekeleri, kuyu, çeşme suları, çeşitli yöntemlerle arıtılmış dere, nehir ve göl, baraj suları ile kaynak sularıdır (Beyribey vd., 1997).

Günümüzde yağmur suları da arıtılıp artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Bilhassa büyük işletmelerde (Hava limanları, askeri bölgeler, stadyumlar, turistik tesisler) bu uygulamayı gerçekleştirmektedir. Çok geçmiş yıllarda daha ilkel olarak sarnıç sistemi kullanılmaktaydı. Sarnıçların sistemi yer altına su kaçırmayacak şekilde gömülerek gerçekleştirilmiştir. Yağmur suları ev ve işyeri damlarından toplanıp sarnıca akıtılmaktadır. Sarnıca gelen yağmur suyu silis kumu ile filtrelenerek temizlenmektedir. Bu filtre yaklaşık bir metre yüksekliğindeki kum ve çakıl süzgecinden meydana gelmektedir (Şahin ve Manioğlu, 2011). Yağmur suyu depolanıp hiçbir arıtmaya ihtiyaç duymadan peyzaj alanı ve bahçe sulamada rahat bir şekilde kullanılmaktadır. Hatta bu uygulama maliyet, sürdürülebilirlik, bakım, erişim kolaylığı açısından da avantajlı görülmektedir. Bu uygulamaların az ya da çok her türlü sulama suyu ihtiyacında kullanılabileceği belirtilmiştir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

İçme suyu, renk, koku, tat ve içerik bakımından mikroorganizmalardan arınmış olan sulardır. Kalite bakımından incelendiğinde birinci sırayı kaynak suları ikinci sırayı da kuyu suları almaktadır. Bu iki su çeşidi de hiçbir arıtmaya tabi olmadan kullanılabilir. Fakat bu suların miktarı az olup büyük kentlerin su ihtiyacına yetmemektedir. Bu sebeple ırmak, dere ve göl suları zararlı mikroorganizmalardan arındırmak için dezenfekte edilerek kullanılmaktadır. Dezenfeksiyon işlemi, klor ve klor türevleri ile yapılmaktadır (Yalçın vd., 2004).

TSE standartlarında arıtılmış suyun belirli kalite şartları bulunmaktadır. Bu kriterler TS 266 (2005)'te

- Zehirli maddeler
- Sağlığa zararlı maddeler
- Kirlenmeyi gösteren maddeler
- Radyoaktif maddeler şeklinde belirtilmektedir.

İçme suyu arıtma teknikleri; havalandırma, dezenfeksiyon, koagülasyon ve flokülasyon, sedimentasyon, filtreleme ve son dezenfeksiyon işlemlerinden oluşmaktadır. Bunlardan sonra da bulaşıcı hastalıklardan korunmak için klorlama yapılmaktadır. Dezenfeksiyon bir çeşit kimyasal arıtma işlemidir. İçme suyu; klor, kireç kaymağı, klor dioksit, çamaşır suyu, iyot, potasyum permanganat, ozon ve ultraviyole ışınlar ilave edilerek dezenfekte edilmektedir (Akgör vd., 2006). Klorlama, ozonlama ve ultraviyole radyasyonu (UV) içme suyu dezenfeksiyonunda kullanılan metotlar olarak bildirilmektedir. Klor bu işlem için en ideal yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem hem ucuz hem de suyun dağıtıldığı şebekede etkisini uzun süre sağlayan teknik olarak bilinmektedir. Yükseltgenme gücü daha fazla olan ozon, klora göre renk ve koku giderimi için daha iyi bir metot olarak görülmekte ancak uzak yere gidecek şebeke suyunun arıtılmasında klor kadar uzun süre kalmadığı tespit edilmiştir. UV yöntemi ile su dezenfeksiyonu klor ve ozon kullanılarak yapılan yöntemden daha etkili fakat bu metodu daha çok büyük işletmeler tercih etmektedir (Gümüş ve Akbal, 2013).

Yerin üstündeki suların sıcaklığı, mevsimlere göre farklılık göstermektedir. İçme suyunun sıcaklığı +14 °C olmalıdır (Aksu, 2019). Genel olarak tüm ülkelerde içme suyu şebekelerindeki minimum güvenli bakiye klor aralığının 0,2–0,5 ppm seviyesinde olması istenmektedir. Halk sağlığını tehlikeye sokmayacak en yüksek bakiye klor seviyeleri ise 4–5 ppm seviyelerine olması önerilmektedir (Yiğit vd., 2017).

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), A.B.D. ve Hollanda İçme Suyu Standartlarına göre belirlenen içme suyu pH standart değeri 6,5–9,2'dir. Klorür için standart değer 600 mg/l; hedef 200 mg/l'dir. Bu veriler ülkemizdeki TS 266'daki içme suyu standartları ile uyumludur. Bakiye klor ise TS 266'ya göre 0,5 mg/l'dir. Hedeflenen değer bakiye klor için 0,1 mg/l olarak belirtilmiştir (Zoroğlu, 2019).

Kütük ve Yüceer, (2020)'nin beyanına göre; yağmur suyu arıtılırken filtrasyon metodu kullanılmaktadır. Yapılan arıtma işleminde çakıl ve ince kumdan oluşan filtreleme düzeneği kullanılmıştır. Bu sistem her şirket için farklı olarak uygulanmaktadır. Buna rağmen maliyeti düşük bir yöntem

olarak belirtilmiştir. Bunun sebebinin yağmur suyunun oluklardan kendiliğinden hızlı bir şekilde gelmesi olarak bildirilmiştir. Buna istinaden yağmur suyu artırılırken ek maliyet gerekmediği de görülmüştür. Toplanan yağmur suyu ile duş alma, tuvalet sifon ve taharet musluklarında kullanma yangın söndürme, araç yıkama, havuz doldurma, yer altı suyu beslenmesi tüketiminde kullanılmaktadır (Kütük ve Yüceer, 2020).

Metcalfe, vd., (2007)'nin beyanına göre; Suyun arıtılıp geri dönüştürülmesinin gelecekteki faydaları şu şekilde belirtilmektedir.

Temiz su kaynaklarının korunumu;

- Suyun kirlenmesine sebep olabilecek nütrientlerin kontrolünün sağlanması
- Dışarı atılan atık su azalacağı için topraktaki zarar gören canlıların korunması Ekonomik üstünlük sağlanması
- Evsel ya da endüstriyel atık sularındaki potasyum, azot ve fosfor gibi bileşiklerin gübre etkisi yaparak toprağı beslediği bildirilmektedir. Böylece gübre kullanımı azalmış olacaktır (Metcalfe vd., 2007).

Altındaniz (2012)'nin beyanına göre;

İstanbul'da yapılan bir uygulamada; az kirli gri suyun artırılarak değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Çünkü az kirli gri su, toplam gri suyun %40-50 oranını oluşturmaktadır. Bu su artırılınca seçilen pilot sitedeki sulama suyunun iki üç katı elde edilmektedir. Az kirli gri su arıtma tekniğinin daha kolay olması, depolama hacminin küçülmesi, sistem kurulum maliyetini düşürdüğü belirtilmiştir. Ayrıca harcanan enerjinin az olması, kolay bakım yapılması da avantajları arasında sayılmaktadır. Elde edilen verilere göre; az kirli gri su artırılınca 16 yıl sonra kendi maliyetini karşılayabileceği sonucu çıkarılmıştır. Gri su arıtılıp sulamada kullanılınca, sadece peyzaj sulamasındaki geri kazanım yıllık 4.214 m<sup>3</sup> şebeke suyunun eşdeğeri olduğu bildirilmektedir (Altındaniz, 2000). Arslan-Alaton ve arkadaşları (2010)'nin beyanına göre; Türkiye'deki atık su arıtma işletmelerinin genel kritiğini ortaya koydukları çalışmada, yüksek kalitede su arıtımı yapılamadığını belirtmişlerdir. Buna sebep olarak ta; kullanılacak arıtma tekniğinde optimum metodun kullanılmaması olarak bildirilmiştir. Sonuç olarak su arıtma tekniklerinden membran arıtma sistemini diğer arıtma tekniklerine göre en üst seviyede göstermişlerdir (Arslan vd., 2010).

Bu çalışmada Türkiye ve dünyadaki su ihtiyacının bir kısmının karşılanması için çözüm üretilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, evlerin giderlerinden aklanmış gri suların, makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle oluşan basit arıtma yöntemi ile artırılarak kullanma suyu olarak, yağmur suyunun da aynı şekilde artırılıp dezenfekte edildikten sonra içme suyu olarak geri kazanılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışma 4 Ocak 2020 tarihi ile 23 Şubat 2020 tarihleri arasında İstanbul'un Küçükçekmece ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ilk iş olarak gri suyu ve yağmur suyunu arıtmak için Karaköy'den aktif karbon, deniz kıyısından ince ve kalın kum, çakıl taşları, marketten makyaj pamuğu ve pet şişe temin edilmiştir. Pet şişe altından kesilerek makyaj pamuğu, aktif karbon, ince kum, kalın kum ve çakıl taşlarının üst üste dizilmesiyle arıtma düzeneği yapılmıştır. Bu düzeneğe çalışmanın ana materyali olan ev maketinin iki yanına üst üste konulan 4 tane plastik su tankından oluşmaktadır. Evden çıkan az kirli gri su balkondan depolara aktarılacaktır. Bu suyu havalandırmak için elektrikçiden temin ettiğimiz akvaryum hava motoru kullanılmıştır. Yağmur suyu ise arıtılması için evin çatısından ince bir hortumla evin diğer yanındaki pet şişedeki düzeneğe arıtılarak tanka alınmıştır (Şekil 1).

Bu çalışmanın gerekliliği ve gerçekliği arıtılan ve arıtılmayan sularla bitki yetiştirilerek teyit edilmiştir. Yağmurlardan toplanan yağmur suları bu çalışmada, bitki sulama ve arıtarak içme suyu elde etmek için kullanıldı. İçme suyu ayrıca eczanelerden temin edilen klor tabletleri ile dezenfekte edildi. İçme suyunun kalitesini anlamak için TDS (Total Dissolved Solids, yani toplam çözünmüş madde miktarı) cihazı temin edilerek suyun içilebilirliği belirlendi.

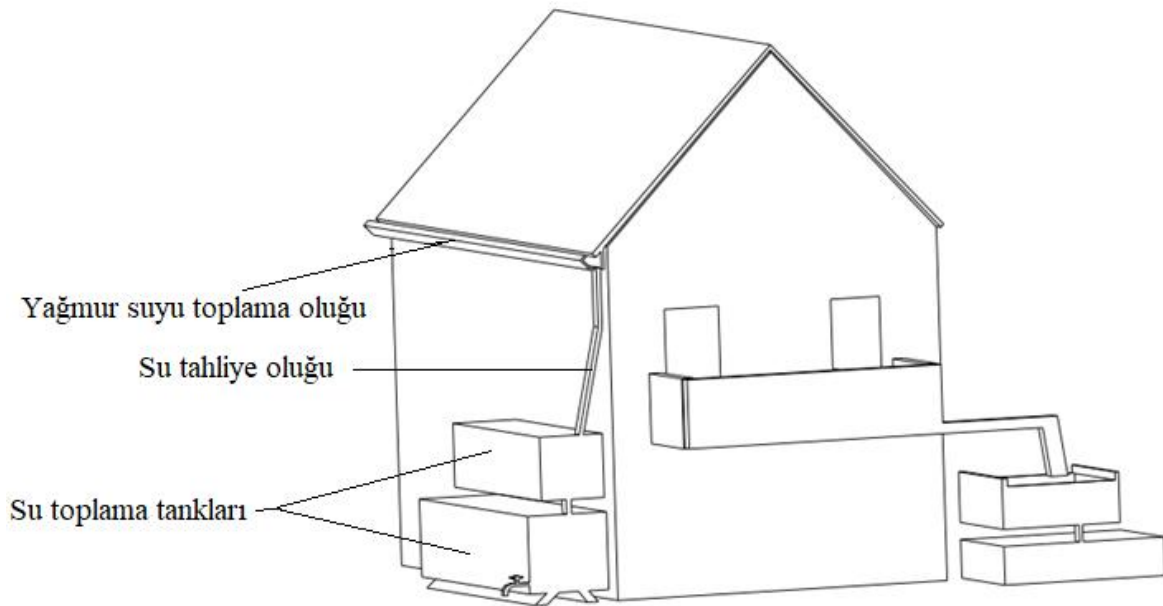
## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullandığımız maydanoz tohumlarından ilk olarak az kirli gri su ile sulanan saksıdaki maydanoz tohumu 18. günün sonunda çimlenmeye başlamıştır. 2. sırada çimlenen maydanoz tohumları 24. günde arıtılmamış yağmur suyu ile sulanan saksı olmuştur. 3. sırada 27. günde arıtılan

yağmur suyu ile sulanan saksı çimlenmiş en son 29. günde çeşme suyu ile sulanan saksı çimlenebilmiştir. Az kirli gri su ile sulanan saksı daha belirgin gelişme göstermektedir. Bu da bize çalışmamızda kullandığımız arıtılmış gri suyun sulamaya uygun olduğunu göstermiştir; ancak arıtılmayan az kirli gri suların sulama için uygun olmadığı belirtilmektedir. Bu da bize az kirli gri suların bir arıtma işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılmasının sürdürülebilir neticeler vereceğini göstermiştir.

Günümüzde suyun geri dönüşümü, bilimsel araştırma kurumları tarafından önceliği olan konuların başında gelmektedir. "Akarçay Havzasında Arıtılmış Atık Suların Yeniden Kullanılmasının Araştırılması Çalışması" bu işin profesyonel bir bakışla uygulandığını göstermektedir. Bu çalışma ile Afyonkarahisar Atık Su Arıtma Tesisi arıtılmış suyu tarımda kullanarak kuru tarımdan sulu tarıma geçmede öncülük edeceği düşünülmektedir. Bahsi geçen çalışmada da belirtildiği üzere atık suyun geri dönüşümünü desteklenmektedir. Atık suyun arıtılıp sulamada kullanılması, tarımda ekonomik anlamda ciddi bir katkı sağlamaktadır. Böylelikle o bölgede tarımla uğraşan insanların mali gücü artmış olacaktır. Hatta bu arıtma sistemlerinin bahçelere yakın olması durumunda toprağın ihtiyaç duyduğu besinin bir an önce toprağa geçmesi verimi artıracaktır.

Çalışmada atık gri su ve yağmur suyunu; arıtma işleminden geçirerek geri dönüşümünün ve yenilenebilmesinin mümkün olabileceği üzerine çalışıldı. Çalışmadaki en önemli husus: yağmur suyunun filtre edilerek ya da edilmeden güvenle kullanma suyu olabileceği, gri suyun ise önce filtre edilip, sonra klorlanarak arıtıldıktan sonra evlerde (tuvalet sifonları, temizlik), bahçe ve tarımdaki sulama işlemlerinde sıfır riskle kullanılabilmesinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmanın ikinci aşaması, yağmur suyundan içme suyu elde edilebilmesi, bu yolla yeryüzündeki kuraklığın getirdiği susuzluğun önüne geçilebilme açısından



Şekil 3. Yağmur suyunun depolanma şeması (İzometrik görünüş, Ölçek 1:30).

büyük önem arz etmekte ancak arıtılan yağmur suyu, yeme ve içmede kullanılacağı için dezenfeksiyonunun dikkatli yapılmasının gerektiği önerilmektedir. Ayrıca içme suyunun tadı alışılmışın dışında olabilecektir. Fakat çöl iklimi gibi şartlarında bu tat farkının önemli olmayacağı kanaatindeyiz. Arıtılan gri su, narin yapılı bitkiler hariç çoğu bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu da çalışmanın maddi getirisinin ve sürdürülebilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Membran prosesler, işletmelerde az kullanılmaktadır. Membranlı tesislerden elde edilen su yüksek kalitede olmaktadır. Membran proseslerden sonra daha az kimyasal madde kullanılmaktadır. Ancak dezavantajı olarak ta membranların kurulum aşamasındaki maliyet ülkemiz koşullarında fazla olabilir. Ayrıca membranların iyi ve sürekli kontrol edilmeli, kirlenerek tıkanmasının önlenmesine dikkat edilmelidir.

Çalışma 4 farklı suyla sulanan maydanoz tohumlarından en çok gelişme gösteren arıtılmış gri su ile sulanan saksı olduğu tespit edildi. Bunun sebebinin evsel atık sularındaki kimyasalların filtre ile azaldıktan sonra içeriğinde kalan yemek artıkları gibi maddelerin gübre olarak kullanılmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Su arıtımı çalışacak olanların sadece membran filtre değil seramik, hibrit ya da kompozit filtrelerin de denemeleri gerektiği düşünülmektedir. Hatta bahçesi ya da peyzaj alanı olan sitelere, yaptığımız gibi basit bir aktif karbon, kum, çakıl taşı düzeneği kurup az masrafsız sulama suyu elde edilebileceği önerilmektedir. Çünkü arıtılıp çok bekletilmeden kullanılan az kirliliği gri suda, bitkiler için son derece önemli besin kaynaklarından azot, karbon vb kimyasallar bulunmaktadır.

Az kirliliği gri su arıtılıp peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılırken çeşmelere "İçilemez" uyarısı konulmalıdır. Belediyeler gri su arıtım ve kullanma gerekliliğini halkımıza billboardlarla ve afişlerle duyurmalıdır. Bu uyarı halkımızın su okuryazarlığı konusunda da bilincini artıracaktır. Küresel ısınma ve iklim bozulması sürecinde içilebilir ve kullanılabilir su miktarında ciddi bir azalmanın bekleniyor olması bu yöntemle suların daha ekonomik kullanılmasını ayrıca önem arz etmektedir. Buna ek olarak su ihtiyacı çok büyük boyutlara ulaştığında gri suların en modern tesislerde dahi kullanıma sunulacağı öngörülmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

Akgör, Ş., Evci, E. D., Okyay, P., Ergin, F., Atasoylu, G., Beşer, E. (2006). Aydın Belediyesi İçme Suyu Bakiye Klor Değerlerinin Suyla Bulaşan Hastalıklar İle İlişkisi.

Aksu, L. (2011). Dünya'da ve Türkiye'de nüfus analizleri. *Istanbul Journal of Sociological Studies*, (25), 219-311.

Aksu, H. (2019). Türkiye'de İçme Suyu Arıtımında Membran Uygulamaları Ve Uygulama Aşamasında Karşılaşılan İşletme Problemleri.

Alpaslan, N., Tanık, A., Dölgen, D. (2008). Türkiye'de su yönetimi sorunlar ve öneriler. *TÜSİAD Yayın No*, 9, 2008.

Altındaniz, B. (2012). Peyzaj Sulamasında Kullanılan Alternatif Su Kaynakları: Beylikdüzü, Saklıhan Konakları Örneği (Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Arslan-Alaton, I., Eremektar, G., Ongan Torunoğlu, P., Gürel, M., Övez, S., Tanık, A., Orhon, D. (2010). Türkiye'nin Havza Bazında Su-Atıksu Kaynakları Ve Kentsel Atıksu Arıtma Potansiyeli. *İtü Dergisi/D*, 4(3).

Bingül, Z., Altıkat, A. (2017). Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği. *Journal Of The Institute Of Science And Technology*, 7(4), 69-75.

Boyjoo, Y., Pareek, V. K., Ang, M. (2013). A Review Of Greywater Characteristics And Treatment Processes. *Water Science And Technology*, 67(7), 1403-1424.

Çetinkaya, M. Ş. (2015). Badem Kabuğu Ve Çam Fıstığı Kabuğundan Kimyasal Yöntem İle Aktif Karbon Üretimi Ve Karakterizasyonu (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü). Badem Kabuğu Ve Çam Fıstığı Kabuğundan Kimyasal Yöntem İle Aktif Karbon Üretimi Ve Karakterizasyonu (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Geyik, S. (2019). Kamıştan (Phragmites Australis) Hızlı Mikrodalga Destekli Piroliz İşlemiyle Aktif Karbon Üretimi Ve Karakterizasyonu (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Gultas, H. T., Orta, A. H., Ahi, Y. (2017). A Perspective To Wastewater Legislation In European Countries And Turkey.

Gümüş, D., Akbal, F., (2013). Removal Of Natural Organic Matter In Drinking Waters And Prevention Of Trihalomethanes Formation, Review Paper *Journal Of Engineering And Natural Sciences*, Sigma 31, 529-553.

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

Karakuş, C. B., Yıldız, S., Cerit, O. (2010). Sivas Kent İçme Suyu Şebekesindeki Su Kayıpları Ve Kayıp Oranını Azaltma Çalışmaları. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 25(1), 1-10.

Koçak, Ö., Güner, A. (2009). Erzurum il merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 4(1), 9-22.

- Koyuncu, İ. (2018). Su/Atık Su Arıtılması Ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri Ve Uygulamaları. Türkiye Çevre Koruma Vakfı Yayınları, 1.
- 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 (2), 580-589.
- Kütük, D., S. N. Yüceer. (2020) “Binalarda Su Gri Arıtılması.” Ç.Ü Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 39- (7) 133.
- Menteşe, S. (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su Ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. Journal Of International Social Research, 10(53).
- Metcalf, E., Asano, T., Burton, F., Leverenz, H., Tsuchihashi, R., Tchobanoglous, G. (2007). Water Reuse: Issues, Technologies, And Applications. Mcgraw-Hill Education. <https://www.accesssengineering.com/content/book/9780071459273>.
- Müftüoğlu, V., ve Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi, 5(11), 27-37.
- Özbilen, M. V. (2005). Su Sektöründeki Gelişmeler Ve Bunun Karşısında Kent Ve Bölge Plancılarının Duruşu. Planlama, 2(32), 53-61.
- Postel, S., Richter, B. (2012). Yaşam İçin Nehirler: İnsanlar Ve Doğa İçin Suyu Yönetmek. Ada Basını.
- Şahin N.İ., Manioğlu G. (2011). Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması Tesisat Mühendisliği Dergisi (125):32-21.
- Üstün, G., Tırpancı, A. (2015). Gri Suyun Arıtımı Ve Yeniden Kullanımı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 20(2), 119-139.
- Yalçın, A., Davraz, A., Özçelik, M. (2004). Effects Of Lithology And Settlement Areas On Groundwater Pollution: Ulupınar Spring, Sorkuncak-Eğirdir-Isparta. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28(2).
- Yerebakan, M. (1999). Türkiye’de İçme Suyu Sektörü, Sorunları Ve Çözüm Önerileri. Birinci Bs. İstanbul: Hiperlink.
- Yılmaz, A. (2015). Küresel Isınmanın Dünya Su Rezervleri Üzerindeki Etkileri. *Kent Akademisi*, 8(22), 63-72.
- Yiğit, A., İrak, Z. T., Öztürk, D., Öztürk, E., Alpaslan, D., Şahan, T., Aktaş, N. (2017). Van gölü suyunun iyon karakterizasyonu ile su kalitesinin belirlenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 7(4), 169-179.
- Zoroğlu, A. (2019). Kapalı Yüzme Havuzu Sularının Dezenfeksiyonunda Kullanılan Venturi Ozon Sisteminin Toksikolojik Açısından İncelenmesi (Master's Thesis, İstanbul Medipol Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).