

# Yağmur Suyu Hasadı Literatürü Üzerine Bir İnceleme

## A Review on Rainwater Harvesting Literature

<sup>(1)</sup>Songül BÖRÜ , <sup>(2)</sup>Z. Fuat TOPRAK

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik ve Su Kaynakları A.B.D, Diyarbakır, Türkiye,

<sup>2</sup> Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

Geliş Tarihi: **05.05.2022** ; Kabul Edildiği Tarih: **29.06.2022** ; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2022**

**Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.)**, Cilt (Vol) : **6** , Sayı (Number) : **1** , Sayfa **42-50** (Page) : **(2022)**

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.org.t>

Sorumlu yazar e mail: , [snl.br.sb@gmail.com](mailto:snl.br.sb@gmail.com)

### Özet

Canlıların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmedeki en önemli unsurun su olduğu bilinen bir gerçektir. Dünyada artan nüfus, teknolojideki gelişmeler, sanayileşme, iklim değişikliği gibi faktörler suya olan talebi her geçen gün daha da arttırmaktadır. Yeryüzünde var olan su kaynaklarının çok az kısmı tatlı ve kolay kullanılabilir türdendir. Doğada bir döngü halinde olan suyun sabit kaldığı gerçeğinden hareketle su talebindeki artış insanoğlunu alternatif kaynak arayışına yöneltmiştir. Dünyada birden çok alternatif su kaynağı mevcuttur (gri su, tuzdan arındırılmış su, biriktirme sistemleri, yağmur suyu hasadı vb.). Kurulumu ve uygulaması hem basit hem de daha ekonomik olarak görülen yağmur suyu hasadı havza alanına düşen yağışın toplanarak kullanım amacına göre bir depo veya tankta biriktirilmesidir. Depolanan yağmur suyunun farklı alanlarda kullanılması (tuvalet sifonu, çamaşır yıkama, sulama vb.) asli tatlı su kaynaklarının tüketimini azaltarak su kaynaklarının yönetimine ve korunmasına katkı sağladığı açıktır. Bu çalışmada yağmur suyu hasadı tüm yönleri ile güncel literatür ışığında tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yağmur suyu hasadı, Alternatif su kaynağı, Yağış, Çatı suyu

### Abstract

It is a well-known fact that the most important element in maintaining the vital activities of livings is water. Factors such as increase in global population, developments in technology, industrialization and climate change increase the water demand day by day. Only a few water resources on earth are sweet and easy to use. Considering the fact that water, which is in a cycle in nature, remains constant, the increase in water demand has led human to seek alternative sources. There are multiple alternative water sources in the world (i.e. grey water, desalinated water, collection systems, rainwater harvesting, etc.). Rainwater harvesting, which is seen as both simple and economical in its installation and application, is the collection of precipitation falling on the catchment area and accumulating in a warehouse or tank according to the purpose of use. It is clear that the use of stored rainwater for different aims (i.e. toilet flush, laundry, irrigation, etc.) contributes to the management and protection of water resources by reducing the consumption of primary fresh water resources. In this study, all aspects of rainwater harvesting are discussed in the light of current literature.

**Keywords:** Rainwater harvesting, Alternative water source, Rainwater, Roof water

## 1.GİRİŞ (Introduction)

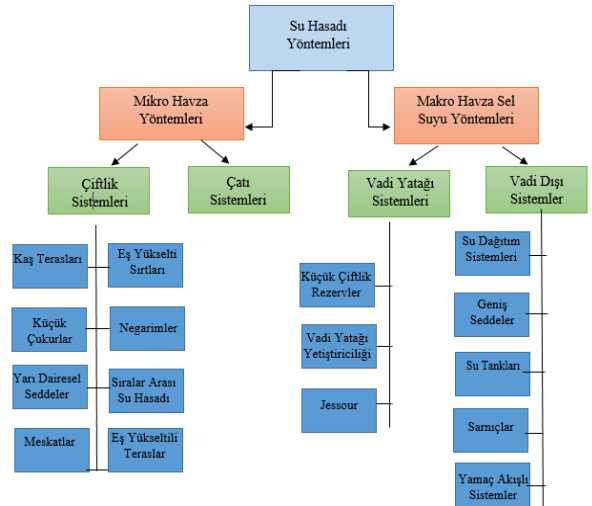
Su, canlılar için vazgeçilmez bir hayat kaynağıdır. Su kaynakları; suyu elde etmede faydalı doğal kaynaklar olup okyanuslar, denizler, göller, nehirler, buzullar, kar ve yağmur suları ile yeraltı suları olarak sınıflandırılabilir. Yeryüzünde var olan tatlı su kaynaklarının yaklaşık %3' ü kullanılabilir. Artan nüfusa bağlı olarak içme suyu ihtiyacındaki artış, sanayide kullanım suyu olarak tatlı su kaynaklarının kullanılması, tarımda aşırı ve bilinçsiz sulama, atmosfere zararlı gazların salınması sonucu gittikçe tehlikeli bir boyuta gelen küresel iklim değişikliği tatlı su kaynaklarına olan talebi daha da arttırmaktadır. Doğada bir çevrim halinde olan suyun miktarında bir değişim olmadığı bilinmektedir. Bu durumda ihtiyaç duyulan su miktarını karşılamada su kaynaklarının yetersiz kaldığı söylenebilir. Bu probleme çözüm getirmek için alternatif su kaynakları arayışına gidilmektedir. Günümüzde, evsel atık suların arıtılarak tekrar kullanılması, sulamadan dönen suların tekrar kullanımı, deniz suyunu filtrelenmesi, yağmur suyu hasadı vb. yöntemlere başvurulmaktadır. Yağmur suyu hasadı, yer altı suyu, deniz suyu-evsel-sanayi-sulama suyu artırılması gibi alternatif kaynaklar arasında daha güvenilir ve yatırım açısından daha uygun görülmektedir. Anılan alternatif kaynaklara oranla yağmur suyu hasadı hem ucuz hem de kurulumu basit olduğu için tercih edilmektedir [1-3]. Dadhich ve Mathur [4], yağış miktarı çok düşük olan ülkelerde su kıtlığı probleminin azaltılmasında yapay su toplama sistemleri ile yağmur suyunun toplanarak kullanmanın önemine işaret etmektedir. Geçmiş eski dönemlere kadar dayanan yağmur suyu hasadı bir dönem ilgi kaybetse de son zamanlarda çok fazla rağbet görmektedir [5]. Yağmur suyu hasadı, yeryüzüne düşen yağışın çatılardan veya zeminlerden toplanıp depolanmasının ardından iç (rezervuarlar, çamaşır yıkama vb.) veya dış (bahçe sulama vb.) ortamlarda kullanılması olarak tanımlanabilir. Yağmur suyunu toplamanın su arzını (teminini) arttırmakla birlikte sosyal açıdan verimli bir yöntem olduğu ve aynı zamanda yüzey akış hızının yüksek olması durumunda çevresel olarak da fayda sağlayacağı vurgulanmaktadır [6]. Çatı alanı yeterince büyük olan binalarda toplanacak olan yağmur suyunun basit bir arıtma işleminden geçirilip kullanılması binalarda su korunumu için alınabilecek önemli tedbirlerdendir [7]. Yağmur suyu hasadı ile elde edilen sular tatlı su kaynaklarına olan talebin bir kısmını karşılayacağından diğer su kaynaklarının korunmasına katkı sağladığı söylenebilir. Ancak yüzeye düşen yağmur suları terleme, buharlaşma sızma gibi özelliklerinden dolayı su döngüsünde büyük bir rol oynamaktadır. Yağmur sularının toplanması halinde yer altı su seviyesinde, yer altı sularının beslediği kuyular, göller ve akarsuların seviyelerinde düşüş meydana gelirken ayrıca buharlaşacak yağmur sularına müdahale edilmesi halinde yağışların tekrar oluşması engellenerek su kaynaklarını olumsuz etkileyeceğini de belirtmekte yarar vardır. Hari vd. [8] de yağmur suyu hasadının su kıtlığıyla baş edebilmek için iyi bir alternatif olduğuna ancak yer altı seviyelerini endişe verici bir şekilde azalttığına işaret ederek endişelerini ifade etmektedir. Dünyada suyun

yetersiz oluşu insanları yağmur suyu hasadına yönlendirmiş olsa da doğaya yapılan müdahalelerin etki tepki sonucu neden olacağı olumsuzlukları da göz önünde bulundurarak zorunlu hallerde ve ihtiyaç kadar yağmur suyu hasadı yapılmasına dikkat edilmelidir.

### 1.1 Yağmur Suyu Hasadı Nedir?

(What is Rainwater Harvesting?)

Yağmur suyu hasadı; özellikle su sıkıntısı çeken kurak ve yarı kurak bölgelerde yeryüzüne düşen yağmurun toplanıp depolanması olarak ifade edilebilir. Yeterli yağışın bulunmadığı, su temini için altyapısı olmayan, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının yetersiz olduğu yerleşkeler için iyi bir çözüm olarak sunulmaktadır [9]. Geçmiş milattan önceki dönemlere dayanan yağmur suyu hasadı birçok uygarlık tarafından kullanılan bir uygulama olmuştur. Dünyanın farklı bölgelerinde binlerce yıldır var olan yağmur suyu hasat sistemlerinin olduğu ve hala kullanılmaya devam ettiği bilinmektedir [10]. Çin'in Gansu bölgesinde yağmur suyunun toplandığına dair ilk kanıt 6000 yıl öncesine dayanmaktadır [6]. Klasik ve Helenistik dönemlerde yağmur suyu hasadı yöntemlerine rastlanmıştır.



Şekil 1. Su hasadı sisteminin sınıflandırılması [12]

Yannopoulos vd. [11], bu dönemlerde kurak geçen yaz aylarında açık yüzeylerden (avlular, çatılar) toplanan yağmur suyunun büyük taş ve pişmiş toprak borular ile taşınarak sarıncılarda toplanmıştır. Klasik ve Helenistik dönemde ise şişe, iki odalı vb. çeşitlerde sarıncılar inşa edilmiş ve geçirimsiz bir tabaka ile kaplanmıştır. Romalılar su temini ile ilgili olarak su kemerleri gibi çeşitli altyapılara odaklanmış ve su kemerleri ile sağlanan suyu depolamak için sadece rezervuarları değil yağmur sarıncıları da inşa etmiştir. 13. yy' da Venedikliler tarafından yağmur suyu hasadı için ileri teknikler geliştirilip uygulanmıştır. Eş zamanlı olarak Osmanlı döneminde de eski su kemerlerinin onarılıp geliştirilmesinin yanında akış alanı kubbenin dış yüzeyi olan belirli tipte sarıncılar inşa edilmiştir. Günümüzde yağmur suyu hasadı, eski yağmur suyu toplama tekniklerinden farklı olarak kuyular, pompalar,

betonarme, plastik veya çelik depolar gibi yeni teknolojiler ile modern malzeme ve teknikler kullanılarak uygulanmaktadır [11].

Su hasadı yöntemlerinin farklı birkaç sınıflandırması vardır bunlarda en çok kullanılan Oweis vd. [12]'nin önerdiği havza boyutuna göre sınıflandırmadır (Şekil 1). Bunlardan mikro havza yöntemleri kısa mesafe boyunca küçük bir alanda suyu toplamayı ifade ederken makro havzalar ise büyük bir havzadan toplanan akışı ifade etmektedir. Çatı Sistemleriyle yapılan yağmur suyu hasadından çatının eğiminden faydalanarak çatıya gelen yağışın içme ve kullanma suyu amacıyla toplanması ve depolanmasını kapsamaktadır.

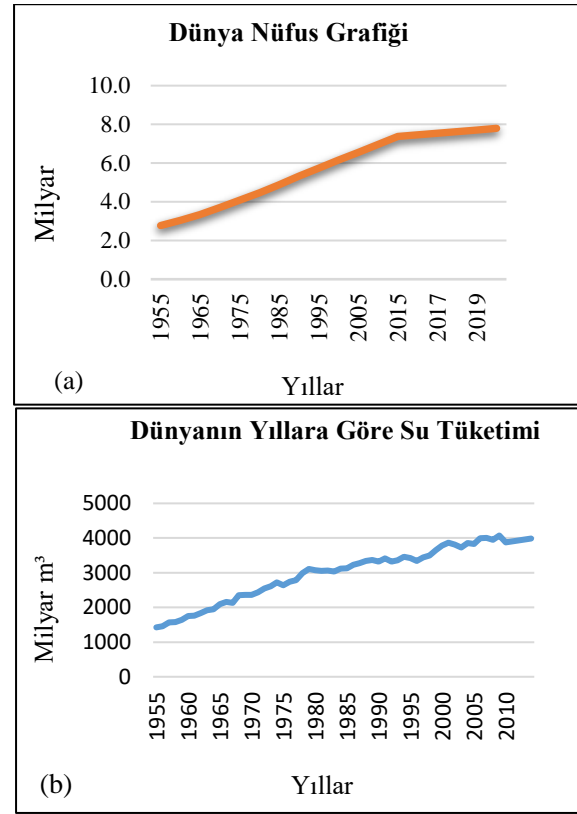
Toplanan yağmur suları içme ve kullanım suyu olarak kullanılabilir. Kullanım suyu olarak: tuvalet sifonları, çamaşır yıkama, bahçe sulama, araç yıkama, vb. alanlar olurken içme suyu amacıyla yemek pişirme, duş alırken, bulaşık yıkarken vb. durumlar örnek verilebilir. Ancak yağmur suyunun içme suyu olarak kullanılması için standartlara uygun olmalı bu yüzden suyun arıtmadan geçmesi gerekir aksi durumda yağmur suyu çoğunlukla standartları karşılamadığından kullanım suyu olarak değerlendirilmelidir [13,14].

### 1.2 Yağmur Suyu Hasadına Yönelten Başlıca Sebepler (The Main Reasons Leading to Rainwater Harvesting)

Su kaynakları doğada zamana ve konuma bağlı olarak sayıca kısıtlıdır [15]. Yeryüzünde homojen dağılmayan su kaynakları bazı bölgeler de fazla bazı bölgelerde az bulunmaktadır. Su kıtlığı problemiyle karşılaşılacak bölgelerde alternatif kaynak olarak yağmur suyu hasadı tercih edilmektedir. Dünya nüfusunda yaşanan artış içme suyu ihtiyacını ve tüketimini aynı oranda arttırmaktadır. Gelecek 30 yıl içerisinde nüfusun 9 milyarı geçeceğini dile getiren Tzanakakis vd. [16], artışların en fazla gelişmiş ülkelerde olacağını belirterek bu ülkelerin su stresiyle karşılaşacağını vurgulamaktadır. Şekil 2a, Şekil 2b de verilen dünya nüfus ve su tüketiminin yıllar içindeki değişimine bakılırsa nüfus arttıkça su tüketim miktarında artış olmaktadır.

İnsanlığın toplu yaşama geçmesini sağlayan tarım; geçmişten günümüze kadar dünyada suyun en çok kullanıldığı sektör olmuştur. Tarımsal üretimi artırma ve güvence altına almada özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde sulama vazgeçilmez bir unsurdur [19]. Ancak tarımsal sulamada suyun aşırı kullanımı hem toprak özelliklerine hem bitkiye hem de su kaynaklarına olumsuz bir şekilde yansımaktadır. Dişbudak [20], tarım faaliyetlerinde yoğun yapılan sulamanın sürdürülebilir olmayan su kullanımına neden olduğunu belirtmektedir. Bu durumda suyun aşırı ve yanlış kullanımına, yüksek miktarda su doygunluğuna, tuzluluğa, yeraltı sularının aşırı tüketilmesine ve sulamada kullanılan suyun geri dönerek tatlı su kaynaklarının kirletmesi gibi kötü sonuçlara neden olmaktadır. Tarımsal etkinliklerin azalmaya başlayıp sanayi faaliyetlerin gelişmesi ülkelerin gelişmişlik ve ekonomik düzeyini arttıran iyi yönleri de barındırmaktadır. Günay ve Arıdurdu [21], “teknolojinin gelişmesi insana birçok yönde fayda sağlamış olsa da

çevre kirliliği, doğal kaynakların tüketilmesi, teknolojik işsizlik gibi birçok probleme de sebep olmuştur” demektedir



Şekil 2. a) Dünya nüfus grafiği [17], b) Dünyada yıllara göre su tüketimi [18]

Ayrıca Ulusoy ve Vural [22], kentlerde yaşanan nüfus artışı su kaynaklarının aşırı tüketimine ve kirliliğine neden olan en önemli problemlerden biri olduğunu ifade etmektedir. Lyu vd. [23] da bu konu hakkında son yıllardaki hızlı sanayileşme küresel boyutta şiddetli su kıtlığına ve kirliliğine neden olduğunu söylemektedir. Uzun ve kısa süreli durumlar için sera gazlarının salımı yerel ve küresel ölçekte atmosfer, meteoroloji ve iklim koşullarında değişikliklere yol açabildiğini ve bunun da küresel iklim değişikliği olarak adlandırıldığı söylenmektedir [24]. Daha çok sıcaklık artışı (küresel ısınma) olarak anılan küresel iklim değişikliği, su kaynaklarında azalma, okyanus ve deniz suyu seviyelerinde yükselme, buzullarda erime, şiddetli kasırga, kuraklık, sel vb. anormal meteorolojik/iklimsel olaylarda artışa neden olmaktadır. Diğer taraftan bazı bölgelerde yaz aylarında şiddetli kuraklıklara, bazı bölgelerde ise daha yoğun yağışlara sebep olabilmektedir [25]. İklim değişikliği, aynı zamanda atmosferdeki su buharını arttırmaktadır. Bu sebeplerle günümüzde iklim değişikliğinin mevcut su miktarının hesaplanmasını veya doğru bir şekilde tahmin edilmesini güçleştirdiği söylenebilir. İklim değişikliği, tatlı su kaynaklarının üzerindeki etkileri sebebiyle sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı, yoksulluğu hafifletme yöntemlerini, gıda üretimini, kısaca tüm ekosistemi tehlikeye atmaktadır [26]. Pandey vd. [27] yağmur suyu hasadını, “gelecek süreçlerde iklim değişikliğiyle başa çıkmak için su

sektörünün yüklenmesi gereken özel uyum stratejilerinden biri” olarak ifade etmektedir.

İklim değişikliği ve yukarıda belirtilen olası sonuçlarına dikkat çeken çok sayıda basılı çalışma mevcuttur [28-39]. Bunun yanı sıra gerek iklim değişikliği, gerek nüfus artması, gerek temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak hidrolik enerjinin üretilmesi ve gerek teknolojiye bağlı olarak su ihtiyacının çeşitlenerek artması sebebi ile su ihtiyacının da gün geçtikçe artacağı, yakın zamanda birçok bölgenin su stresini veya su kıtlığını yaşayacağını, olası su savaşlarının olacağını belirten ve küresel boyuttaki bu büyük sorunun çözümüne yönelik alternatifler öneren çok sayıda çalışmayı güncel literatürde bulmak mümkündür [40-57]. Her yıl bu konulara dikkat çeken sayısız çalışma güncel literatüre eklenmektedir.

## 2. YAĞMUR SUYU HASADI LİTERATÜRÜ ÜZERİNE TARTIŞMA (Discussion on Rainwater Harvesting )

Günümüzde tatlı su kaynaklarının hızla tüketilmesi ve su kaynaklarının yetersiz kalması beraberinde yağmur suyu hasadına yönelmeyi getirmiştir. Yağmur suyunun alternatif bir yöntem olarak kullanılması çok önemli olmasına rağmen birçok ülkede su politikaları içeriğinde yer almamaktadır. Gündemde olan böyle bir durum için devlet politikası, izlenecek yol ve yöntemlerin bilinmesi ve tedbirli olunması kaçınılmayacak derece önemlidir. Mengü ve Akkuzu [58], su kıtlığıyla karşı karşıya gelindiğinde yaşanacak kuraklık sorununa karşı kriz yönetiminin yerine talepler doğrultusunda arzın doğru yönetilmesi gerektiğine, doğru yatırımların doğru zamanda yapılmasının büyük bir öneme sahip olduğunu dile getirmektedir. Ancak doğru bir kriz yönetimi zaten talepler doğrultusunda arzın doğru yönetimi anlamına geldiği ve dolayısıyla kanaatimizce ayırmaya ve birini öncelemeye gerek olmadığı söylenebilir. Can ve Yılmaz [59], ulusal su politikalarını lüzumlu görerek standartlar, yasa ve yönetmeliklerle yağmur suyunun kullanımının teşvik edilmesi gerektiğini söylemektedir. Böylelikle diğer su kaynakları (yeraltı suları ile akarsular) üzerindeki baskının azalacağı ve sürdürülebilirliğin artacağı düşünülebilir. Ancak yağmur suyu her iki kaynağı da beslediğinden bir bakıma baskı süreci erkene alınmış olmaktadır. Bu yüzden zorunlu olmadıkça yağmur suyu hasadının öncelenmemesi gerektiği kanaatindeyiz. Yağmur suyu hasadının uygulamaya geçilmesindeki engellerden birine değinen Khan vd. [60]’ne göre, YSH sisteminin ekonomik uygulanabilirliğini etkileyen faktörler arasında yer alan ilk yatırım, su fiyatı, talep ve iskonto oranları ev sahibi üzerinde mali yükü arttırdığı için YSH 'nin kabul edilmesinin önündeki temel kısıtlamalardır. Yazarın yaklaşımından, bu engellerin hane bazında ve kişisel YSH yatırımları için geçerlidir. Nitekim konuyla ilgili olarak Ioan vd. [61] de sakinlerin YSH sistemlerine ilgilerini arttırmak ve yağmursuyu hasadını uygulamak için devlet tarafından finansman açısından desteklenmesinin doğru olacağını belirtmekte ise de yukarıda da belirtildiği gibi zorunlu hallerde

başvurulması gereken bir tedbir olarak teşvik edilmesinin doğru olmadığı söylenebilir. Yağmur suyu hasadı, su kaynaklarından hangi oranda verim elde edildiği ve şebeke suyuna kıyasla ne kadar kârlı olduğunu tahmin etmek için önem taşımaktadır.

Yağmur suyu hasadı üzerine çok sayıda farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar; sistem tasarrufu ve verimliliği, depolama, çatı türü ve büyüklüğü ve hidrolojik alanda yapılan çalışmalar şeklinde sınıflandırılarak incelenebilir. Ancak güncel literatürde bu ayırımı yaparak çalışmaların yapılmadığı, bir makalede anılan konuların içerisinden birden fazla konu içerdiği görülmektedir. Bu nedenle burada da çalışmalar ayrı başlıklar halinde değerlendirilmemiş, konuların işlenmesine bağlı olarak belli bir sistematiklik dâhilinde incelenmiştir.

Fewkes [62], evin çatısından toplanacak olan yağmur suyunun tuvalet sifonlarında kullanılması halinde her ay korunacak yıkama suyu miktarının yüzdesini belirlemiş ve su tasarrufuna ciddi katkıları olduğunu görmüştür [62]. Yazar aynı çalışma kapsamında ayrıca Nottingham bölgesi için geçmiş elli yıllık günlük yağış verilerini kullanarak ve sistem kayıpları dâhil ederek bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Hashim vd. [63], ”çatı alanı ne kadar geniş olursa, o kadar fazla yağmur suyu toplanabilir ve o kadar fazla su tasarrufu sağlanır, çünkü su tasarrufu büyük ölçüde yağmur suyu arzının toplam su talebine oranına bağlıdır. Yağmur suyu toplama arttıkça, geleneksel kaynaktan (su idaresi) su takviyesi ihtiyacının azalması nedeniyle sistem maliyeti düşer” demektedir. Yazar bize göre, son derece basit bir doğruyu karmaşık bir şekilde ifade etmiştir. Bu karmaşık ifade ise söylemek istediğini yanlış anlaşılmalara müsait hale getirmektedir. Yağmur suyunun maliyeti artırılmış şebeke suyu maliyetinden daha düşüktür. Dolayısıyla yağmur suyu arzı ne kadar fazla ise hane bazında o kadar şebeke suyundan tasarruf edilecektir. Yazar bu nedenle “su tasarrufu büyük ölçüde yağmur suyu arzının toplam su talebine oranına bağlıdır” ifadesini kullanmaktadır. Ancak, şebeke suyu tasarrufu büyük ölçüde yağmur suyu arzının toplam su talebine oranına bağlıdır” demiş olsaydı ifade daha anlaşılır hale gelecekti. Hashim vd. [63]’de iki yüz haneyi kapsayan büyük ölçekli YSH için hem çatı alanını hem de depolama tank boyutunu aynı anda belirlemek için program geliştirmiştir. Yazar, “duyarlılık analizi yapıldığında çatı alanı ne kadar geniş olursa, o kadar fazla yağmur suyu toplanabilir ve o kadar fazla su tasarrufu sağlandığı sonucuna varılmaktadır” demektedir. Yazarın yukarıdaki ifadesine getirilen açıklık bu ifade için de geçerli olup burada da tasarruf edilen sudan kasıt şebeke suyudur. Bunu yazarın sonraki ifadelerinden anlamak mümkündür. Nitekim yazarın sonraki ifadesi, “Çünkü yağmur suyu toplama arttıkça, geleneksel kaynaktan (su idaresi) su takviyesi ihtiyacının azalması nedeniyle sistem maliyeti düşer” şeklindedir. Hoseini ve Attarzadeh Hosseini [64], toplanan su hacmi, talep edilen su miktarı, akış katsayısı, tank hacminin hassasiyet analizi kurak ve yarı kurak bir bölge için yağmur suyunu değerlendirmiştir. Yazarlara göre, yağış miktarı akış miktarını, çatı yüzey alanı ise hasat edilen yağmur suyu miktarını belirlemektedir. Elde edilen

bulgulara göre yağmur suyu ile çatı arasındaki ilişkinin güçlü ve doğrusal bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Çatılardan elde edilecek yağmur suyunun kullanılmasının kuyuların kullanımını, maliyetleri ve enerji tüketimini azaltacağı sonucu çıkarılmıştır. Hoseini ve Attarzadeh Hosseini [64]'nin Hashim vd. [63]'ni desteklediği söylenebilir. İlki şebeke suyundan, ikincisi ise maliyeti daha yüksek olan kuyu suyundan tasarrufun sağlandığına işaret etmektedir. Özölçer [65] ise günlük su denge modeli oluşturmuş ve kampüs alanında seçilen her bina için fayda-maliyet analizi yapmıştır. Yağmur suyu hasat sistemini kentsel alanlarda sosyal ve çevresel faydalarının yanı sıra, su temin sistemine bir alternatif olup sistemin faydasını şebeke içme suyu fiyatı ile değerlendirmektedir. Toplanacak yağmur suyu miktarının hesaplanmasında kampüs alanlarında uygulanan çalışmalarda farklı yöntemlere başvurmuştur [66-68]. Yapılan bir çalışmada kampüste binaların ve sulama alanlarının günlük yerleşimde olmasından dolayı kampüs sekiz bölgeye ayrılmıştır ve sayısallaştırma yapılarak yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Diğer çalışmalarda yağmur suyu toplama kapasiteleri için coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı kullanılmıştır. Çatı alanı, sistemin toplanan yağmur suyunun hacmini etkileyen önemli parametrelerden biri olduğundan Yükselir vd. [67], çatı alanları hesabında ArcGIS uygulamasına başvurmuş uygulamanın yeterli olmadığı durumlarda ise sayısallaştırma işlemleri için insansız hava aracı ile yüksek çözünürlüklü altlık veri üzerinden hesaplamayı gerçekleştirmiştir. Yağmur suyu hasadının insanlar arasındaki değerlendirilmesinin önemli olduğunu ifade eden Abu-Zreig vd. [69], bir anket çalışmasıyla katılımcıların bir kısmının toplanacak yağmur suyunun kalitesinden emin olmadığını ve geri kalanının ise kendi istekleri doğrultusunda tank seçimini yaptığını belirtmektedir. Oysa kişi talebi, çatı alanı, coğrafi koşullar göz önünde bulundurularak tank hacmi belirlenmelidir. Yazar, bu faktörleri kullanarak ön tahminlerde bulunmuş ve bu ön tahminleri kullanarak tank hacimlerini gösteren bir kontur harita (tasarım eğrileri) üretmiştir. Böylece bir evin tank hacmini belirlemede kontur haritalardan faydalanılabilecektir.

Yağmur suyu hasat sisteminin temel bileşenlerinden olan depo ve tankların boyutlandırılması, konumlandırılması ve cinsi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ekonomik olarak sistemin en maliyetli elemanı olan depolar optimum boyutta hesaplanmasının önemli olduğunu belirtmekte yarar vardır. Rukesh Reddy ve Rastogi tank boyutunu tahmin etmek için iki alternatif yöntem kullanmıştır [70]. Yazarlar, tasarımı yapılacak olan tank boyutunun maliyet analizini yapmış ve betonarme tankların uygulama alanı için az bir maliyetle inşa edilebileceği sonucuna varmıştır. Yağmur suyunu hasat sistemlerinde, sistemin en pahalı elemanını tank oluşturmaktadır. Bu nedenle, “en iyi tank boyutunun dikkatli bir şekilde seçilmesi çok önemlidir” ifadesi ile Madzia [71] da tank boyutuna vurgu yapmaktadır. Bir diğer çalışmada, yağmur suyu depolama tankının uygun bir şekilde boyutlandırılması için mevcut çatı alanı, sakin sayısı, yağış verileri, kişi başı günlük su tüketimi vb. değişkenler kullanılarak doğrusal bir model kullanılmıştır. Elde edilen model

kullanılarak minimum bir inşa maliyeti ile YSH depo boyutu belirlenmiştir [72]. Angrill vd. [73], değişken tank konumu, bina yüksekliği ve talep dağılımını da dikkate alarak yapmış olduğu analizde bir çatı tankının, incelenen tüm durumlarda, bir yeraltı tankına kıyasla çevreye daha az zararlı olduğunu iddia etmektedir. Konuya ilişkin yapılan çalışmaların çoğunda depo boyutlandırılmasından önce uygulanacak bölgenin yağış özelliklerine, çatı alanına ve su talebine dikkat edilerek yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu konu üzerine Neptune yazılımı kullanılarak yapılan bir analiz ile optimum boyutlandırma yapılarak bu faktörler arasındaki ilişki incelenmiştir [74,75]. Yağışın konumsal olarak değişkenlik gösterdiği bir bölgeye farklı bir model uygulayan Khastagir ve Jayasuriya [76] optimum tank boyutunun hesaplanmasında boyutsuz eğriler geliştirmiştir. Bu eğrilerin özelliği, karar vermede etkili olan faktörler (talep, yağış, çatı alanı, tank boyutunu) tek boyutsuz birer eğriden oluşmaktadır. Bağımsız değişkenlerin sayısını azaltmak ve tank boyutu ve güvenilirlik arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Buckingham teoremi ( $\pi$  teoremi) kullanılmıştır. Paudel ve Imteaz [77], farklı iklim koşullarında tank hacmi, talep ve çatı alanı fonksiyonları kullanılarak geliştirilmiş bir denklem elde etmiştir. Yazarlar, denklemler aracılığıyla kolay bir şekilde potansiyel su tasarrufunun hesaplanabileceği ve yağmur suyu tanklarının kullanma isteğinin artacağı sonucuna varmaktadır. Çatıların türü ve eğimi yağmur suyunun kalitesini etkileyen faktörler arasındadır. Kullanılacak olan malzemenin su kaybını ve suyun kalitesini nasıl etkilediği, eğimli çatı yüzeylerinde hasadı yapılan suyun miktarı üzerine farklı çatı tipleri ve eğimleri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır [78,79]. Uzun yağış zaman serisi, daha iyi güvenilirlik sunmaktadır. Ancak uzun yağış verilerine ulaşmak kimi zaman sıkıntılı olduğundan uzun vadeli yağış verilerinin olmaması durumunda temsili kısa vadeli yağış verilerinin kullanılmasının modelleme sonuçlarına etkisi son zamanlarda araştırılmıştır [80,81]. Guo ve Guo [82], yağış olayını bir Poisson süreci olarak ele almış ve stokastik bir modelle su dengesi denklemi kullanarak analitik denklemler oluşturmuştur. Çalışmada, stokastik yaklaşımın YSH sistemlerinin uzun vadeli su dengesi modellemelerine güvenle uygulanabileceği belirtilmektedir. Kim vd. [83] tarafından, suyun kullanımını arttırabilecek ve sel problemlerini kısmen de olsa azaltabilecek bir model geliştirilmiştir. Nguyen vd. [84], aylık yağış verileri gibi sınırlı hata ve ihtimaller göz önünde bulundurularak basit ve uygulanabilir bir yağmur suyu hasat sistemi tasarım yöntemi önermektedir. Girdi olarak, her ay için yağışlı günlerin eşit dağıtılarak günlük yağış üreten YSH modeli, gerçek günlük yağışıyla benzer performans tahminleri verdiği görülmüştür. Oysa çok iyi bilindiği üzere aylık toplam yağış günlere uniform olarak dağılmamaktadır. Diğer bir husus yağmur suyu hasat sistem performans tahminlerinde, günlük yağış verilerinin yerine doğrudan aylık yağış verilerinin kullanılması önemli hatalara neden olabilir. Bu nedenle doğrudan günlük verilerin kullanılması daha gerçekçi sonuçlar vereceği açıktır.

### 3. SONUÇ (Conclusion)

Su, yaşayan tüm varlıklar için en temel unsurdur. Sürekli bir döngü halinde yenilenebilmesine rağmen gelişen ve değişen dünyadaki nüfus artışı, endüstrileşme, iklim değişikliği, su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı, hatalı yapılan sulama ve kentleşme faaliyetleri su kaynaklarına olan talebi arttırmakta ve var olan su kaynaklarını da olumsuz etkilemektedir. Tatlı su kaynaklarına olan talepteki bu artışlar yağmur suyu hasadını dikkat çekici bir hale getirmiştir. Bu çalışmada güncel literatür ışığında yağmur suyu hasadı bilimsel açıdan çok yönlü olarak tartışılmıştır. Sonuç olarak, çatılardan, yollardan, açık zeminlerden toplanacak olan yağmur suyunun içme suyu olarak kullanılmasının asgari düzeyde bir arıtma gerektirdiği ancak içme suyu hariç sanayi, evsel ve tarımsal ihtiyaçlar için kullanılmasının bilimsel açıdan doğru olduğu ve kimi zaman ve bölgede zorunlu hale geldiği söylenebilir. Ayrıca, yağmur suyu hasadı üzerine çok sayıda çalışma incelenmiş olup daha iyi verim, daha iyi tasarruf nasıl sağlanabileceği konularına açıklık getirilmiş ve yağmur suyu hasadının suyun korunumu ve sürdürülebilirliği açısından büyük bir avantaj olduğu açıktır. Ancak yapılacak hasat ile suyun ihtiyaç doğrultusunda toplanıp doğaya fazla müdahale edilmemesi önemle belirtilmelidir.

### BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrolik ve Su Kaynakları Anabilim Dalına kayıtlı Songül Börü'nün Yüksek Lisans Tez konusyla ilişkilidir.

### KAYNAKLAR (References)

- [1] J. Ndiritu, A. Ilemobade, and P. Kagoda, "Guidelines for rainwater harvesting system design and assessment for the city of Johannesburg, South Africa," vol. 379, pp. 409-414, 2018.
- [2] N. John, I. Adesola, and K. Paulo, "Guidelines for rainwater harvesting system design and assessment for the city of Johannesburg, South Africa," vol. 379, pp. 409-414, 2018.
- [3] G. E. Üstün, T. Can, and G. Küçük, "Binalarda yağmur suyu hasadı," 2020.
- [4] G. Dadhich and P. Mathur, "A GIS based analysis for rooftop rain water harvesting," vol. 7, no. 04, pp. 129-143, 2016.
- [5] J. Devkota, H. Schlachter, and D. Apul, "Life cycle based evaluation of harvested rainwater use in toilets and for irrigation," vol. 95, pp. 311-321, 2015.
- [6] H. Stahn, A. J. E. M. Tomini, and Assessment, "On the environmental efficiency of water storage: The case of a conjunctive use of ground and rainwater," vol. 21, no. 6, pp. 691-706, 2016.

- [7] N. Alpaslan, A. Tanık, and D. Dölgen, "Türkiye'de Su Yönetimi: Sorun ve Öneriler," 2008.
- [8] D. Hari, K. R. Reddy, K. Vikas, N. Srinivas, and G. Vikas, "Assessment of rainwater harvesting potential using GIS," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, vol. 330, no. 1, p. 012119: IOP Publishing.
- [9] N. Alpaslan, "Turistik Yerleşimlerin Su İhtiyacı İçin Sarnıç Seçeneğinin İrdelenmesi," Datça Çevre Sorunları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Datça, 1992.
- [10] Ö. İnci, S. Sevda, A. Ünlükara, and K. Yürekli, "Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri," no. 2, pp. 65-71, 2011.
- [11] S. Yannopoulos, G. Antoniou, M. Kaiafa-Saropoulou, and A. Angelakis, "Historical development of rainwater harvesting and use in Hellas: a preliminary review," Water Science Technology: Water Supply, vol. 17, no. 4, pp. 1022-1034, 2017.
- [12] T. Oweis, D. Prinz, and A. Hachum, Water harvesting: indigenous knowledge for the future of the drier environments. ICARDA, 2001.
- [13] N. İ. Şahin, "Binalarda Su Korunumu," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [14] C. Vialle, C. Sablayrolles, M. Lovera, M.-C. Huau, S. Jacob, and M. Montréjaud-Vignoles, "Water quality monitoring and hydraulic evaluation of a household roof runoff harvesting system in France," Water resources management, vol. 26, no. 8, pp. 2233-2241, 2012.
- [15] B. Teoman Meriç, "Su kaynakları yönetimi ve Türkiye," vol. 28, no. 1, pp. 27-38, 2004.
- [16] V. A. Tzanakakis, N. V. Paranychianakis, and A. N. Angelakis, "Water supply and water scarcity," ed: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020.
- [17] Worldometer. (2022). Current World Population. Available: <https://www.worldometers.info/world-population/>, [Erişim:08 03 2022].
- [18] H. Ritchie and M. Roser. (2018). Water Use and Stress. Available: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>, [Erişim:08 03 2022].
- [19] F. Özkay, İ. Taş, and A. J. T. Çelik, "Sulama projelerinin çevresel etkileri," vol. 2, pp. 501-508, 2008.
- [20] K. Dişbudak, "Avrupa Birliği'nde Tarım-Çevre İlişkisi Ve Türkiye'nin Uyumunu," 2008.

- [21] D. Günay and A. Arıdurdu, "Teknolojinin konumu ve neliği," pp. 07-08, 2001.
- [22] A. Ulusoy and T. Vural, "Kentleşmenin sosyo ekonomik etkileri," *Belediye Dergisi*, vol. 7, no. 12, pp. 8-14, 2001.
- [23] Y. Lyu, Y. Liu, Y. Guo, J. Tian, and L. Chen, "Managing water sustainability in textile industry through adaptive multiple stakeholder collaboration," *Water Research*, vol. 205, p. 117655, 2021.
- [24] Z. F. Toprak, "What is the global climate change? With the perspective of the people who live," *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, vol. 6, pp. 134-137, 2016.
- [25] C. Santos, M. A. Imteaz, E. Ghisi, and C. Matos, "The effect of climate change on domestic Rainwater Harvesting," *Science of The Total Environment*, vol. 729, p. 138967, 2020.
- [26] J. M. Kahinda, A. Taigbenu, and R. J. Boroto, "Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa," vol. 35, no. 13-14, pp. 742-751, 2010.
- [27] D. N. Pandey, A. K. Gupta, and D. M. Anderson, "Rainwater harvesting as an adaptation to climate change," *Current science*, pp. 46-59, 2003.
- [28] Zemzem Kınık (2020), Phd Thesis, Küresel iklim değişikliğinin Diyarbakır kent Merkezi üzerinde etkilerinin araştırılması (An investigation on the impact of global climate change on the Diyarbakır city centers climate) Dicle University Institute of Science. Date: 23.09.2020, National Thesis Number: 664828.
- [29] Sertaç Atabey (2018), Master Thesis, Bitlis ve Muş illerinde iklim değişkenlerinin trend analizleri ve karşılaştırılması (Comprehensive trend analyses of climatic variables in Muş and Bitlis provinces), Dicle University Institute of Science. Date: 17.12.2018, National Thesis Number: 541072.
- [30] Murat Batan (2014), PhD THESIS, Küresel iklim değişikliği ve beklenen sonuçları (Global climate change and inevitable conclusions), Dicle University Institute of Science. National Thesis Number: 377382.
- [31] ZF Toprak, N Hamidi, Ş Toprak, and Z Şen, 'Climatic identity assessment of the climate change', *Int. J. Global Warming*, 5(1), 30-45(16).2013.DOI: <http://dx.doi.org/10.1504/IJGW.2013.051480>.
- [32] M Batan and ZF Toprak , Financial comparison of the Kyoto Protocol obligations and the natural disaster losses, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7 (2/2), pp. 180-189,2017.
- [33] ZF Toprak , What is the Global Climate Change? With the Perspective of the People Who Live, *International Journal of Environmental Protection*, 2016, Vol. 6 Iss. 1, PP. 134-137,2016.
- [34] ZF Toprak, Sahin Toprak, and N Hamidi, *Changement Climatique et Identite Climatique, Le Journal de l'Eau et de l'Environnement, Revue Scientifique et Technique*, 81-91 LJEE, 20,2012).
- [35] M Batan and ZF Toprak , İklim Değişikliğinde Etkenler ile Sonuçların Birbirini Tetiklemesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, Year 2020, Volume 11 , Issue 2, Pages 759 – 769,2020. <https://doi.org/10.24012/dumf.547015>.
- [36] R Çelik and ZF Toprak, Küresel İklim Değişikliğinin Diyarbakır Kent Merkezi Yeraltı Suyu Seviyesine Etkisi, *DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 2, Sayfa: 279-290, 2016.
- [37] Z Kınık and ZF Toprak, Halkın İklim Değişikliğine Bakışı: Diyarbakır İçin Bir Alan Çalışması, *DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 2, Sayfa: 329-341, 2016.
- [38] M Batan nd ZF Toprak, Küresel iklim değişikliğinin olumlu etkileri ve bu etkilerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi, *DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 2, 3-9 Sayfa: 93-102 Aralık 2015.
- [39] ZF Toprak, G Öztürkmen, S Yılmaz, F Dursun, G Yalçın Bayar, A EM, N Hamidi, Diyarbakır Kent Merkezi İçin Sıcaklık Verilerinin İstatistiksel Analizi (Statistical Analyses of Temperature Data for Diyarbakir City Center), *İklim Değişikliği ve Çevre (Climate Change and Environment)*, 1 (2), 49-74, 2009.
- [40] Fatih Şevgin (2021), PhD THESIS, Bulanık SMRGT yöntemi ile taşkın modellenmesi ve Kalecik Havzası örneği (Flood modeling with the fuzzy SMRGT method and an example of the Kalecik Basin), Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Dicle University Institute of Science). 12/07/2021, National Thesis Number: 683447
- [41] Zeynep Aykaç (2021), PhD THESIS, Diyarbakır ilindeki tarihi su değirmenlerinin konumlarının ve hidrolik enerji potansiyellerinin araştırılması (Investigation of the location and hydraulic energy potentials of historic water mills in Diyarbakir province), Dicle University Institute of Science. Date: 14.01.2021, National Thesis Number: 664833
- [42] Derya Karakaya (2018), Master Thesis, Akış katsayısının bulanık SMGRT yöntemi ile modellenmesi (Modeling flow coefficient by using fuzzy SMGRT method), Dicle University Institute

of Science. Date: 10.12.2018, National Thesis Number: 540658.

- [43] Sadık Alashan (2016), Phd Thesis (Co-Adviser), Nehir hidroelektrik enerji potansiyelinin hesaplanmasında yeni bir yaklaşım (Enerji Ağacı yöntemi) ve Murat Nehri örneği (A new methodology for determining river gross hydroelectric energy potential (Energy Tree) and application of Murat River), ITU Institute of Science. National Thesis Number: 441712
- [44] N Agiralioglu, E\* Eris, G Andic, HK Cigizoglu, HG Coskun, L Yilmaz, U Alganci, ZF Toprak , Practical Methods for the Estimation of Hydroelectric Power Potential of Poorly Gauged Basins, *Sigma J Eng & Nat Sci* 35 (2), 347-358,2017.
- [45] S Alashan, Z Şen, and ZF Toprak, Hydroelectric Energy Potential of Turkey: A Refined Calculation Method, *The Arabian Journal for Science and Engineering(Arab J Sci Eng)*, DOI 10.1007/s13369-015-1982-5,2016.
- [46] HG Coskun, U Alganci, E Eris, N Agiralioglu, HK Cigizoglu, L Yilmaz, and ZF Toprak, Remote Sensing and GIS Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant (HPP) in Poorly Gauged Basins, *Water Resources Management*, 24(14), 3757-3772,2010. DOI: 10.1007/s11269-010-9632-x.
- [47] ZF Toprak, E Eris, N Agiralioglu, HK Cigizoglu, L Yilmaz, H Aksoy, HG Coskun, G Andic, and U Alganci , Modeling Monthly Mean Flow in a Poorly Gauged Basin by Fuzzy Logic, *CLEAN-Soil, Air, Water*, 37(7), pp: 555-564,2009. DOI: 10.1002/clen.200800152.
- [48] ZF Toprak, M Songur, N Hamidi, and H Gulsever, Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT), *AWERProcedia Information Technology & Computer Science*, Vol 03 833-840,2013.
- [49] M Songur, N Hamidi, ZF Toprak, and A Dabanlı, Developing Mathematical Model For Losses in Water Distribution Network by Integration of SCADA, GIS and Customer Information System, *AWERProcedia Information Technology & Computer Science*, Vol 03 1494-1498,2013.(Ayrıca Bildiri Olarak Sunulmuştur).
- [50] F Şevgin and ZF Toprak, Meteorolojik Akış Katsayısının Bulanık SMRGT Yöntemi ile Belirlenmesi: Murat Havzası Örneği,Cilt 12, Sayı 2, 401 - 409,2021. DOI: 10.24012/dumf.844325
- [51] D Karakaya and ZF Toprak, İçme Suyu Şebekelerindeki Su Kayıplarının ZFT Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması Classification Water Losses in Water Distribution Networks Using ZFT Algorithm, *Su Kaynakları*, 3, (2) 22–30, 2018.
- [52] ZF Toprak, Bülent Selek, Yakup Karaaslan, Kasım Yenigün, Veysel Gümüş, M. Hakkı Aydoğdu , Bir Havzanın Su Bütçesinin Belirlenmesi İçin Yeni Bir Yaklaşım, *Su Kaynakları*, 3, (2) 51–60, 2018.
- [53] S Atabey and ZF Toprak, Bitlis ve Muş illerinin iklim değişikliği çerçevesinde uzun dönem sıcaklık değişimi karşılaştırması, *DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 1, 419 – 428, 2018.
- [54] Z Aykaç, D Karakaya, and ZF Toprak, Su Değirmenlerinin Hidrolik Enerji Potansiyelinin Araştırılması- Diyarbakır Örneği, *DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 1, 515 - 527, 2018.
- [55] D Karakaya, Z Aykaç, ZF Toprak, Suriçi'nde yer alan Tarihi Hz. Süleyman Camii çeşmelerinin hidrolik ve hidrolojik özellikleri, *DÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi*, SUR Özel Sayısı, Cilt: 8, Sayı: 2, 403-412, 3-9, 2017.
- [56] ZF Toprak , Türkiye'de ve Dünyada Hidrolik Enerji Potansiyeli, *Mimar ve Mühendis Grubu Dergisi*, 75 (Ocak – Şubat), 60-64, 2014.
- [57] U Alganci, HG Coşkun, E Eriş, N Ağırlioğlu, HK Cigizoglu, L Yilmaz, and ZF Toprak , Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesine Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS ile Hidrolojik Modelleme, *hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, THBTK 2009(3) Özel Sayısı, 1-5,2009.
- [58] G. P. Mengü and E. Akkuzu, "Küresel Su Krizi Ve Su Hasadı Teknikleri," *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 5, no. 2, pp. 75-85, 2008.
- [59] A. Can and Ü. Yılmaz, "Yağmur Suyu Potansiyeli ve Kullanım Suyu Olarak Değerlendirilmesi," 2019.
- [60] Z. Khan, M. A. Alim, M. M. Rahman, and A. Rahman, "A continental scale evaluation of rainwater harvesting in Australia," *Resources, Conservation*, vol. 167, p. 105378, 2021.
- [61] V. Ioan, S. Camelia, B. Erika, and B. Robert, "Overview Of Rainwater Harvesting Systems And Their Way Of Using Them Worldwide," vol. 18, no. 5.1, pp. 605-611, 2018.
- [62] A. Fewkes, "The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system," vol. 34, no. 6, pp. 765-772, 1999.
- [63] H. Hashim, A. Hudzori, Z. Yusop, and W. Ho, "Simulation based programming for optimization of



large-scale rainwater harvesting system: Malaysia case study," vol. 80, pp. 1-9, 2013.

- [64] S. Hoseini and V. Attarzadeh Hosseini, "Rainwater Harvesting in Residential Areas of Arid and Semi-Arid Regions (Case Study: Torbat-E Jam, Iran)," vol. 25, no. 2, pp. 130-138, 2020.
- [65] İ. H. Özölçer, "Rainwater harvesting analysis for Bülent Ecevit University central campus," *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, vol. 6, no. 1, pp. 22-34, 2016.
- [66] B. Eren, A. Aygün, S. Likos, and A. İ. Damar, "Yağmursuyu Hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü Potansiyelinin Değerlendirilmesi Rainwater Harvesting: Assessing the Potential of Sakarya University Esentepe Campus," 2016.
- [67] H. Yükselir, B. Ağaçasapan, and A. Çabuk, "Cbs Tabanlı Çatıların Yağmur Suyu Toplama Kapasitesinin Hesaplanması," *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences Technologies*, vol. 1, no. 2, pp. 16-26, 2019.
- [68] E. Kalıpcı, V. Başer, and G. Nihal, "Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak Yağmur Suyu Hasadının Değerlendirilmesi: Giresun Üniversitesi Kampüsü Örneği," vol. 10, no. 1, pp. 49-58, 2021.
- [69] M. Abu-Zreig, F. Ababneh, and F. Abdullah, "Assessment of rooftop rainwater harvesting in northern Jordan," *Physics Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, vol. 114, p. 102794, 2019.
- [70] P. S. Rukesh Reddy and A. Rastogi, "Rainwater harvesting in hostels 12 and 13 of IIT Bombay," *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 52-62, 2008.
- [71] M. Madzia, "Reduction of Treated Water Use through Application of Rainwater Tanks in Households," vol. 20, no. 9, pp. 156-161, 2019.
- [72] C. O. Okoye, O. Solyalı, and B. Akıntuğ, "Optimal sizing of storage tanks in domestic rainwater harvesting systems: A linear programming approach," *Resources, conservation recycling*, vol. 104, pp. 131-140, 2015.
- [73] S. Angrill, L. Segura-Castillo, A. Petit-Boix, J. Rieradevall, X. Gabarrell, and A. Josa, "Environmental performance of rainwater harvesting strategies in Mediterranean buildings," vol. 22, no. 3, pp. 398-409, 2017.
- [74] E. Ghisi, "Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses," vol. 24, no. 10, pp. 2381-2403, 2010.
- [75] N. J. Kolavani and N. J. Kolavani, "Technical feasibility analysis of rainwater harvesting system implementation for domestic use," *Society*, vol. 62, p. 102340, 2020.
- [76] A. Khastagir and N. Jayasuriya, "Optimal sizing of rain water tanks for domestic water conservation," vol. 381, no. 3-4, pp. 181-188, 2010.
- [77] U. Paudel and M. A. Imteaz, "Generalized equations for potential water savings from rainwater tanks in Adelaide under different climates," in *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 54, p. 04004: EDP Sciences.
- [78] Y. Lai, Y. Ahmad, I. Yusoff, C. Bong, and S. Kong, "Effects of roof pitch gradient and material to harvested rainwater quality," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, vol. 401, no. 1, p. 012011: IOP Publishing.
- [79] J. Mao et al., "Effect of roof materials and weather patterns on the quality of harvested rainwater in Shanghai, China," vol. 279, p. 123419, 2021.
- [80] M. S. Geraldi and E. Ghisi, "Assessment of the length of rainfall time series for rainwater harvesting in buildings," vol. 133, pp. 231-241, 2018.
- [81] T. Yue, S. Zhang, J. Zhang, B. Zhang, and R. Li, "Variation of representative rainfall time series length for rainwater harvesting modelling in different climatic zones," vol. 269, p. 110731, 2020.
- [82] R. Guo and Y. Guo, "Stochastic modelling of the hydrologic operation of rainwater harvesting systems," vol. 562, pp. 30-39, 2018.
- [83] H. Kim, M. Han, and J. Y. Lee, "The application of an analytical probabilistic model for estimating the rainfall-runoff reductions achieved using a rainwater harvesting system," vol. 424, pp. 213-218, 2012.
- [84] D. C. Nguyen, M. Y. J. R. Han, Conservation, and Recycling, "Proposal of simple and reasonable method for design of rainwater harvesting system from limited rainfall data," vol. 126, pp. 219-227, 2017.