

Su Hasadı Uygulamalarının Kırsal Alanların Sürdürülebilirliğine Katkısı: Bursa-Karacabey Örneği

Saadet HACISALİHOĞLU^{1*}

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16230, Bursa

¹<https://orcid.org/0000-0001-5969-4180>

*Sorumlu yazar: saadet.hacisalihoglu@btu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 27.10.2021

Kabul tarihi: 09.02.2022

Online Yayınlanma: 18.07.2022

Anahtar Kelimeler:

İklim değişikliği

Su hasadı

Su yönetimi

Yağmur suyu

ÖZ

Bu çalışma, kırsal alanlarda potansiyel su ihtiyacının karşılanmasında, yağmur sularının toplanması ve miktarının hesaplanması amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, Bursa'nın Karacabey İlçesi, Akçasusurluk Mahallesi'nde bulunan 2000 m²'lik kırsal bir alanda, 300 m² çatı alanına sahip (200 m² konut+100 m² otopark) bir konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca, bu yağmur sularının depolanması için gerekli depo hacmi, tarımsal sulamada, toplanan yağmur sularının kullanılması ile gerçekleştirilecek su tasarrufu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, Bursa'nın uzun yıllar (1928-2020) aylık yağış verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışma alanında, yıllık 170,1 m³ su hasadı yapıldığı, alanda tarımsal sulama amacı için ihtiyaç duyulan su miktarının yıllık 109,5 m³, evsel kullanım amacı için ihtiyaç duyulan su miktarının ise 87,6 m³ olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında ihtiyaç duyulan suyun %86'sı yapılan kırsal alanda su hasadı ile sağlanabilmektedir. Sahip olduğumuz tatlı su kaynaklarının kalite, miktar ve maliyetleri göz önüne alındığında, bu tür alternatif su temin sistemlerinin yaygın kullanımı, su kaynaklarının ve kırsal alanların sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Contribution of Water Harvesting Practices to the Sustainability of Rural Areas: Bursa-Karacabey Case Study

Research Article

Article History:

Received: 27.10.2021

Accepted: 09.02.2022

Published online: 18.07.2022

Keywords:

Climate change

Water harvesting

Water management

Rainwater

ABSTRACT

This study was carried out to collect and calculate the amount of rain water in order to provide the potential water demand in rural areas. In the study, the amount of rain water to be collected from the roof of a residential building with a 300 m² roof area (200 m² residence+100 m² parking lot) in a 2000 m² rural area located in Akçasusurluk Village of Karacabey District of Bursa, was calculated. In addition, the storage volume required for the storage of rain water and the amount of water savings to be realized by using the rain water collected in agricultural irrigation was calculated. In the calculations, the monthly precipitation data of Bursa for many years (1928-2020) were used. As a result, it was determined that 170.1 m³ of water was harvested annually in the study area, the amount of water needed for agricultural irrigation purposes in the area was 109.5 m³, and the amount of water needed for domestic use was 87.6 m³ annually. 86% of the water needed in the study area can be provided by harvesting water in the rural area. Considering the quality, quantity and cost of the fresh water resources, the widespread use of such alternative water supply systems is of great importance for the sustainability of water resources and rural areas.

To Cite: Hacisalihoglu S. Su Hasadı Uygulamalarının Kırsal Alanların Sürdürülebilirliğine Katkısı: Bursa-Karacabey Örneği. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(2): 767-782.

1. Giriş

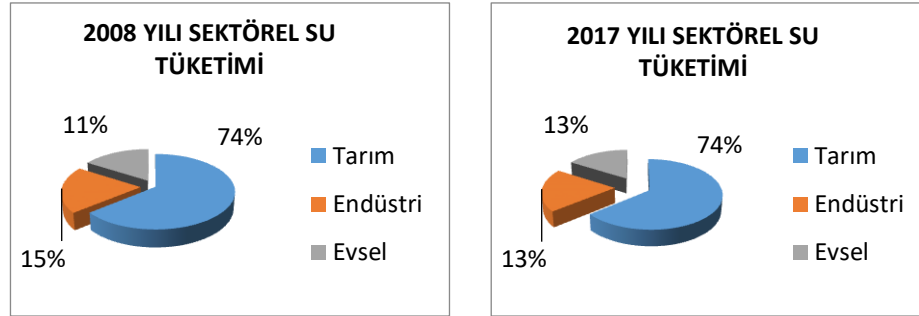
Kalkınma kavramı, üretim ve kişi başına düşen ulusal gelirin artırılmasıyla birlikte, toplumların ekonomik ve sosyokültürel yapılarının değişmesi olarak tanımlanmaktadır (Gürlük, 2010). Bir başka ifadeyle, ülkelerin yapısal niteliklerinin olumlu yönde değişmesi ve insanların refah ve mutluluğunun artması şeklinde tanımlanabilir (Tolunay ve Akyol, 2006). Bu kavram, bazen modernleşme, gelişme, sanayileşme, büyüme ve yapısal değişme gibi kavramlar yerine de kullanılarak anlam değişikliğine uğramıştır (Arıcıoğlu, 2012). Kırsal kalkınma kavramı ise, kırsal alanlarda yaşam niteliğinin gelişmesi veya insan kaynaklarının iyileştirilmesi için gerekli faaliyetlerin planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi olarak tanımlanır (Aküzüm ve ark., 2010). Bu kavram daha geniş anlamda, kırsal toplulukların ekonomik, sosyal ve kültürel koşullarının iyileştirilebilmesi için, kendi çabalarının kamu kesiminin işbirliği ile kalkınma yönünde harekete geçirilmesi, ulusal kalkınma gayretlerine katkıda bulunulması şeklinde tanımlanır (Pezikoğlu, 2012; Yalçınkaya, 2021a). Kırsal yörelerde yaşayan insanlar geçimlerini genel olarak, toprağa dayalı bir üretim dalı olan tarımsal üretimden sağlamaktadır (Tolunay ve Akyol, 2006). Tarımsal üretim parasal gelir elde etmekten çok, günlük gıda güvenliğinin sağlanması için yapılmaktadır. Fakat üretim tekniklerinin ilkel ve geleneksel oluşu, istenilen düzeyde verim alınamamasına, dolayısıyla gıda güvenliğinin tehlikeye düşmesine neden olmaktadır (Özgünler, 2017). Dünyada nüfus artışına paralel olarak artan gıda ihtiyacı tarımsal ürünlere olan talebi de arttırmaktadır. 2025 yılında dünya nüfusunun 8,3 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde de artan nüfusun gıda güvenliğini sağlamak için tarımsal üretimde verimliliğin artırılması gerekmektedir. Bu durum, tarımda yeni teknolojilerin kullanılması ve su kaynaklarının etkin yönetimi ile mümkündür (Çakmak ve Gökalp, 2013; Dorak ve ark., 2019).

Su, tüm canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için gerekli yaşamsal ve doğal bir kaynaktır (Souza ve Ghisi, 2020). Ancak dünya yüzeyinde bulunan suyun miktarı kısıtlı düzeydedir. Dünyada bulunan 1,4 milyar km³ suyun %97,5'lik kısmı tuzlu su, %2,5'lik kısmı ise tatlı su kaynaklarını oluşturmaktadır. Sahip olduğumuz tatlı su yüzdesinin dağılımı ise, %69,5'i kutup buzullarında, %30,1'i yer altı sularında, %0,4'ü ise yüzeysel su kaynaklarında bulunmaktadır (Sevimli, 2021; Yüksel ve ark., 2011). Tatlı su kaynaklarının miktarı ile ilgili sıkıntılarının yanı sıra, son dönemlerde suyun kalitesi ile ilgili küresel ölçekte sorunlar yaşanmaktadır. Bu kaynakların miktar ve kalite bakımından kötüleşmesinde etkili olan temel sebepler, hızlı nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, kentleşme ve küresel iklim değişikliğidir (İncebel, 2012; Çakmak ve Gökalp, 2013). Ayrıca ülkelere özgü yasal ve yapısal sorunlar, tüketim alışkanlıklarının değişmesi, hayat standartlarının yükselmesi gibi durumlar da su meselesini insanlığın ortak sorunu durumuna getirmektedir (Yüksel ve ark., 2011).

Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) tarafından yayımlanan 2017 yılı adrese dayalı nüfus verileri kullanılarak hesaplandığında yaklaşık 1400 m³ iken bu değer 2030 yılı için yaklaşık 1120 m³'e düşeceği öngörülmektedir. Su kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanılmaması halinde, ülkemizin 2030'lu yıllarda su sıkıntısı

çeken bir ülke durumuna gelmesi muhtemeldir (Anonim, 2019). Sahip olduğumuz su kaynaklarının miktar ve kalitesini koruyabilmek için tarım, sanayi ve içme-kullanma suyu sektörlerinde gerekli tedbirlerin öncelikle alınması zorunlu hale gelmiştir.

Türkiye'nin su kaynakları potansiyelinin %74'ü tarım sektöründe kullanılmaktadır (Şekil 1). Son yıllarda modern sulama sistemlerine geçiş ile sulama verimliliğinin artırılmasına yönelik önemli çalışmalar yapılmaktadır (Anonim, 2019). Ancak yine de tarımsal faaliyetler için su kaynaklarından aşırı çekim yapılması ve suyun verimli kullanılmaması nedeni ile tatlı su ekosistemleri zarar görmekte ve ekolojik değerini yitirmektedir. Bu durum kırsal alanların sürdürülebilirliğini de sekteye uğratmaktadır (Sandalcı ve Yüksel, 2007; WWF, 2014). Şekil 1'de görüldüğü üzere, 2008 ve 2017 yıllarında tarımsal sulama amacı ile tüketilen su miktarı toplam potansiyelin %74'üne tekabül etmektedir. Evsel amaçlı tüketim alışkanlıkları ve nüfus artışına bağlı olarak ise evsel tüketimin %13'e yükseldiği görülmektedir. Endüstriyel su tüketiminin ise %13'e gerilediği görülmektedir. Bu durumun gelişen teknolojik faaliyetlere bağlı olarak temiz teknoloji kullanımının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

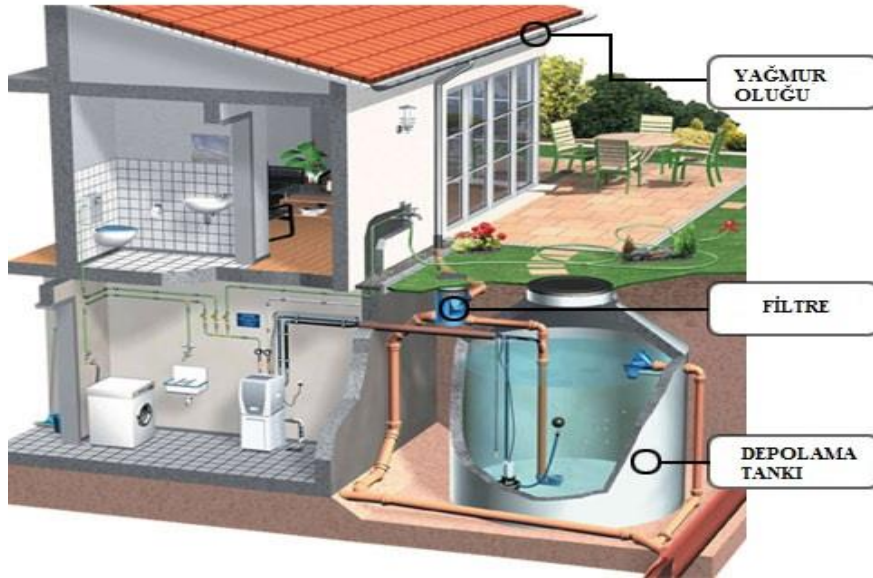


Şekil 1. 2008 ve 2017 yılları sektörel su tüketimleri (Şahin ve Manioğlu, 2011; Anonim, 2019)

Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için, alternatif su kaynakları arayışı son dönemlerde pek çok ülkenin odak noktası olmuştur (Souza ve Ghisi, 2020). Yağmur suyu hasadı önemli miktarda su toplanabilen alternatif su kaynaklarından biridir (İlhan, 2011; Üstün ve ark., 2020). Pek çok ülke bu yöntem ile kullanım suyundan büyük ölçüde tasarruf etmekte, şebekeden tüketilen su miktarlarını azaltmakta ve ekonomik anlamda da kazanım sağlamaktadır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018). Ayrıca kırsal alanlarda, uzak mesafelerde, güvenilir suyun bulunmadığı durumlarda yağmur suyu hasadı yüksek potansiyel vaat etmektedir (Kantaroglu, 2009). Bu tür sistemler ile elde edilen su ücretsizdir ve kalitelidir. Acil durumlarda (deprem, ani susuzluk, aşırı kuraklık, vb.) bu tür toplanan sular rahatlıkla kullanılabilir ve mevcut su kaynaklarının korunmasına ve kırsal alanların sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yardımcı olur. Yağmur suyu hasadı ile toplanan sular, yeşil alanların sulanması, tarımsal maksatlı sulama, çamaşır yıkama, tuvalet rezervuarları ve yıkanması, araba yıkama, yangın söndürme, vb. pek çok amaçla kullanılabilir. Ayrıca basit bir arıtma sisteminden geçirilmesi halinde içme maksatlı tüketimi de söz konusu olabilir (Tanık, 2017).

1.1. Su Hasadı

Su hasadı, yağın yağmur sularının farklı teknikler ile toplanıp, çeşitli amaçlarla kullanılması olarak tanımlanır. Su hasadı, dünya genelinde bilinen, suların toplanmasında kullanılan oldukça eski ve geleneksel bir yöntemdir (Yeniçeri, 2018). Su toplama alanının büyüklüğüne göre çeşitli sınıflandırmalar yapılmaktadır. Genel olarak, çiftlik sistemleri (mikro sistem), çatı sistemleri (mikro sistem), vadi tabanı sistemleri (makro sistem), vadi dışı sistemler (makro sistem) olarak sınıflandırılır (Yeniçeri, 2018; Yetik ve Şen, 2020). Alanın su ihtiyacı ve iklim koşullarına bağlı olarak uygun olan sistem tercihi yapılır. Ancak son dönemlerde en yaygın şekilde kullanılan sistemin çatı yağmur suyu hasadı olduğu pek çok çalışmada gözlenmiştir (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008; Eren ve ark., 2016; Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018; Yeniçeri, 2018; Yetik ve Şen, 2020; Üstün ve ark., 2020; Souza ve Ghisi, 2020; Richards ve ark., 2021). Bu sistemlerde, çatı yüzeyine düşen yağış suları toplanarak, oluklar yardımı ile su depolama ortamlarına aktarılmaktadır. Toplanan yağmur sularının depolanmasında ise yeraltında depolama ve toprak yüzeyinde depolama olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Toplanan suların yeraltında depolanmasında toprak ve sarnıçlar kullanılırken, toprak yüzeyinde depolama ortamı olarak ise tank, rezervuar veya havuzlar kullanılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çatı yüzeyi yağmur suyu toplama sistemleri (İncebel, 2012)

Şekil 2 incelendiğinde, çatı yüzeyine düşen ve oluklar yardımı ile toplanan yağmur suları iniş borularına aktarılır ve ihtiyaç duyulursa filtre sisteminden geçirildikten sonra depolama tankına iletilir. Depolama tankında bulunan su ihtiyaç halinde kullanıma hazır olarak burada bekletilir. Bu tür sistemler ile düşen yağışın yaklaşık %80-85'i hasat edilebilir ve depolanabilir niteliktedir. Yılda 200 mm'den az yağış alan bölgelerde, iyi tasarlanmış çatı sistemleri ile 4 kişilik bir aile, toplanan su ile bir yıllık ihtiyacını karşılayabilir (Yetik ve Şen, 2020).

Yağmur suyu hasadı sistemleri çok eski dönemlerden beri dünyanın birçok yerinde uygulanmıştır. Bulunan arkeolojik kalıntılar bu tür sistemlerin eskiden beri kullanıldığını göstermektedir. Mayaların uyguladığı rezervuar teknolojisi, Roma İmparatorluğu'na ait sarnıçlar, Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki su toplama amacı ile yapılan setler, Ürdün'deki toplama ve depolama sistemleri bu arkeolojik kalıntılardan bazılarıdır. Bu kalıntılar insanların ihtiyaçları için yağmur sularını depoladıklarını göstermektedir. Su sorunlarının giderek artış gösterdiği son dönemlerde ise konunun yeniden gündeme geldiği ve önemsendiği tespit edilmiştir. Çatıdan yağmur suyu hasadı yöntemi ABD, Avustralya, İsveç, Hollanda, İspanya, Kanada gibi gelişmiş ülkelerde sulama, çamaşır ve tuvalet yıkama gibi suyun içilmediği amaçlar için kullanılırken, Güney Afrika, Nepal, Uganda gibi gelişmekte ve su sorunları olan ülkelerde içilebilir maksatlar ile kullanılmaktadır (Sevimli, 2021).

Ülkemizde çatı yağmur suyu hasadı kullanımına ilişkin çeşitli örnekler mevcuttur. Siemens Gebze Fabrikası, Yıldız Holding, Eser Holding, Sabancı Holding, Bursagaz Genel Müdürlük, Türk Hava Yolları Uçak Motor Bakım Merkezi ve buna benzer daha pek çok örnek bulunmaktadır (Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018). Örneğin Eser Holding projesinde çatı yağmur suyu hasadı ile firmanın şebeke su kullanım oranı %59 azaltılmıştır. Çalışma alanına düşen yağmur suları toplanarak, peyzaj sulamasında ve tuvaletlerde kullanılarak su kullanımı minimum seviyelere düşürülmüştür (Temizkan, 2020). Bursagaz Genel Müdürlük binasının çatısından yağmur suyu hasadı ve bina çevresinde drenaj sularının toplanması ile 20 m³ yağmur suyu depolanabilmekte ve yeşil alanların sulanması ile tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır (Bursagaz, 2021). Benzer şekilde çeşitli üniversitelerde (Boğaziçi, Yeditepe, Piri Reis üniversiteleri) çatı yağmur suyu hasadı uygulamaları ile farklı ihtiyaçlar için yağmur suyu verimli bir şekilde toplanmakta ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği sağlanmaktadır (Sancar, 2019).

Dünya genelinde bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Japonya ve Almanya'nın yağmur suyu hasadı uygulama ve araştırmaları konusunda kapsamlı çalışmalar yaptıkları gözlenmiştir. Yağmur sularının kullanımında geniş çaplı yasa ve düzenlemeler geliştirmişlerdir. Japonya'da 30,000 m²'den büyük binalarda gri su arıtma sistemlerinin veya yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanılması, Japonya Bayındırlık Bakanlığı tarafından yasa ile zorunlu hale getirilmiştir. Yine benzer şekilde Almanya'da 1980'lerden itibaren bu konuda çalışmalar yapılmış ve Alman yağmur suyu kullanım teknolojisi standardizasyon (DIN: Alman endüstri standartları) aşamasına getirilmiştir. DIN 1989 yağmur suyu toplama standartları, yağmur sularının toplanması, planlanması, sistem kurulumu, bakımı ve işletilmesini düzenleyen standarttır (Temizkan, 2020). Ülkemizde 2017 yılında yürürlüğe giren "Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik" çerçevesinde su ihtiyacının ve kuraklığın fazla olduğu bölgelerdeki uygulamaların hayata geçirilmesi desteklenmelidir. Yönetmelikte binalardan yağmur suyu hasadı ile ilgili zorunluluk bulunmamakta olup herhangi bir teşvik söz konusu değildir. Bundan dolayı uygulamalar sınırlı sayıda kalmaktadır (Üstün ve ark., 2020). Ancak 23 Ocak 2021 tarihli 30113 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan "Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde" yapılan değişiklikle, çatılardan toplanan yağmur sularının bahçe zemini altında bir

depoda toplanmasını sağlamak amacıyla yeni binalara “yağmur suyu toplama sistemi” kurulması zorunluluğu getirilmiştir. Bu düzenlemeye göre, 2000 m² üzerindeki parsellere yapılacak binalarda yağmur suyu toplama sistemi zorunlu hale getirilmiştir. 2 bin metrekareden küçük alanlarda inşa edilecek yapılar için ise belediyelere yağmur suyu toplama sistemini zorunlu kılma takdir yetkisi verilmiştir (Resmi Gazete, 2021). Kişi başına düşen yıllık su tüketimi için Falkenmark tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kabul edilen göstergeye göre, yıllık 1000-1700 m³ arası miktar su stresi aralığı olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m³, 2020 yılında ise 1346 m³ ile giderek azalmakta ve bu rakamlar ile Türkiye’yi su stresi yaşayan ülkeler kategorisinde konumlanmaktadır (Sarış, 2021). Gelecekte su sıkıntısı yaşayacak bir ülke konumunda olmamızdan ötürü bu uygulamanın daha kapsamlı ele alınıp, çeşitli teşvikler ile özendirilmesi, su kaynaklarının korunması açısından önem arz etmektedir.

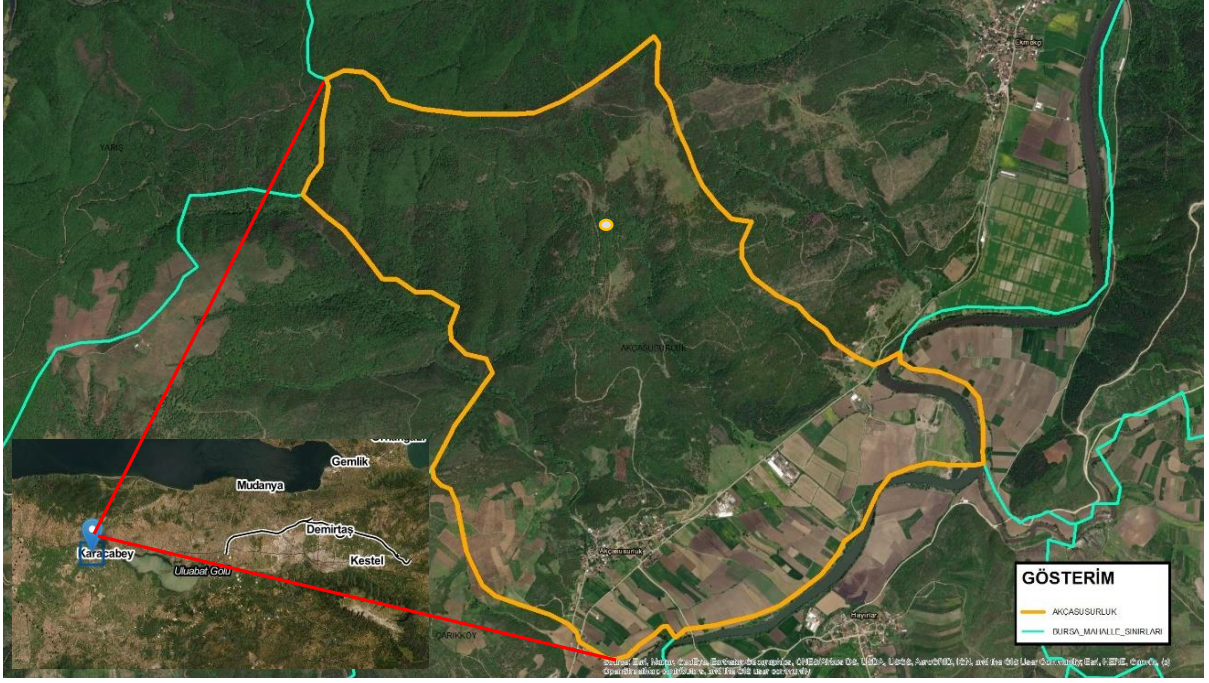
Bu çalışmada, önemli bir alternatif su kaynağı olan yağmur suyu hasadının kırsal alanda toplanması ile ilgili bilgiler verilmiş, kırsal alanların kalkınması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasındaki önemi örnek bir uygulama ile anlatılmıştır. Bursa’nın Karacabey İlçesi, Akçasusurluk Mahallesi’nde bulunan 2000 m²’lik kırsal bir alanda, 300 m² çatı alanına sahip bir konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmış, kullanım alanları ve miktarları değerlendirilmiştir. Toplanan yağmur sularının depolanması için gerekli depo hacmi ile şebeke suyu yerine yağmur suyu kullanımı ile gerçekleştirilecek su tasarrufu miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca günümüz koşullarında su hasadı konusunun önemi ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından gerekliliği vurgulanmıştır.

2. Materyal ve Metod

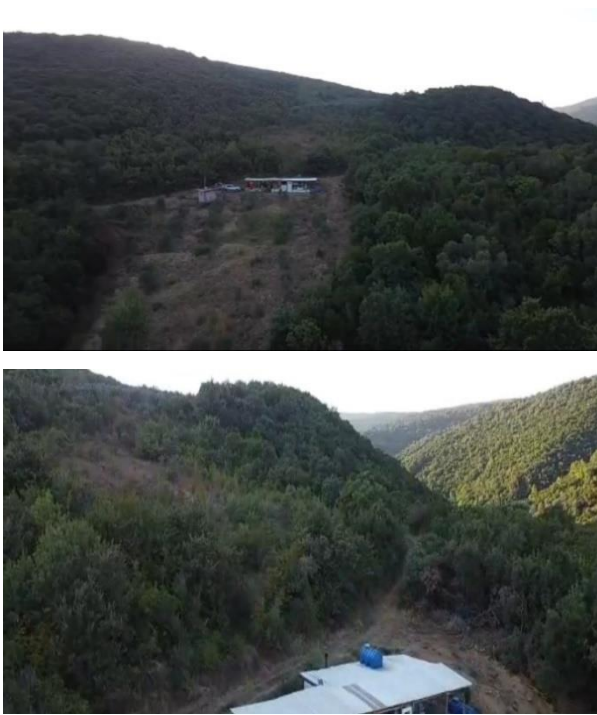
2.1 Materyal

Çalışma, Bursa’nın Karacabey ilçesi Akçasusurluk Mahallesi’nde güvenli ve yeterli miktarda suyun bulunmadığı kırsal bir alanda, iklim koşullarının elverişli olduğu bir arazide yürütülmüştür. Karacabey, Bursa’nın 70 km batısında yer alan ilçesidir. Akçasusurluk Mahallesi ise Bursa kent merkezine 66 km uzaklıkta, Karacabey’in doğusunda yer almaktadır. Akçasusurluk, 2013 yılında Büyükşehir yasası ile mahalle statüsüne alınmıştır. 2020 yılı nüfus sayımlarına göre Akçasusurluk Mahallesi’nde 204 kişi yaşamaktadır. Bölgede ılıman Marmara iklimi görülmektedir. Çalışma alanı, Marmara Denizi Karacabey Boğazı, Bayramdere sahiline çok yakın bir mesafede olup, ortalama 10 m rakıma sahiptir. Toprakları oldukça verimli olan bu mahallede en çok buğday, domates, arpa, mısır, fasulye, bezelye, şekerpancarı, pamuk, ayçiçeği ve tütün yetiştirilmektedir. Ayrıca sebzeçilik ve meyvecilik gelişmiş, hayvancılık ise ileri düzeydedir (URL, 1).

Bölgede yapılacak su hasadı hesaplamalarında, Bursa’nın uzun yıllar (1928-2020) aylık yağış verileri Bursa Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiş ve kullanılmıştır. Çalışma alanı yer buldurur haritası Şekil 3’te, çalışma alanına ait görseller ise Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 3. Bursa Karacabey, Akçasusurluk Mahallesi

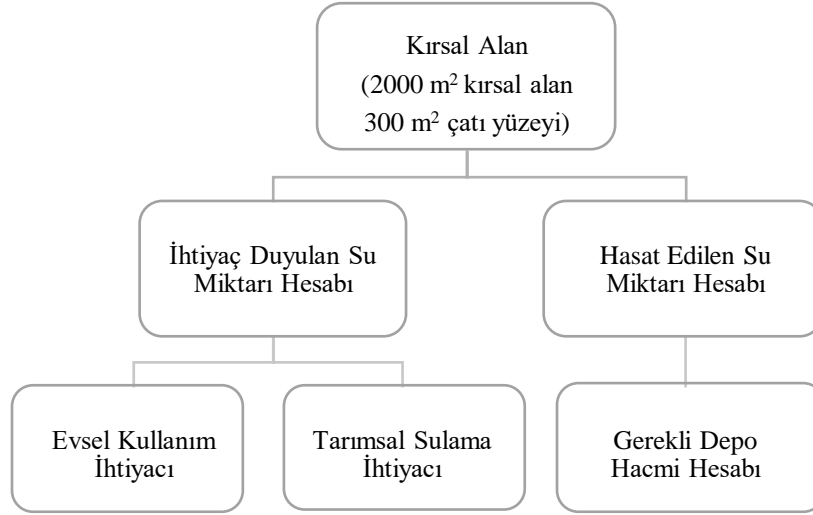


Şekil 4. Akçasusurluk Mahallesi Çalışma Alanı Görselleri

2.2. Metot

Alternatif su kaynaklarından biri olan yağmur suyunun çatı yağmur suyu hasadı sistemi ile toplanarak kırsal bir alanda tarımsal maksatlı sulama suyu olarak kullanımının fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Bu sistemlerin kurulumunda alanın iklim koşulları elverişli olmalıdır. Toplanacak yağmur suyu miktarı, alanın su ihtiyacını karşılayabiliyorsa ya da kabul edilebilir kısmını karşılıyorsa bu sistemler

kurulmalıdır. Çatıdan yağmur suyu hasadı sistemlerinin esası hasat edilecek yağmur suyunun veriminin hesaplanması esasına dayanır. Yağmur suyu verimi ise ortalama yağış miktarı ve çatı yüzey alanının bir fonksiyonudur. Hasat edilen su miktarı belirlendikten sonra, alanın su kullanım amaçları ve net su ihtiyacı belirlenir. Çalışma alanı meteoroloji bilgileri kullanılarak toplanabilecek yağmur suyu miktarı hesaplanır. Toplanan su miktarına göre gerekli depo hacmi belirlenir. Su hasadı metot akış şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Su Hasadı Metot Akış Şeması

3. Bulgular

Çalışmada Bursa'nın Karacabey İlçesi, Akçasusurluk Mahallesi'nde bulunan 2000 m² 'lik kırsal bir alanda, 300 m² çatı alanına sahip bir konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarı, kullanım alanları ve miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan hesaplamalar aşağıda sunulmuştur.

3.1. Yağmur Suyu Miktarı (Verim Hesabı)

Çatıdan yağmur suyu hasadı yapılması amacıyla tasarlanan projelerde ilk olarak toplanacak yağmur suyu miktarı ve alanda gerekli su ihtiyacının hesaplamaları yapılır. Meteorolojik veriler kullanılarak toplanacak yağmur suyu miktarı (yağmur verimi) eşitlik (1) ile hesaplanabilir.

$$Vy = A \times Y \times e / 1000 \quad (1)$$

Vy: Toplanan yağmur suyu miktarı (m³)

A: Yağmur suyu toplama alanı (m²)

Y: Ortalama yağış miktarı (mm)

e: Verimlilik katsayısı

Eşitlik 1’de A ifadesi, toplam çatı alanını, Y ifadesi, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen toplam aylık yağış miktarı ortalamasını ifade etmektedir. Çalışma alanına ait meteorolojik veriler Tablo 1’de verilmiştir. Verimlilik katsayısı (e) ise çatıda kullanılan materyalin türüne (metal, alüminyum, beton, çakıl vb.) göre değişiklik gösterir. Bu değer çatı yüzeyine düşen yağmur sularının tamamının toplanamayacağını ifade eder. Alman standartları tarafından DIN 1989’da 0,8 olarak kabul edilmiştir (Eren ve ark., 2016).

Tablo 1. Bursa ili uzun yıllar (1928-2020) aylık ortalama yağış değerleri

Bursa	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Yağış miktarı (mm)	87,8	75,8	69,6	61,9	51,1	34,4	22,3	18,6	44,1	66,7	76,6	99,8	708,7

Tablo 1’de görüldüğü üzere çalışma alanına düşen uzun yıllar aylık yağış ortalaması toplamı 708,7 mm olduğu tespit edilmiştir (Resmi İstatistikler, 2020). Çalışma alanı (Şekil 2) 200 m² konut ve 100 m² otopark olmak üzere toplam 300 m² çatı yüzey alanına sahiptir. Verimlilik katsayısı Alman standartlarında (DIN) verildiği şekli ile 0,8 olarak kabul edilmiştir. Bu veriler ışığında, çalışma alanında toplanan yağmur suyu miktarı,

$$V_y = 300 \text{ m}^2 \times 708,7 \text{ mm} \times 0,8/1000 \quad (2)$$

$$V_y = 170,1 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \quad (3)$$

3.2. Toplam Su İhtiyacı

Çalışma alanı sınırlarında su şebeke sistemi bulunmamaktadır. Bu nedenle yağmur suyunun toplanması amaçlanmıştır. Toplanan yağmur suları konut içerisinde kullanım suyu (lavabo, tuvalet, çamaşır, bulaşık yıkama) olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca tarımsal sulama suyu maksatlı kullanımı söz konusudur.

Tarımda, sulama zamanı kadar bir defada verilecek su miktarı da önemlidir. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde de bitki, iklim ve toprak faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarları; bitkinin cinsi ve etkili kök derinliği, toprağın su tutma kapasitesi, topraktaki nem eksikliği, bitkinin günlük su tüketimine göre değişmektedir (Manav, 2009). Çalışma alanı toplam 2000 m² alana sahip olup, 200 m² konut alanı, 100 m² bahçe, 100 m² otoparktan oluşmaktadır. Geriye kalan 1600 m²’de ise 40 adet ekili ağaç (meyve, ceviz ve zeytin) bulunmaktadır.

Yeşil alanların su ihtiyacının hesaplanmasında her bir sulama için su miktarı 5 L m^{-2} olarak kabul edilmiştir, yine benzer şekilde her bir ağaç için gerekli su miktarının 5 L adet^{-1} olduğu kabul edilmiştir (Eren ve ark., 2016; Kılıç ve Abuş, 2018). Çalışma alanında haftada üç kez sulama işlemi yapılmaktadır. Toplanan yağmur sularının konut içerisinde kullanım suyu olarak da tüketilmesi nedeniyle, global su tüketiminin günde kişi başı ortalama 80 L olduğu (URL, 2) kabul edilmiştir ve 3 kişilik ailenin su tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Evsel kullanım suyu (E) amacıyla gereken su ihtiyacı hesaplaması eşitlik (4) ve (5) ile hesaplanabilir.

$$E = 80 \text{ L gün}^{-1} \times 3 \text{ kişi} \times 365 \text{ gün yıl}^{-1} \times 10^{-3} \text{ L}^{-1} \text{ m}^3 \quad (4)$$

$$E = 86,7 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \quad (5)$$

Tarımsal sulama (T) amacıyla gereken su ihtiyacı hesaplaması eşitlik (6) ve (7) ile hesaplanabilir.

$$T = 100 \text{ m}^2 \text{ bahçe} \times 5 \text{ L m}^{-2} + 40 \text{ adet ağaç} \times 5 \text{ L adet}^{-1} = 700 \text{ L gün}^{-1} \quad (6)$$

Burada hesaplanmış olan değer bir defa sulama yapılması halinde gerekli tarımsal su ihtiyacını göstermektedir. Alanda haftada üç defa sulama yapılmakta olup, yıllık tarımsal sulama suyu ihtiyacı;

$$T = 700 \text{ L gün}^{-1} \times 10^{-3} \text{ L}^{-1} \text{ m}^3 \times 365 / (7/3) \text{ gün} = 109,5 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \quad (7)$$

Çalışma alanında gereken toplam su ihtiyacı, tarımsal sulama suyu ve evsel kullanım suyu toplamına eşittir ve eşitlik (8) ile hesaplanabilir.

$$\text{Toplam su ihtiyacı} = E + T = 87,6 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} + 109,5 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} = 197,1 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \quad (8)$$

Buna göre, çatıdan yapılan yağmur suyu hasadı ile çalışma alanı toplam su ihtiyacının %86'sinin karşılandığı tespit edilmiştir.

3.3. Gerekli Depolama Hacmi

Çalışma alanında toplanan yağmur sularının depolanmasında polietilen depolama tankları kullanılacaktır. Sistemin depolama hacmi, maksimum yağışın gözlemlendiği Aralık ayı (Tablo 1; 99,8 mm) düşünülerek hesaplanmıştır. Buna göre gerekli depo hacmi (V_D) eşitlik (9) ve (10) ile hesaplanabilir.

$$V_D = A \times Y \times e / 1000 \quad (9)$$

$$V_D = 300 \text{ m}^2 \times 99,8 \text{ mm} \times 0,8 / 1000 = 24 \text{ m}^3 \quad (10)$$

3.4. Su Tasarrufu

Çalışma alanında toplanan yağmur suyu miktarı $170,1 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1}$, alanın toplam su ihtiyacı ise (evsel ve tarımsal) $197,1 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1}$ 'dir. Dolayısıyla tasarruf edilen yıllık su miktarı $170,1 \text{ m}^3$ 'tür. Bu değer TL karşılığı bedeli ise, Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin su satış fiyatı baz alınarak hesaplanmıştır. Atık su bedeli dahil su satış fiyatı $5,53 \text{ TL m}^3$ 'tür (URL, 3).

$$\text{Yıllık tasarruf edilen tutar} = 170,1 \text{ m}^3 \times 5,53 \text{ TL m}^{-3} = 940,65 \text{ TL} \quad (11)$$

Çalışmada verilen kırsal alanda toplam su tüketiminin %86'sı yağmur suyundan sağlanabilmekte ve yıllık olarak yaklaşık 940 TL su tasarrufu yapılabilmektedir.

4. Tartışma

Su, yenilenebilir doğal kaynaklarımızdan biri olmasına rağmen, hızlı nüfus artışı, kentleşme, artan sanayi ve teknolojik faaliyetler, yanlış tarımsal uygulamalar, suyun hiç tükenmeyecekmiş gibi bilinçsizce kullanılması ve kirletilmesi, su havzalarındaki yanlış uygulamalar ve iklim değişikliği gibi nedenlerle çağımızın küresel sorunu olmaya başlamıştır (Şahin ve Manioğlu, 2011). Global olarak yaşanan iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeni ile 21. yüzyılda kuraklık yaşanacağı ve kırsal alanlarda gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerin büyük ölçüde olumsuz yönde etkileneceği öngörülmektedir (IPCC, 2021; Richards ve ark., 2021). Ayrıca, dünya genelinde yaşanan Covid-19 salgın hastalığı sebebi ile de su tüketiminde artışların meydana geldiği bilinmektedir. Yaşanan salgın hastalık herkesin temiz suya erişiminin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha göstermiştir. Suyun idareli ve bilinçli tüketimi bir yaşam şekli olmalıdır ve bu farkındalık tüm insanlık tarafından benimsenerek suyun sürdürülebilirliği sağlanmalıdır (WHO, 2020).

Ülkemizin küresel ısınmanın etkileri açısından riskli ülkeler arasında yer aldığı ve zamanla su kaynaklarının azalması, kuraklık ve çölleşme gibi sorunlarla karşı karşıya kalacağı düşünülmektedir (Çakmak ve Gökalp, 2013). Ülkemizde su sorunun yaşanmaması veya ciddi boyutlara ulaşmaması için suyun etkin yönetiminin sağlanması ve yeni su kaynaklarının bulunması gerekmektedir. Bu açıdan tarımsal su yönetimi büyük önem taşımaktadır (Kanber ve ark., 2010). Doğal su kaynaklarının korunması gerekliliği ve her geçen gün artan su sıkıntıları nedeni ile iklim koşullarının uygun olduğu yerlerde tarımsal sulama maksatlı yağmur sularının kullanılması, toplam su tüketiminin büyük oranda azalmasına fayda sağlayacaktır. Böylece hem su kaynaklarının sürdürülebilirliği sağlanacak hem de ekonomik kazanım sağlanmış olacaktır (Üstün ve ark., 2020).

Tarımsal üretim için su hasadı, su toplama havzasından daha küçük bir alan içerisinde veya bitki kök bölgesinde suyun biriktirilmesidir (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008). Bu yöntemde toplanan su, yüzey akış alanının hemen yanındaki ekim alanında sulama amaçlı kullanılmakta ya da daha sonra

kullanılmak üzere depolanmaktadır (Oweis ve Hachum, 2005). Yağmur suyu toplama sistemleri, kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal verimliliği büyük ölçüde artırmaktadır. Bu sistemler kırsal alanlarda temiz içme suyuna olan ulaşılabilirliği de kolaylaştırmaktadır. Tarımsal sulama nedeniyle yüzey sularında azalma görüldüğü, Çin’de yapılan yağmur suyu hasadı ile su kullanımının azaldığı bildirilmiştir. Kuraklığın yaşandığı bölgelerden olan Mısır’ın El-Beheira kentinde yağmur suyu hasadı ile su mevcudiyeti ve arazi verimliliğinde artışın sağlandığı belirtilmiştir (Yeniçeri, 2018). Yosef ve ark. (2015) Etiyopya’da kırsal alanda yağmur suyu hasat tekniği ile kırsal ekosistemin korunduğunu, toprak nem oranının arttığını, yeraltı su seviyesinin yükseldiğini ve tarımda yüksek verim elde edildiğini belirtmişlerdir. Yağış sularından maksimum fayda sağlayacak bir strateji geliştirmeyi amaçlayan İncebel (2012) Ankara Ostim bölgesinde çatı yağmur suyu hasadı yönteminin fizibilite çalışmalarını yaparak, bu sanayi bölgesinde kullanmak isteyen işletmelerin proje uygulama işlerini kolaylaştıran ve projelendirme hesaplamalarını yapan bir bilgisayar programı üretmiştir. Yalılı Kılıç ve Abuş (2018), Bursa’da 200 m² yüzey alanına sahip bir konutun çatısından toplanacak yağmur suyunun konut dışı su ihtiyacının karşılanmasındaki kullanım potansiyelini incelemiştir. Bu amaçla Bursa ili aylık yağış verileri kullanılarak konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarını hesaplamışlardır. Bu konutun çatısından toplanacak yağmur suyunun 172 gün boyunca bahçe sulamasında, süs havuzunun doldurulmasında, araç yıkama ve kümes hayvanlarının su ihtiyacının karşılanmasında kullanılabileceğini belirlemişlerdir. Konutun toplam su tüketiminin %47’sinin yağmur suyundan elde edildiğini, yıllık 335 TL su tasarrufu sağlandığını ve su hasadı sisteminin amortisman süresinin 10,3 yıl olduğunu hesaplamışlardır. Yine benzer bir çalışma Eren ve ark. (2016) tarafından yapılmıştır. Çalışmalarında, Sakarya Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan yeşil alanların sulanmasında bina çatılarından toplanacak yağmur sularının kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla kampüs alanının büyük olması ve binaların farklı noktalarda yer alması nedeni ile kampüs alanı 8 ayrı bölgeye ayrılmıştır. Her bir bölgede yer alan binaların çatı alanları hesaplanmış ve devlet meteoroloji işleri Sakarya Bölge Müdürlüğü’nden alınan aylık yağış verileri kullanılarak her bir binadan toplanacak yağmur suyu miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca her bir bölgedeki yeşil alanların miktarı ve yağmur suyu ihtiyacı hesaplanmış, toplanacak yağmur suyunun bu ihtiyacın ne kadarını karşılayacağı tespit edilmiştir. Sulamanın her gün yapılması halinde çatıdan su hasadı ile toplanan su miktarının, toplam yeşil alan sulama suyu ihtiyacının %10,9’unu, sulamanın haftada 1 kez yapılması durumunda toplam yeşil alan sulama suyu ihtiyacının %76,8’ini karşıladığı tespit edilmiştir. Türkiye’de yağmur suyu hasadı ile tarımsal alanda sulama çalışmaları kısıtlıdır. Tarımsal alandan ziyade bahçe ve küçük alanlarda yapılan çalışmalar mevcuttur (Yeniçeri, 2018). Ülkemiz, coğrafi konumunun etkisiyle doğal ve kültürel değerleri yönünden önemli bir zenginliğe sahiptir. Bu nedenle, kırsal alanlarda yaşam kalitesinin yükselmesini hedefleyen politikalar, ülkemizin sürdürülebilir kırsal kalkınma hedefleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Yalçınkaya, 2021b). Yağmur sularının toplanarak gerek kırsal alanlarda gerekse binalarda kullanımının yaygınlaştırılması, farklı ülkelerde çeşitli teşviklerle ve yasalarla desteklenmektedir. Ülkemizde de bu konuda farkındalık

artıracak ve örnek olacak çalışmalar yapılmalı, suyun herkes için ortak ve önemli bir kamusal mal olduğu unutulmamalıdır (İncebel, 2012).

5. Sonuç

Küresel iklim değişikliği ve çeşitli antropojenik etkilerle su kaynaklarında miktar ve kalite sorunlarının artış gösterdiği günümüzde, yağmur suyu hasadı önemli ve etkili bir alternatif su kaynağıdır. Çatıdan yağmur suyu hasadı ile evsel veya tarımsal maksatlı su temini gerçekleştirilebilir, bu durum üreticiye, tüketiciye, çiftçiye doğrudan fayda sağlar. Ayrıca su kaynaklarının korunmasını ve sürdürülebilirliğini sağlar. Yağmur suyu sistemleri, evsel tüketimde şebeke suyu kullanımını azaltmak, içme suyu ve yeraltı su kaynaklarını korumak ve niteliği iyi olan kullanılabilir suyun, atık suya karışmadan değerlendirmesini sağlamak amacıyla kullanılan çevreci bir yaklaşımdır. Yağmur suyu hasadı sistemleri, günümüzde dünyanın birçok ülkesinde uygulanmakta olup, ülkemizde bu konu ile ilgili gelişmeler henüz yeterli seviyede değildir. Bu tür uygulamaların önemi eğitim ile aşılmalı, kişiler bilinçlendirilmelidir. Bu çalışmada, Bursa'nın Karacabey İlçesi Akçasusurluk Mahallesi'nde 2000 m²'lik kırsal alanda, 300 m² çatı alanına sahip bir konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarı, alandaki evsel ve tarımsal su ihtiyacı, gerekli depolama hacmi hesaplanmıştır. Sonuç olarak çalışma alanında, yıllık 170,1 m³ su hasadı yapıldığı, alanda tarımsal sulama amacı için ihtiyaç duyulan su miktarının yıllık 109,5 m³, evsel kullanım amacı için ihtiyaç duyulan su miktarının ise 87,6 m³ olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında ihtiyaç duyulan suyun %86'sı kırsal alanda yapılan su hasadı ile sağlanabilmekte, yıllık 940,65 TL şebeke suyundan tasarruf yapılabilmektedir. Mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması ve su tasarrufu açısından yağmur sularının toplanması, yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda büyük önem arz ettiği görülmektedir.

Kırsal alanlardaki sorunların çözümü, aynı zamanda kentlerin de sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Doğal kaynakların doğru ve akılcı bir şekilde yönetilmesi, kültürel ve çevresel birçok olumlu sonucun gözlenmesini de beraberinde getirecektir. Suyun varlığı kırsal yerleşimlerde önemli bir sosyal faktör ve ortak yaşam unsurlarının birçoğunu meydana getiren ortak yaşam kültürünün temelidir. Dolayısıyla hem kırsal alanların hem de su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla alternatif su toplama sistemlerinin yaygın kullanımı özendirilmeli ve teşvik edilmelidir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarı olarak, herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederim.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Aküzüm T., Çakmak B., Gökçalp Z. Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 2010; 3(1): 67-74.
- Anonim. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ulusal su planı (2019-2023), 2019; 16-17.
- Arıcıoğlu E. Kalkınma kavramına küreselleşme perspektifinden bir bakış. Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 2012; 5(1): 36-53.
- Bursagaz - Bursagaz’a yeşil bina sertifikası. <https://www.iha.com.tr/bursa-haberleri/bursagaza-yesil-bina-sertifikasi-1681762/> erişim tarihi: 26.08.2021.
- Çakmak B., Gökçalp Z. Kuraklık ve tarımsal su yönetimi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi 2013; 4: 1-11.
- Dorak S., Aşık BB., Özsoy G. Tarımda su kalitesi ve su kirliliğinin önemi: Bursa Nilüfer Çayı örneği. Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University 2019; 33(1): 155-166.
- Eren B., Aygün A., Likos S., Dama Aİ. Yağmursuyu hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü potansiyelinin değerlendirilmesi. International Journal of Engineering and Technology Research 2016; 1(1): 1-5.
- Gürlük S. Sürdürülebilir kalkınma gelişmekte olan ülkelerde uygulanabilir mi?, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2010; 5(2): 85-99.
- IPCC. Hükümetlerarası iklim değişikliği panel raporu, Ağustos 2021.
- İlhan A. Yeni bir su politikasına doğru, Türkiye’de su yönetimi, alternatifler ve öneriler. Sosyal Değişim Derneği 1. Baskı, İstanbul; 2011.
- İncebel C. Alternatif su kaynaklarının endüstriyel kullanıma kazandırılması için çatı yağmur suyu hasadı (ostim örneği). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s:26 Ankara, Türkiye, 2012.
- Kanber R., Baştuğ R., Büyüктаş D., Ünlü M., Kapur B. Küresel iklim değişikliğinin su kaynakları ve tarımsal sulamaya etkileri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ocak 2010.
- Kantaroğlu Ö. Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2009, İzmir.
- Manav S. Peyzaj mimarlığında kullanılan sulama sistemleri, teknolojileri ve rekreasyon alanlarının projelendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s:30, Tekirdağ, Türkiye, 2009.
- Oweis T., Hachum A. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. Agricultural Water Management 2005; 80(1-3): 57-73.
- Özgünler M. Kırsal sürdürülebilirlik bağlamında geleneksel köy evlerinde kullanılan toprak esaslı yapı malzemelerinin incelenmesi. Journal of Architectural Sciences and Applications, 2017; 2(2): 33-41. DOI: 10.30785/mbud.353949.

- Pamuk Mengü G., Akkuzu E. Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2008; 5(2): 75-85.
- Pezikoğlu, F. Sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma kavramı içinde tarım-turizm-kırsal alan ilişkisi ve sonuçları. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi 2012; 1: 83-92.
- Resmi Gazete - T.C. Resmi Gazete, 31373, 23.01.2021. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210123-4.htm/> erişim tarihi: 01.09.2021.
- Resmi İstatistikler <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik>. BURSA/2020, erişim tarihi: 25.08.2021.
- Richards S., Rao L., Connelly S., Raj A., Raveendran L., Shirin S., Jamwal P., Helliwell R. Sustainable water resources through harvesting rainwater and the effectiveness of a low-cost water treatment. Journal of Environmental Management 2021; 286: 112223.
- Sancar A. Sürdürülebilir üniversite yerleşkeleri: Ankara Üniversitesi Gölbaşı Yerleşkesi için bir öneri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019.
- Sandalcı M. ve Yüksel İ. Su kaynakları kullanımının iklim değişikliği üzerindeki etkisi, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – Tikdek 2007, İstanbul, 447-453, 2007.
- Sarış F. Türkiye'de evsel su tedarik ve tüketim istatistiklerinin değerlendirilmesi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 2021; 19(1): 195-216.
- Sevimli A. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle kampüsü örneği. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s:32-38, Bursa, Türkiye, 2021.
- Souza TD., Ghisi E. Harvesting rainwater from scaffolding platforms and walls to reduce potable water consumption at buildings construction sites. Journal of Cleaner Production 2020; 258, 120909.
- Şahin Nİ., Manioğlu G. Binalarda yağmur suyunun kullanılması. Tesisat Mühendisliği Dergisi 2011; 125: 21-32.
- Tanık A. Yağmur suyu toplama, biriktirme ve geri kullanımı. Su Kaynakları ve Kentler Konferansı, 2017, Kahramanmaraş.
- Temizkan S. Kentsel ısı adası özelliği yüksek meydanlarda yağmur suyu hasadına yönelik uygun malzeme seçiminin araştırılması: KBÜ Sosyal Yaşam Merkezi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, Türkiye, 2021.
- Tolunay A., Akyol A. Kalkınma ve kırsal kalkınma: temel kavramlar ve tanımlar. Turkish Journal of Forestry, 2006; 7(2): 116-127.
- URL - 1 https://tr.wikipedia.org/wiki/Akçasusurluk,_Karacabey. Erişim Tarihi: 15.12.2021.
- URL - 2 <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiyede-kisi-basi-190-litre-su-tuketiliyor/1454848#>, 2021 Erişim Tarihi: 1.9.2021.
- URL - 3 http://www.buski.gov.tr/tr/abonerehberi/kategori_17, 2021 Erişim Tarihi: 20.08.2021.

- Usman EE. Kırsal yerleşimlerin biçimlenmesinde su etkisi ve Eskişehir örneği. Çevre Tasarım Kongresi, 8-9 Aralık 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Üstün GE., Can T., Küçük G. Binalarda yağmur suyu hasadı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi 2020; 25(3): 1593-1610.
- WHO . Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus. Interim guidance 23 April 2020. (WHO reference number: WHO/2019-nCoV/IPC_WASH/2020.3).
- WWF - *Türkiye'nin Su Riskleri Raporu*. WWF-Türkiye, İstanbul, 2014. <https://www.wwf.org.tr/4180/turkiyenin-su-riskleri-raporu>. Erişim tarihi: 17 Ağustos 2021.
- Yalçınkaya NM. Sakinşehir kavramının kırsal turizm olanaklarının geliştirilmesine katkısı: İzmir-Seferihisar örneği. 6. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi Tam Metin Kitabı, 26-28 Temmuz 2021a.
- Yalçınkaya NM. Adana İli-Kozan İlçesinin ekoturizm potansiyelinin sürdürülebilir turizm yaklaşımıyla araştırılması. Turkish Journal of Forest Science 2021; 5(2): 55-71.
- Yalılı Kılıç M., Abuş MN. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi 2018; 4(2): 209-215.
- Yeniçeri M. Yağmur sularının hasadı ve aktif olarak tarımsal sulamada kullanılması. Afet ve Risk Dergisi 2018; 1(2): 126-136.
- Yetik AK., Şen B. Su hasadı sistemlerinin önemi ve teknikleri. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology 2020; 8(1): 46-53.
- Yosef BA., Asmamaw DK. Rainwater harvesting: an option for dry land agriculture in arid and semi-arid Ethiopia. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering 2015; 7(2): 17-28.
- Yüksel İ., Sandalcı M., Çeribaşı G., Yüksek Ö. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkileri. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 2011, Trabzon.