

Bir Fabrika Binasında Yağmur Suyu Hasadının Teknik ve Ekonomik Analizi

Sümeyye ADALI¹, Melike YALILI KILIÇ^{2*}

^{1,2} Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa

¹<https://orcid.org/0000-0002-5077-7358>

²<https://orcid.org/0000-0001-7050-6742>

*Sorumlu yazar: myalili@uludag.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 08.09.2023

Kabul tarihi: 24.01.2024

Online Yayınlanma: 25.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Su yönetimi

Yağmur suyu hasadı

Fabrika

Sürdürülebilirlik

ÖZ

Günümüzde küresel ısınma neticesinde yağışların azalması ve buna paralel olarak buharlaşma oranının artışı, mevcut olan su kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu baskının azaltılması ve alternatif su kaynağı oluşturma noktasında yağmur sularının hasat edilmesi önemli bir çözüm yoludur. Bu çalışmada Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'ndeki bir fabrikanın evsel ve endüstriyel su ihtiyacının karşılanması amacıyla çatı yağmur suyu hasadının uygulanabilirliği araştırılmış ve hasat sisteminin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Fabrikanın çatı yüzeylerinden 2 083,2 m³ yıl⁻¹ değerinde su hasadı gerçekleştirilebileceği, oluşan bu miktar ile fabrikanın evsel ve endüstriyel su ihtiyacını karşılama oranının %2 olacağı hesaplanmıştır. Kurulacak olan sistemin fabrikanın su tüketim harcamasından yıllık olarak 2 703,8 \$ değerinde tasarruf sağlayabileceği, sağlanan bu tasarrufla sistemin kendisini 16,57 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir. Amortisman süresinin düşürülmesi ve toplanan yağmur suyu miktarının artırılması amacıyla yağmur suyu hasadı çalışmasının fabrikaya ait yol ve kaldırımları kapsayacak şekilde genişletilmesi önerilmektedir.

Technical and Economic Analysis of Rainwater Harvesting in a Factory Building

Research Article

Article History:

Received: 08.09.2023

Accepted: 24.01.2024

Published online: 25.06.2024

Keywords:

Water management

Rainwater harvesting

Factory

Sustainability

ABSTRACT

Today, the decrease in precipitation as a result of global warming and the increase in the evaporation rate in parallel with this put a great pressure on the existing water resources. Rainwater harvesting is an important solution to reduce this pressure and create an alternative water source. In this study, the feasibility of rooftop rainwater harvesting was investigated to meet the domestic and industrial water needs of a factory in Bursa Demirtaş Organized Industrial Zone and the cost analysis of the harvesting system was carried out. It has been calculated that 2,083.2 m³ year⁻¹ worth of water can be harvested from the roof surfaces of the factory, and with this amount, the rate of meeting the domestic and industrial water needs of the factory will be 2%. It has been determined that the system to be established can save 2,703.8 \$ annually from the water consumption expenditure of the factory, and with this savings, the system can pay for itself in 16.57 years. In order to reduce the depreciation period and increase the amount of collected rainwater, it is recommended that the rainwater harvesting study be extended to include the roads and pavements of the factory.

To Cite: Adalı S., Yalılı Kılıç M. Bir Fabrika Binasında Yağmur Suyu Hasadının Teknik ve Ekonomik Analizi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(3): 1177-1185.

1. Giriş

Nüfus artışı; sanayileşme ve iklim değişikliğinin etkisiyle birlikte son yıllarda kurak dönemlerin olağan dışı uzun periyotlara ulaşması, yağış miktarlarında değişimlerin yaşanmasına ve dünya yüzeyinde sınırlı düzeyde olan tatlı su kaynaklarının azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum su ihtiyacının temini, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve yaban hayatının devamında önemli bir tehdit unsuru olarak görülmektedir (Ekşi ve ark., 2016; Eşbah Tuncay, 2022).

Dünya genelindeki su miktarı 1,4 milyar km³ değerinde olup bu değer %97,5'u okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'u nehir ve göllerde tatlı su olarak yer almaktadır. Tatlı su kaynaklarının %90'ının kutup bölgelerinde ve yeraltında olduğu düşünüldüğünde, küresel ölçekte kullanılabilir düzeydeki tatlı su miktarının sınırlı düzeyde kaldığı anlaşılmaktadır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018). Su sarfiyatının azaltılması ve yağmur suyu gibi alternatif su kaynaklarının devreye alınması, tatlı su kaynaklarının korunması noktasında büyük önem taşımaktadır (Eşbah Tuncay, 2022). Hızlı nüfus artışıyla birlikte tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve yaşanan endüstriyel gelişmeler küresel, bölgesel ve yerel ölçekte önemli çevre sorunlarını meydana getirmektedir (Uğuz Yedievli, 2021).

Kentler iklim değişikliğinden kırsal alanlara kıyasla önemli derecede etkilenmektedir. Dünya ölçeğinde kent nüfusunun 2050 yılında %69'a ulaşacağı ve 5 milyara yakın insanın su sıkıntısı yaşayan bölgelerde ikamet edeceği belirtilmektedir (Toyran ve Var, 2022). Kentsel bölgelerde mevcut olan yoğun yapılaşma ve bitki örtüsü tahribatı, geçirimsiz yüzeylerin azalmasına bağlı olarak yağışlarla birlikte yüzeysel akış miktarının artışına, sel ve taşkınlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle kent özelinde yağmur sularının hasat edilmesi, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve kent sağlığı açısından büyük avantajlar barındırmaktadır (Ünal ve Akyüz, 2022). Kentlerde yağmur sularının yönetimi ve değerlendirilmesi konusunda yapılan çalışmalar, kent ekosisteminin önemli bileşenlerinden birini oluşturan su döngüsüne uyum sağlamayı amaçlamaktadır (Aksu, 2022).

Yağmur suyu; canlıların ana su kaynağı ve ekosistem üzerinde dengeleyici olma özelliklerini taşımakta olup bu kaynağın en uygun şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Yağmur suyu hasadı, geçmişten günümüze en yaygın kullanılan çevre dostu su elde etme yöntemlerinden olup, günümüz koşulları göz önüne alındığında bu su kaynağının etkin kullanımı için hasat sistemlerinin kurulmasının yaygınlaşması önem arz etmektedir (Yetkin ve Akman, 2021; Tavşan ve Bektaş, 2022). Hasat edilen yağmur suyu içme suyu temini dışında bahçe sulama, tuvalet rezervuarını doldurma, araba yıkama vb. amacıyla kullanılarak birçok alanda sudan verimlilik sağlanmaktadır. Yağmur suyu hasat sistemleri özellikle çatı alanı büyük olan AVM, havalimanı, hastane vb. yapılarda önemli kullanım alanı bulmaktadır (Tavşan ve ark., 2022).

Kentsel alanların yoğun olduğu bölgelerde iklim değişikliği, havza alanlarının tahrip edilmesi, doğal su yollarının değiştirilmesi gibi nedenlerle döngüsünü tamamlayamayan yağmur suyu, büyük oranda yüzeysel akışa geçmektedir. Bu durum taşkınlara, kuraklığa, yüzeysel ve yer altı suyu kalitesinin düşüşüne yol açmaktadır (Konyalı Dereli ve Çay, 2020). Kentsel alanlar için uygun olabilecek birçok

yağmur hasadı tekniği bulunmakta, bu teknikler arasında çatı yüzeyinden yağmur suyu hasadı, yüzey akış hasadı, yağmur bahçeleri, sızdırma, infiltrasyon hendekleri vb. yer almaktadır (Toyran ve Var, 2022). Bu hasat teknikleri arasında en yaygın olarak kullanılan sistemin çatı yüzeyinden yağmur suyu hasadı olduğu belirtilmekte olup, bu hasat yönteminde çatı yüzeyine düşen yağış suları toplanıp, oluklar yardımıyla su deposuna aktarılmaktadır (Hacısalihoğlu, 2022). Yağmur suyu hasat sistemleri şehirlerdeki büyük çatılara sahip binalarda kullanıldığında hem su temini hem de şehirlerdeki sel felaketlerinin etkisini hafifletebilme noktasında büyük rol oynamaktadır. Kentlerde çatı yağmur suyu hasadıyla elde edilen suların otopark ve yollardan hasat edilen yağmur sularından kalite ve verim bakımından daha yüksek seviyede olduğu bildirilmektedir (Himat, 2018). Yağmur sularının depo edilmesi noktasında yeraltında ve toprak yüzeyinde depolama olmak üzere iki farklı yöntem bulunmakta olup, yeraltı depolamasında toprak ve sarnıçlar yer alırken, toprak yüzeyinde depolamada ise tank, rezervuar veya havuzlar kullanılmaktadır (Hacısalihoğlu, 2022).

Literatür incelendiğinde çatı yüzeyinden yağmur suyu hasadı ile ilgili farklı ülkelerde ve birçok alanda çalışmaların yer aldığı görülmektedir. Villarreal ve Dixon (2005) tarafından İsveç'in Norrköping kentindeki bir yerleşim bölgesi olan Ringdansen için yağmur suyu hasat sisteminin uygulama olanakları araştırılmıştır. Yağmur suyu hasat planının su tasarrufu potansiyelini ölçmek için bir bilgisayar modeli oluşturulmuştur. Ringdansen'deki tüm çatı alanlarından yağmur suyu hasadı ile elde edilecek yağmur suyunun yalnızca tuvalet sifonunda kullanılması durumunda 40 m³'lük bir tankın uygun ve yeterli olacağı, hasat edilen suyla ana su kaynağından %60'ın üzerinde tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir.

Güneybatı Nijerya'nın Abeokuta bölgesinde yer alan binaların büyük çoğunluğunun hane başına yıllık 74 m³ yağmur suyu toplama potansiyeline sahip olduğu, bölgenin tahmini su talebinin tuvalet rezervuarlarında yıllık 29,4 m³, çamaşır yıkamada ise 21,6 m³ su olduğu bildirilmektedir. Bölgede toplanmış yağmur suyunun kasım, aralık, ocak ve şubat ayları dışında tuvalet sifonları ve çamaşır yıkama amacıyla aylık su ihtiyacını karşılama noktasında yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir. Su tasarrufu potansiyelinin en yüksek olduğu ayların yağışların yoğun seyrettiği haziran ve eylül ayları olduğu belirlenmiştir (Aladenola ve Adebeye, 2010).

Çakar (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, İzmir ili Bornova ilçesinde bulunan bir sitenin konut dışı su gereksiniminin karşılanması amacıyla çatı yüzeylerinden toplanabilecek yağmur sularının kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Çatı yüzeylerinin toplam alanı 1 800 m², binaların çevresinde yer alan toplam yeşil alan miktarı 250 m² olarak belirlenmiştir. Çatılardan toplanacak yağmur suyunun yıl boyunca yeşil alan sulaması ve site temizliği su gereksiniminin karşılanmasında yeterli olacağı saptanmıştır. Yeşil alanların her gün sulanması durumunda bile, yıllık ölçekte toplanan çatı yağmur suyunun sadece %60,88'inin kullanılmış olacağı hesaplanmıştır.

Yılmaz ve Yücedağ (2022) tarafından Isparta Mesleki Eğitim Merkezi binası için şebeke suyuna alternatif olacak sürdürülebilir nitelikte bir su kaynağı sağlamak amacıyla dönüştürülebilir yağmur suyu projesi ele alınmış olup, toplamda 158 m² olan yeşil alanların sulanması için kullanılması

planlanan, 240 m² çatı alanından hasat edilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu çatı alanından yıllık 92 242 m³ yağmur suyunun hasat edilebileceği belirlenmiş olup, elde edilen yağmur suyu miktarlarının temmuz, ağustos ve eylül ayları dışında kalan aylarda yeşil alan sulaması için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

Almanya'nın en büyük yağmur toplama sistemine sahip olan Frankfurt Havalimanı'nda yağmur suyu hasadıyla yılda yaklaşık 1 000 000 m³ su tasarrufu sağlanmaktadır. Kurulan sistemin maliyeti 63 000 \$ olup, 26 800 m² çatı alanına sahip terminal binasında, binanın bodrum katında konumlandırılan 100 m³ depolama kapasitesine sahip 6 tankta tuvalet rezervuarında kullanım, bitki sulama ve klima sisteminin temizlenmesi amacıyla yağmur suyu hasadı gerçekleştirilmektedir (Yenigün ve Tunalı, 2022; URL-1, 2023).

Bu çalışmada, Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'ndeki (DOSAB) bir fabrikanın evsel ve endüstriyel su temini amacıyla kurulacak yağmur suyu hasat sisteminin uygulanabilirliği araştırılarak sistemin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yağmur suyu hasadının sanayi alanında uygulanabilirliği ele alınarak, yoğun olarak evsel kurulumların yaygın olduğu yağmur hasadı sistemlerinde ticari amaçlı uygulama yollarının gösterilmesi planlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında ele alınan fabrika, tekstil sektörünün önde gelen illerinden biri olan Bursa'da 2002 yılından beri hizmet vermektedir. İplik üretiminin gerçekleştiği 4 150 m² alana sahip fabrikada yaklaşık 450 çalışan yer almaktadır. Döşeme, perde, halı ve yatak kumaşı vb. ev tekstil ürünleri, moda, dış mekân ve askeriye alanında teknik uygulamalar yanında otomotiv kumaşları üretiminin de gerçekleştirildiği tesis yurt içinde büyük bir pazar payına sahip olup; Hindistan, Amerika, İtalya ve birçok Avrupa ülkesine ihracat gerçekleştirmektedir. Fabrikanın yıllık üretim kapasitesi 16 000 ton değerindedir. Fabrikadaki üretim alanları arasında spinning, tekstüre ve büküm yer almaktadır.

Çalışma kapsamında ele alınan fabrikanın çatı alanlarından hasat edilecek yağmur suyu miktarı hesabında kullanılacak formüller denklem 1-2'de yer almaktadır (TEMA, 2023).

$$\text{Yağmur suyu verimi (m}^3\text{)} = \text{Çatı alanı} * \text{Yağış miktarı} * \text{Çatı katsayısı} * \text{Filtre etkinlik katsayısı} \quad (1)$$

$$\text{Depo hacmi (m}^3\text{)} = \text{En yüksek aylık yağış} * \text{Çatı alanı} * \text{Çatı katsayısı} * \text{Filtre etkinlik katsayısı} \quad (2)$$

Çatı alanı: Düşen yağmur sularının toplama alanı.

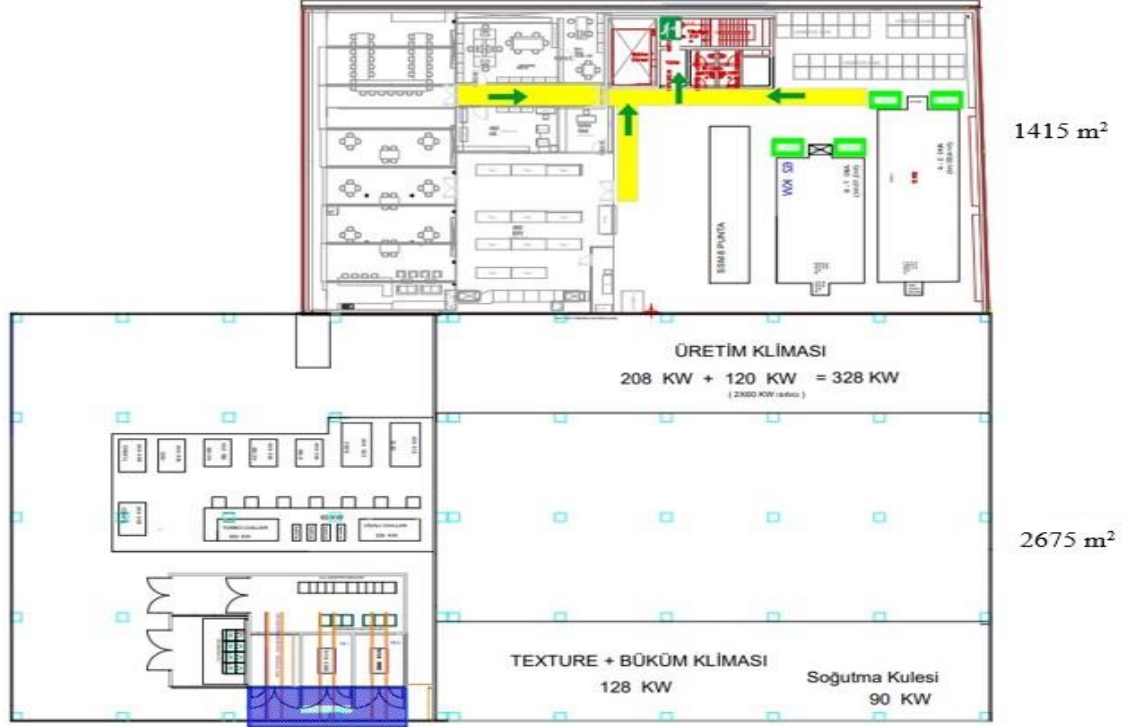
Yağış miktarı: m²'ye düşen ortalama yağış hacmi.

Çatı katsayısı: DIN1989'da 0,8 olarak belirtilmektedir. Çatıya düşen yağış sularının tümünün geri dönüştürülemeyeceğini ifade etmektedir.

Filtre etkinlik katsayısı: DIN1989'da 0,9 olarak belirtilmektedir. Çatıdan hasat edilen yağış sularının iri katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısı olup, düşen yağış sularının bir miktarının filtreden geçemeyeceği göz önüne alınarak belirlenmiştir (TEMA, 2023).

Depo Hacmi (m³): Çatıdan hasat edilen yağmur suyunun depolanacağı kabın hacmini ifade eder. Güvenli alanda kalmak için maksimum yağışın gerçekleştiği ay baz alınarak depo hacmi belirlenir.

Şekil 1’de fabrikanın çatı alanlarına ait görsel yer almaktadır.



Şekil 1. Fabrikanın çatı alanlarına ait görsel

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Bursa DOSAB’ta bulunan bir fabrikanın evsel ve endüstriyel su kullanımında tasarruf sağlamak amacıyla fabrika çatılarından toplanabilecek yağmur suyu potansiyeli belirlenmiş, kurulacak sistemin maliyet analizine yer verilmiştir. Tablo 1’de Bursa iline ait sıcaklık ve yağış verileri yer almaktadır.

Tablo 1 incelendiğinde Bursa ilinde yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 112,5 olarak belirtilmekte olup, aralık ayının en yüksek yağış ortalamasına sahip olduğu görülmektedir (99,3 mm). İlde 1928 ile 2022 yılları aralığında m²’ye düşen ortalama yağış miktarı 707,4 mm olduğu belirlenmiştir ($707,4 \text{ L m}^{-2} = 707,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} = 707,4 \text{ mm}$). Tablo 2’de incelenen fabrikaya ait 2022 yılı su tüketim değerleri yer almaktadır.

Tablo 1. Bursa iline ait sıcaklık ve yağış verileri (1928-2022) (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2023)

Bursa	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık Ortalaması (°C)	5,4	6,2	8,3	12,9	17,7	22,0	24,5	24,3	20,3	15,6	11,1	7,4	14,6
Ortalama yağışlı gün sayısı	14,85	13,41	12,55	11,22	9,02	6,16	3,06	2,92	5,12	8,96	11,04	14,20	112,5
Aylık yağış miktarı ortalaması (mm)	89,1	75,9	69,9	61,5	50,6	35,4	22,0	18,4	43,7	65,9	75,7	99,3	707,4

Tablo 2. Fabrikaya ait 2022 yılı su tüketim değerleri

Fatura Dönemi	Su Tüketimi (m ³)
Ocak- Şubat	18 240
Mart-Nisan	21 765
Mayıs-Haziran	21 918
Temmuz-Ağustos	14 900
Eylül-Ekim	12 984
Kasım-Aralık	13 541
Toplam	103 348

Çalışma kapsamında incelenen fabrikanın çatı alanları toplamı 4 090 m²'dir (Şekil 1). Çatı alanları ve ortalama yağış verileri ışığında yağmur suyu verimi;

$$\text{Yağmur suyu verimi (m}^3\text{)} = \text{Çatı alanı} * \text{Yağış miktarı} * 0,8 * 0,9 \quad (1)$$

$$\text{Yağmur suyu verimi (m}^3\text{)} = 4 090 \text{ m}^2 * 707,4 \text{ L/m}^2 * 0,8 * 0,9 = 2 083 151,5 \text{ L} = 2 083,2 \text{ m}^3$$

Yağmur suyu toplama sistemine ait depo hacmi, maksimum yağışın meydana geldiği aralık ayı göz önüne alınarak belirlenmiştir (Tablo 1).

$$\text{Depo hacmi (m}^3\text{)} = \text{Aralık ayı yağış miktarı} * \text{Çatı alanı} * 0,8 * 0,9 \quad (2)$$

$$\text{Depo hacmi (m}^3\text{)} = 4 090 \text{ m}^2 * 99,3 \text{ L/m}^2 * 0,8 * 0,9 = 292 418,64 \text{ L} = 292,4 \text{ m}^3$$

Bu durumda 3 adet 100 tonluk su deposu kurulacak sistem için yeterli olacaktır. Ekipman ve kurulum maliyetleri için yapılan fiyat araştırmaları sonucunda kurulması planlanan yağmur suyu hasat sisteminin toplam maliyetinin 44 809,6 \$ olarak belirlenmiştir.

Yağmur suyu verimi 2 083,2 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu durumda çatı yüzeylerinden 2 083,2 m³ yıl⁻¹ değerinde su hasadı gerçekleştirilebilecektir. Bu değer personel kaynaklı evsel ve endüstriyel su ihtiyacını karşılama oranını; $2 083,2 \text{ m}^3 / 103 348 \text{ m}^3 = \%2$ olarak belirlenmiştir.

Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) Su Tarife Ücretleri incelendiğinde sanayiye sağlanan toplu suyun birim fiyatı 1,284 \$/m³ olarak belirtilmektedir (BUSKİ, 2023). Su tarifesine uygulanan %1 KDV oranı ve bakım bedeli ve uygulanan %18 KDV oranı dikkate alındığında kurulacak olan yağmur suyu toplama sisteminin fabrikanın su tüketim harcamasından yıllık 2 703,8 \$ değerinde tasarruf etmesine olanak sağlamaktadır. Sağlanan bu tasarruf değeriyle kurulacak olan sistemin kendisini 16,57 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir. Amortisman süresinin uzunluğu dikkate alındığında yağmur suyu hasadının çatı alanı ile sınırlı tutulmayıp kaldırım ve yolları kapsayacak şekilde genişletilmesinin hasat edilecek su miktarının artırılması ve amortisman süresinin düşürülmesinde önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmaya benzer olarak Geben (2023) tarafından Kayseri ilinde bulunan bir Organize Sanayi Bölgesinde seramik üretimi konusunda faaliyet gösteren bir işletme için yağmur suyu toplama sistemi tasarımı ele alınmıştır. Çalışma kapsamında 22 000 m² çatı alanına sahip işletmede yıllık 6 514 m³ değerinde yağmur suyu hasat edilebileceği belirlenmiştir. Hasat edilen yağmur suyunun içme suyu, soğutma kulesi, yangın tesisat sistemi, proses suyu, buhar kazanı suyu, araç yıkama, bahçe ve peyzaj sulaması amacıyla kullanımı araştırılmıştır. Yıllık ortalama 34 867,08 m³ su ihtiyacı hesaplanan işletmenin yağmur suyu hasadıyla şebeke suyu tüketimini yaklaşık %19 oranında azaltabileceği belirlenmiştir. Ana su şebekesine bağlanarak yardımcı kaynak olarak kullanılacak olan yağmur suyu toplama sisteminin 6 yıldan kısa bir sürede geri ödeme süresi sağlayabileceği belirlenmiştir. Bu fabrikanın çatı alanından yaklaşık beşte biri oranında çatı alanına sahip bizim çalışmamızdaki yağmur suyu hasat sisteminden, diğer çalışmaya kıyasla üçte biri oranında suyun toplanabileceğinin ve sistemin amortisman süresinin 16,57 yıl olarak hesaplanması oldukça makul değerlerdir.

4. Sonuçlar

Günümüzde küresel bir felaket olarak etkilerini günden güne arttıran iklim değişikliği, su kaynakları üzerinde olumsuz baskı oluşturmaktadır. Yağmur suyu, mevcut su kaynaklarının beslenmesi ve sürdürülebilirliği noktasında en temel doğal kaynak olma özelliğindedir. Kentsel alanlar özelinde zemin su geçirgenliğinin düşüklüğü nedeniyle yüzeysel akışa geçen yağmur suyundan yararlanma noktasında yağmur suyu hasat sistemleri büyük önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada Bursa ilinde yer alan bir tekstil fabrikasının çatı alanından hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmış, suyun toplanıp kullanımını sağlayacak hasat sisteminin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Sistemin fabrikanın su tüketim harcamasından yıllık olarak 2 703,8 \$ değerinde tasarruf edileceği, sağlanan bu tasarrufla sistemin kendisini 16,57 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir. Amortisman süresinin düşürülmesi ve toplanan yağmur suyu miktarının artırılması amacıyla yağmur suyu hasadının fabrikaya ait yollar ve kaldırımları da kapsayacak şekilde genişletilmesi önerilmektedir.

Günümüzde kaynakların sınırlılığı ve hayat pahalılığı göz önünde bulundurulduğunda bireylerin ve işletmelerin kaynak yönetimi ve sürdürülebilirliği noktasında çeşitli önlemler alması gerekliliği ortaya

çıkıştır. Bu doğrultuda yağmur suyu hasadı, atıksu geri kazanımı vb. alternatif su kaynaklarının kullanımı, günümüzde ve gelecekte su stresini azaltmaya yönelik alınabilecek en büyük önlemler arasında yer almaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Aksu GA. Kentsel peyzaj planlamada sürdürülebilir yağış suyu yönetim stratejilerinin geliştirilmesi: Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2022; 35: 34-46.
- Aladenola OO., Adeboye OB. Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Resources Management* 2010; 24(10): 2129-2137.
- BUSKİ. Abone Rehberi. <https://www.buski.gov.tr/AboneRehberi/AboneRehberi/14> Erişim Tarihi: 04.09.2023.
- Çakar H. İzmir ili koşullarında bahçeli bir sitenin yağmur suyu hasadı potansiyelinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 2022; 9(2): 446-452.
- DIN. Regenwassernutzungsanlagen. Deutsches Institut Normung DIN: 1989, German.
- Ekşi M., Yılmaz M., Özden Ö. Yağmur bahçelerinin nicel değerlendirilmesi: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi örneği. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2016; 31(4): 1113-1123.
- Eşbah Tunçay H. İklim dostu şehircilik bağlamında suya duyarlılık. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi* 2022; 1(2): 41-58.
- Geben M. Yağmur suyu toplama sistemi tasarımı ve yağmur suyunun kullanımı: sektörel uygulama örneği. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no:104, Kayseri, Türkiye, 2023.
- Hacısalihoğlu S. Su hasadı uygulamalarının kırsal alanların sürdürülebilirliğine katkısı: Bursa-Karacabey örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 5(2): 767-782.
- Himat A. Çatılardan yağmur suyu hasat potansiyelinin il bazında değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, sayfa no:205, Konya, Türkiye, 2018.
- Konyalı Dereli C., Çay RD. Sürdürülebilir yağmursuyu yönetimi kapsamında yeşil altyapı sisteminin değerlendirilmesi: Fırınlarsırtı TOKİ Konutları (Edirne) yerleşimi için bir öneri. *Kent Akademisi* 2020; 13(4): 668-687.

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İllere ait mevsim normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURSA> Erişim Tarihi: 08.08.2023.
- Tavşan F., Bektaş U. Mikro konutlarda sürdürülebilirlik yaklaşımı. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi* 2022; 7 (Özel Sayı): 191-205.
- Tavşan F., Bahar Z., Tavşan C. Sürdürülebilirlik kapsamında yağmur suyu toplama sistemli pavilyonlar. *Kent Akademisi Dergisi* 2022; 15(2): 877-896.
- TEMA. Geleceğin suyu. <https://silo.tips/download/geleceken-suyu-sutemaorgtr> Erişim Tarihi: 08.08.2023.
- Toyran C., Var M. Yağmur suyu hasadının kentsel tasarım ve yeşil altyapı uygulamalarında değerlendirilmesi-Büyükçekmece İlçesi örneği. *Turkish Journal of Forest Science* 2022; 6(1): 255- 274.
- Uğuz Yedievli, H. Bina ve şehirlerde yağmur suyu hasadı. <https://www.permaturk.org/post/bina-ve-sehirlerde-yagmur-suyu-hasadi> Erişim Tarihi: 31.08.2023.
- URL-1. Rainwater harvesting in Germany. <http://www.rainwaterharvesting.org/international/germany.htm> Erişim Tarihi: 08.08.2023.
- Ünal U., Akyüz DE. Yeşil ve gri altyapı sistemlerinin bulanık analitik hiyerarşi prosesi yardımıyla karşılaştırmalı performans analizi. *Dicle University Journal of Engineering* 2022; 13(2): 307-317.
- Villarreal EL., Dixon A. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. *Building and Environment* 2005; 40(9): 1174-1184.
- Yalılı Kılıç M., Abuş, MN. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* 2018; 4(2): 209-215.
- Yalılı Kılıç M., Rukiah K. İstanbul Havalimanı'nda yağmur suyu hasadı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 5(2): 495-504.
- Yenigün O., Tunalı M. Yağmur suyu hasadı <https://sarkac.org/2022/06/yagmur-suyu-hasadi/> Erişim Tarihi: 08.08.2023.
- Yetkin EG., Akman, N. Geleneksel sürdürülebilir yağmur suyu depolama yöntemleri: Emine-Murat Cimrin Koçak evi sarnıcının incelenmesi ve yeniden kullanımının değerlendirilmesi. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi* 2021; 6(3): 1003-1016.
- Yılmaz BS., Yücedağ C. Sürdürülebilir bina tasarımı: Isparta Mesleki Eğitim Merkezi örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 13(1): 71-80.