



Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bünyesinde Bulunan Seralarda Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi^A

Umut KILIÇ¹, Büşra YAYLI^{1*}, İlker KILIÇ²

Öz: Su, gelişmekte olan ülkelerde en çok tarım sektöründe kullanılırken gelişmiş ülkelerde ise en çok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Türkiye’de su, %77 ile en çok tarım sektöründe kullanılmaktadır. Küresel ısınma dünyada mevcut su kaynaklarında azalmalara neden olmaktadır. Gerekli tedbirlerin alınmaması, canlıların susuzluk yaşamalarına, tarımda sulama eksikliğinden kaynaklanan gıda sorunlarına, erozyon ve çölleşme gibi çeşitli iklimsel sorunların ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bundan dolayı mevcut su kaynakları tasarruflu kullanılmalı ve gelecekte yaşanabilecek su kıtlığına alternatif yöntemlerin üzerinde durulması gereklidir. Yağmur suyu, kurak olmayan bölgelerde hem sürdürülebilir hem de tasarruf sağlayabilecek önemli kaynaklardan biridir. Yağmur suyu hasadı, su tasarrufu sağlamak amacıyla gerçekleştirilebilecek önlemlerden birisidir ve su stresinin azaltılmasında önemli bir rolü bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde bulunan seraların yağmur suyu toplama kapasitelerini ve sistemin olası su tasarrufu ve ekonomik kazancını belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma sonucuna göre, Bursa’ya yılda düşen yağış miktarı 719 L m⁻²’dir ve seraların yıllık yağmur suyu toplama potansiyeli 1179 ton’dur. En fazla akış Aralık ayında gerçekleşmiştir.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazar katkı oranları eşittir. Yazarlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Büşra YAYLI, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, busrayayli@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0198-3550](https://orcid.org/0000-0002-0198-3550)

¹ Umut KILIÇ, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, 512329002@ogr.uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-2389-3249](https://orcid.org/0000-0002-2389-3249)

² İlker KILIÇ, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, ikilic@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0087-6718](https://orcid.org/0000-0003-0087-6718)

Seralarda tüm yıl marul üretildiğinde, üretimde marulun su ihtiyacının tamamının karşılanabileceği sonucuna varılmıştır. Yağmur suyunun toplanması için planlanan depo sistemi ise kendini 12.5 yılda amorte edebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel üretim, sera, su kıtlığı, sürdürülebilirlik, yağmur suyu, yağmur suyu hasadı.

Determination and economic analysis of the potential of rainwater harvesting in greenhouses at the Faculty of Agriculture of Bursa Uludag University

Abstract: In developing countries, water is mainly used in the agricultural sector, while in developed countries, it is primarily used in the industrial sector. In Turkey, most of the water is used in the agricultural sector, accounting for 77 percent of consumption. Global warming causes the available water resources to decrease. Failure to take the necessary measures will lead to various climatic problems such as thirst for living things, food problems due to lack of irrigation in agriculture, erosion and desertification. For this reason, it is necessary to make economical use of available water resources and to emphasise alternative methods of dealing with the water shortages that may be experienced in the future. Rainwater is an important resource that can be sustainable and economical in non-arid regions. Rainwater harvesting plays an important role in reducing water stress and is one of the measures that can be implemented to save water. This study aimed to determine the rainwater collection capacities of the greenhouses in Bursa Uludağ University Faculty of Agriculture and the system's possible water saving and economic gain. According to the study results, annual rainfall in Bursa is 719 L m⁻² and the annual greenhouse rainwater harvesting potential is 1179 tonnes. The highest flow occurs in December. It was concluded that if lettuce was grown in greenhouses throughout the year, all the water needed to grow lettuce could be provided. The planned rainwater storage will pay for itself in 12.5 years.

Keywords: crop production, greenhouse, water scarcity, sustainability, rainwater, rainwater harvesting.

Giriş

Su, canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan temel yapı taşlarından bir tanesidir. Su canlılar için hayati bir kaynak olmasından dolayı suya ulaşmak ve kullanmak oldukça önemli hale gelmiştir. Bu durumdan dolayı insanlar tarih boyunca yaşamlarını sürdürecekleri alanları bile su kaynaklarına kolay ulaşabilecekleri noktalarda seçmişlerdir (Ogenler ve Okuyaz, 2017; Doğan, 2023).

Su, canlılar için içme suyu ve temel gereksinimleri karşılamak için kullanılmasının yanı sıra, sanayide, ticarete, turizmde, tarım arazileri ve seralarda gerçekleştirilen bitkisel üretimlerde ve benzeri birçok sektörde kullanılmaktadır. Su gelişmekte olan ülkelerde en çok tarım sektöründe kullanılırken gelişmiş ülkelerde ise en çok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)'nin 2023 yılı faaliyet raporuna

göre Türkiye'nin su tüketimi 57 milyar m³'e ulaşmıştır ve bunun %77'si tarımsal sulamada kullanılmaktadır (DSİ, 2023).

Türkiye'de su tüketiminin en çok gerçekleştirildiği sektör olan tarım sektöründe açık arazilerde ve seralarda bitkisel üretimler gerçekleştirilmektedir. Tarımsal arazilerde gerçekleştirilen üretimlerde doğal su kaynaklarının ve depolanan suların kullanılması dışında aynı zamanda yıl boyunca gerçekleşebilen yağışlardan da yararlanılmaktadır. Seralarda gerçekleştirilen bitkisel üretimde ise bu durum söz konusu değildir. Bu durumdan dolayı seralarda bitkiler, temizlik ve seradaki diğer işleri gerçekleştirmek için gerekli olan su miktarının hepsi hazır kaynaklardan tüketilmektedir (Baytorun ve ark., 2019). Kullanılmayan ya da atık suların tekrar kazanılarak kullanılması ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik bakımından önemlidir. Bu suyun tarım sektöründe kullanılması en önemli su tüketim kaynağı olan tarımda temiz su tüketim miktarının düşmesine ve bu suyun farklı alanlarda kullanılarak ciddi miktarda su tasarrufunun sağlanmasına neden olmaktadır. Tarımda kullanılan atık sular tasarruf sağlamanın yanı sıra sahip oldukları besin içeriği nedeniyle toprağa ek olarak da fayda sağlamaktadır (Pescod, 1992; Toze, 2006; Kukul ve ark., 2007).

Küresel ısınmanın etkisinin ve çevresel kirliliğinin boyutunun büyümesiyle dünyada su kaynaklarının azalmalarına neden olmakta, yağış rejimi, buharlaşma oranı, yüzey akışa geçen su miktarı, toprak içerisinde depolanıp kullanılabilen su miktarı gibi olayları da etkilemektedir (Suzan ve ark., 2023). Gerekli tedbirlerin alınmaması, canlıların susuzluk yaşamalarına, tarımda sulama eksikliğinden kaynaklanan gıda sorunlarına, erozyon ve çölleşme gibi çeşitli iklimsel sorunların ortaya çıkmasına neden olacaktır (Karaman ve Gökalp, 2010).

Yağmur suyu hasadı, su tasarrufu sağlamak amacıyla gerçekleştirilebilecek önlemlerden bir tanesidir. Gelişmekte olan ülkelerde yağmur suyu hasadı güvenilir bir su kaynağı alternatifidir, su kıtlığı yaşanan bölgelerde su kullanılabilirliğini artırmak için tamamlayıcı bir su kaynağı olabilir (Aghaloo ve Chiu, 2020; Khan, 2023; Prieto-Jiménez ve ark., 2024). Yeryüzüne yağmur olarak düşen suyun bir kısmı depolanıp tekrar kullanılabilirken büyük bir kısmından yararlanılamamaktadır. Bu nedenle bina çatılarına düşen yağışların oluklar yardımı ile toplanarak depolanmasına ve tekrar kullanılmasına yağmur suyu hasadı denmektedir. Depolanan suyun filtrelenerek evlerde veya işletmelerde tekrar kullanılması sonucunda hem su tasarrufu hem de ekonomik olarak kazanç elde edilebilmektedir (Mengü ve Akkuzu, 2008; Yahlı Kılıç ve Abuş, 2018). Cipolla ve ark. (2018), yağmur suyunun toplanması gri suyun yeniden kullanılması ve yeşil çatılarla entegre sistem üzerine yaptıkları çalışmada yağmur suyu depolama tanklarını tasarlamışlardır. Bahçesi olmayan binalar için içme suyu kullanımı olarak iyi performans göstermiş ve gri su çıkışını azaltarak su tasarrufuna katkıda bulunabileceğini göstermişlerdir.

Yağmur suyu hasadının tarımda kullanılmasına ilişkin son zamanlarda yapılan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Tarımda hayvan ve bitki üretiminde yağmur hasadının kullanımına yönelik son zamanlardaki yapılmış çalışmalarda, hesaplanan yağmur suyu hasadı potansiyellerinin bitkilerin su tüketimlerinin ve hayvanların su ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir yere sahip olduğu belirtilmiştir (Baytorun ve ark., 2019; Boyacı ve Kartal, 2019; Boyacı ve Atılğan, 2023; Kılıç ve ark., 2023)

Bu çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan seraların yağmur suyu toplama kapasitelerini ve bu sistemin olası su tasarrufu ve ekonomik kazancını belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde yer alan seraların çatılarına düşen yağmur suyu hasadı potansiyelleri hesaplanması amaçlanmıştır. Bursa ili, Marmara denizinin güneydoğusunda yer almaktadır ve ılıman bir iklime sahiptir. Ancak kuzeyde daha yumuşak ve ılık iklim yaşanırken güneyde daha sert bir iklim görülmektedir. Denizden yükseliği 115 m'dir ve ortalama bağıl nem %69 civarındadır. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos, en düşük sıcaklıklar ise Ocak ve Şubat aylarında yaşanmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bursa'nın 1990-2020 arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C) (MGM, 2024)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Max. Sıcaklık (°C)	9.8	11.4	14.6	19.2	24.4	28.9	31.4	31.7	27.6	22.2	16.6	11.5
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	1.7	2.4	4.1	7.4	12.0	16.2	18.4	18.7	14.8	10.8	6.0	3.3
Güneşlenme süresi (saat)	2.7	3.2	4.0	5.5	7.0	8.8	9.7	8.9	7.0	4.7	3.7	2.5

İncelenen dört adet seraya ait uydu görüntüleri Google Earth üzerinde alınmıştır (Şekil 1). G2 numaralı sera üçgen çatılı ve birleşik cam seradır. G1, G3 ve G4 numaralı seralar ise yay çatılı ve plastik seralardır.



Şekil 1. Seralara ait görüntüler

Yağmur Suyu Hasadı Hesabı

Çatıda alanlarına ait yağmur suyu hasadı potansiyellerinin hesaplanması için Eşitlik 1'den yararlanılmıştır (TEMA, 2017; Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$\text{Çatılardaki Yağmur Suyu Hasadı (m}^3\text{)} = \text{Çatı Alanı} \times \text{Yağış Miktarı} \times \text{Çatı Katsayısı} \times \text{Filtre Katsayısı} \quad (1)$$

Yağmur hasadının hesaplanmasında uygulanacak çatı alanı ve yağış miktarı dikkate alınmaktadır. Ayrıca Alman standartları (DIN1989) tarafından belirlenen bazı standartlarda yer alan katsayılar, yağmur suyu hasadında kullanılmaktadır. Çatı katsayısı, çatıya ulaşan bütün yağışın tekrar kullanılmayacağını belirtmektedir ve ilgili standartta 0.8 olarak belirlenmiştir. Filtre katsayısı ise çatıdan toplanan yağmur suyunun görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun hepsinin buradan geçemeyeceği hesaplanarak verilen bir katsayıdır ve bu katsayı DIN1989 standardında 0.9 olarak belirlenmiştir.

Seralara ait çatı alanları sırasıyla G1, G2, G3 ve G4 için 500.5 m², 1045.6 m², 475.2 m² ve 256.4 m²'dir. Toplamda yaklaşık 2278 m² çatı alanı bulunmaktadır. Bursa'nın ortalama yağış miktarı, Meteoroloji'nin resmi sitesinden 1991-2020 yılları arasında metrekare başına düşen yağış miktarı verilerinden elde edilmiştir (MGM, 2024) (Çizelge 2). Buna göre Bursa'nın yıllık yağış ortalaması 719.1 mm (719.1 L m⁻²)'dir.

Çizelge 2. Bursa'nın aylık toplam ortalama yağış miktarı (mm) (MGM, 2024)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış Miktarı	79.2	78.2	74.9	68.6	47.9	42.8	14.3	17.5	50.1	84.4	67.3	93.9

Yağmur hasadı sistemi toplama, depolama ve dağıtım sisteminden oluşmaktadır ve toplanan su arıtma gereken ve arıtma gerekmeyen işlemler için kullanılabilir (García-Ávila ve ark., 2023). Yağmur suyunu toplayacak sistemin depo hacmi, yıl içerisinde maksimum yağışın düştüğü ay dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Yağmur hasadı Eşitlik 1 ile hesaplanmış, piyasada standart hacim ölçülerine göre depo hacmi tasarlandığı için maksimum yağışı depolayabilecek depo kapasitesi seçilmiştir. Yağmur suyu oluklar aracılığıyla depoya iletilecektir.

Seralardaki Bitki Üretim Deseni ve Su tüketimi

Çalışma kapsamındaki seralarda, daha çok fakülte'deki bilimsel çalışmalar kapsamında üretimler gerçekleştirilmektedir. Seralarda tüm yıl boyunca toprakta marul yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği senaryoda ve seranın tüm alanının üretime ayrılmayacağı düşünüldüğünde seralarda üretim alanı tüm alanın 2/3'ü kadardır. Seraların üretim alanları sırasıyla G1, G2, G3 ve G4 için 333.6 m², 697 m², 316.8 m² ve 171 m²'dir.

Seralarda üretimi planlanan marul bitkisine ait su tüketimi ihtiyacının hesaplanmasında FAO tarafından geliştirilen Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır ve Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 kullanılmıştır (FAO, 1998). FAO Cropwat 8.0 yazılımı yardımıyla sıcaklık, nem, rüzgar ve güneşli gün sayısı kullanılarak Et_0 değerleri elde edilmiştir. K_c katsayıları için ise marul bitkisi için üretim sürecinin başlangıç, orta ve son dönemine yönelik değerler FAO web sitesinde alınmıştır (FAO, 1998).

$$Et_c = Et_0 \times K_c \quad (2)$$

Eşitlikte:

Et_c = Bitkiler için evapotranspirasyon ($mm \text{ gün}^{-1}$)

Et_0 = Referans evapotranspirasyon ($mm \text{ gün}^{-1}$)

K_c = Bitki katsayısı (Marul üretimi için K_c değerleri üretimde tohum ekimi aşaması için 0.70; sezonun ortasında fide dikimi için 1 ve üretimin sonu hasat için 0.95 katsayıları alınmıştır).

$$GSİ_B = AET(1 + KF_{ds}) * A_{crop} AG^{-1} \quad (3)$$

Eşitlikte:

$GSİ_B$ = Bitkinin günlük su ihtiyacı ($mm \text{ gün}^{-1}$)

KF_{ds} = Damla sulama sistemi için kayıp faktörüdür ve 0.03 ile 0.1 arasında bir katsayıdır.

$A_{crop} AG^{-1}$ = Sebze ve çiçekler için 0.9 katsayısı dikkate alınmaktadır.

Yağmur Suyu Hasadı Sisteminin Ekonomik Analizi

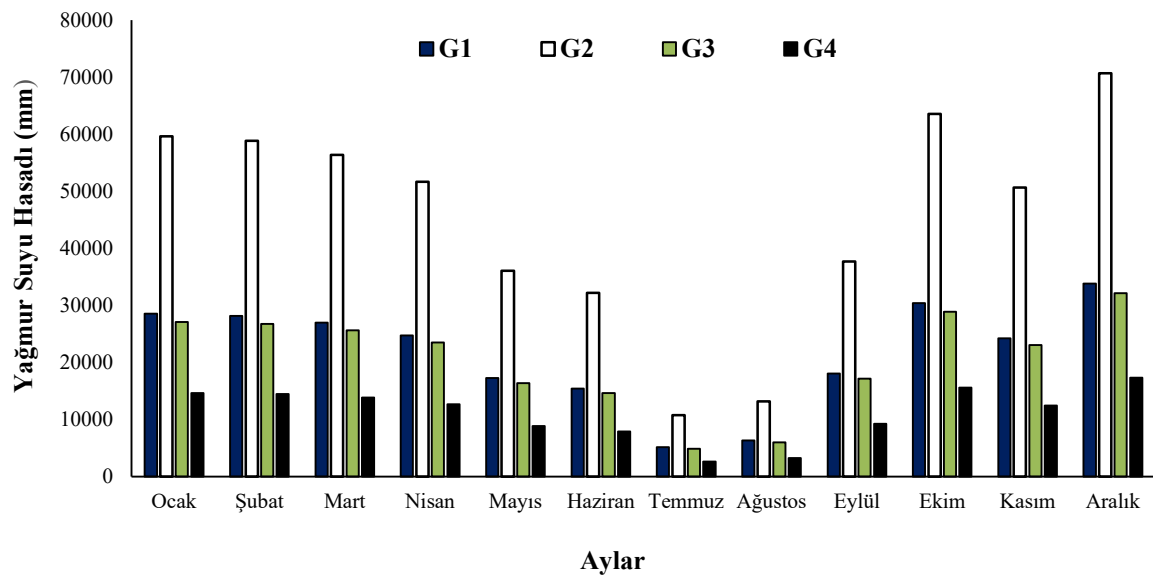
Seraların yağmur depolama sistemlerinin yağışı toplama, depolama ve iletme sistemleri Autocad programı aracılığıyla çizilmiştir. Sistemde kullanılan malzemelerin fiyatları hesaplanarak sistemin maliyeti ortaya çıkarılmıştır. Seralarda yetiştirilen ürünlerin su tüketimleri ve bunun yağmur suyu ile karşılanma oranı, sulama suyunun faturası üzerinden tasarruf edilecek miktar elde edilerek amorti süresi hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamındaki seralar için çatıların yağmur suyu toplama potansiyelleri, elde edilen yağmur ile üretim gerçekleştirilmesi senaryosu ve suyun depolanması için gereken sistem tasarımı ve amorti edebileceği zaman farklı başlıklar altında incelenmiştir.

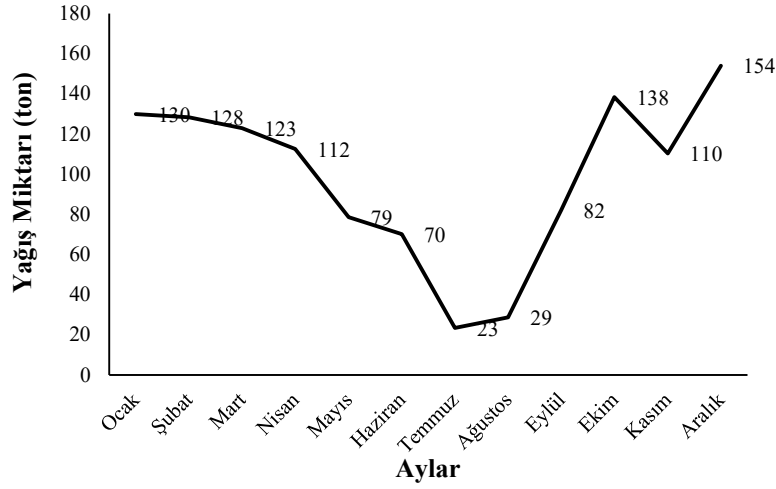
Yağmur Suyu Potansiyeli

Seraların çatılarında yağmur suyunun toplanma kapasitesi çatı alanları ve yağış miktarıyla doğru orantılıdır. Çatı alanı genişledikçe ve yağışın daha yoğun olduğu dönemlerde toplanabilecek yağmur suyu miktarı da artacaktır. Şekil 2'de göre en fazla yağmur G2 numaralı seraya düşmektedir. En az yağış, en düşük sera alanına sahip G1 numaralı seraya düşmektedir. Tüm sera çatılarına yıllık olarak toplamda 1179 ton yağış düşmektedir ve %45.9'u G2 numaralı sera toplamaktadır.



Şekil 2. Seraların aylara göre yağmur suyu hasadı

Toplamda elde edilecek yağmur hasadı en fazla Aralık ayında (%13.1) gerçekleştirilmektedir (Şekil 3). En az hasat ise Temmuz ayında (%2) öngörülmektedir. Yağışın daha fazla olduğu dönemlerde elde edilen akışın depolanması, akışın az olduğu zamanlarda kullanımı için sistem tasarımının en fazla hasat edilen döneme göre planlanmalıdır.



Şekil 3. Yağışların aylara göre dağılımı

Seralarda Marul Üretimi Senaryosu

Çalışmanın bu bölümünde bitkisel üretimde yağmur suyunun kullanımının katkısını ortaya konulabilmesi için marul üretimi ele alınmıştır. Özellikle yağmurun, içme suyu olarak kullanılmadığı durumlarda şebeke suyuna olan baskının hafifletilmesi için yağmur suyu hasadı su stresiyle mücadele için önemli bir yöntemdir (Maniam ve ark., 2022; Hamidi ve ark., 2023). Hesaplamalarda sadece marul bitkisinin su tüketimi dikkate alınmış, diğer su giderleri (temizlik vs.) göz ardı edilmiştir. Ayrıca seralarda ısıtma yapılmamaktadır.

Marulun su tüketimleri, tüm seraların üretim alanlarına ve tüm yıl üretimin sürdüğü göz önüne alınarak Çizelge 3'te verilmiştir. Üretim alanı en geniş olan G2 numaralı serada, su tüketim ihtiyacı en fazla olduğu görülmektedir. Tüm seralar değerlendirildiğinde yıllık olarak toplam marul su tüketimi 1066 m³'tür. Birim alan başına su tüketimi ihtiyacı ise 468 L m⁻²'dir. Çizelge 3'e göre seralarda toplanan yağmur suyu, marul su ihtiyacını karşılamaktadır ve birim alan toplanan yağmur suyu 518 L m⁻²'dir. Dolayısıyla yılda su tüketiminden 113 ton fazla yağmur suyunun toplanma potansiyelinin olması ile birlikte tüm tüketimin karşılanabileceği sonucuna varılmaktadır.

Boyacı ve Kartal (2019), Kırşehir'de gerçekleştirdikleri bir çalışmada inceledikleri serada üretimdeki domatesin su ihtiyacının %61.49'unun karşılanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca yıl boyunca ısıtmalı seralarda ise bitkilerin toplam sulama ihtiyacının %47.74'inin yağmur suyu hasadı ile karşılandığını ifade etmişlerdir.

Çizelge 3. Seraların tüm yıldaki toplanan akış miktarı ve marul su tüketim ihtiyaçları

	G1	G2	G3	G4
Marul su ihtiyacı (m ³)	234.2	489.3	222.4	120.0
Toplanan yağmur suyu (m ³)	259.1	541.3	246.1	132.8
Karşılama oranı (%)	100	100	100	100

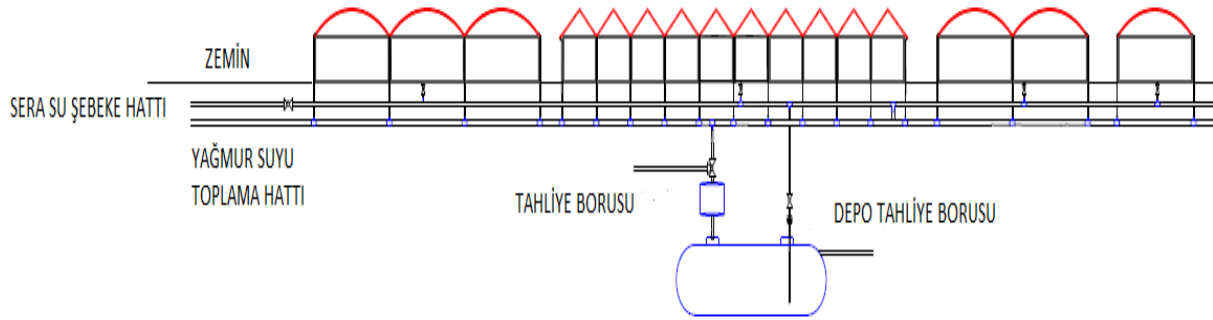
Sistem Tasarımı ve Amortisman Süresi

Çalışmanın bu bölümünde yağmur suyunun depolanması için gerekli sistemin tasarımı ve ekonomik analizi yapılmıştır. Seralardan üç tanesinin yay çatılı olduğu ve oluklara sahip olması durumunda bu seraların da etkili olabileceği göz önüne alınarak dört adet sera da dikkate alınarak sistem tasarımı tüm seralar için yapılmıştır. Yağmur suyu depolama tankı, yağmurun güvenli ve temiz bir şekilde depolanabileceği, tüm seralarda en fazla miktarda yağmurun birikeceği ay olarak planlanmıştır. Sisteme ait malzeme listesi Çizelge 4'te verilmiştir. Depo tasarımı yer altında bulunacak şekilde ve galvanizli çelik olarak 165 ton hacminde planlanmıştır. Depolar yer altında ve yer yüzeyinde olacak şekilde tasarlanabilir. Yer üstünde olan depoların devamlı güneşe maruz kalması ve içerisinde daha fazla mikroorganizmaların üremesine olanak vermesi, ayrıca yer üstünde bulunan depoların estetik açıdan hoş olmaması gibi dezavantajların da dikkate alınmasıyla, bu çalışmada sistem yer altında tasarlanmıştır.

Çizelge 4. Yağmur sistemi tasarımı donanım listesi ve maliyetleri

No	Malzeme	Adet	Fiyat (USD)
1	165 ton hacimli galvanizli çelik su deposu	1	7200
2	Taşıma ve kurulum masrafları	1	3070
3	T boru	20	55.2
5	11 Ø Boru	120 metre	386.85
6	Üç yönlü vana	1	245.62
7	Filtre	1	368.43

Seralar için gerçekleştirilecek yağmur suyu hasat sisteminin tasarımında kullanılacak olan 165 ton hacimli galvanizli çelik su deposunun çalışma alanının ortasında yer altına gömülü şekilde konumlandırılması planlanmıştır. Seraların çatılarından hasat edilen yağışların, yağmur suyu toplama hattı yardımı ile depoya gönderilmesi ve depolanan suyunda ihtiyaç duyulduğu zamanlarda kullanılmak amacıyla pompa yardımıyla bölgede hali hazırda kullanılan şebeke su hattı ile tekrar seralara ulaştırılması planlanmıştır. Aynı zamanda sisteme depo kapasitesinin üstündeki yağışları veya sistemde oluşabilecek bir sorunda depodaki suyu uzaklaştırmak amacıyla tahliye boruları eklenmiştir. Seralara ait yağmur suyu hasat sisteminin tasarımı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Seralara ait yağmur suyu hasat sisteminin tasarımı

Çalışma alanındaki seralarda yağmur suyu sisteminin tasarımı için gerekli olan maliyet 11326 USD olarak bulunmuştur. Yağmur suyu hasadı ile elde edilecek olan su miktarı seralarda yıllık gerekli olan su miktarının tamamını karşılayacağından dolayı su tasarrufundan yıllık 900.3 USD kar sağlanmaktadır. Kurulacak olan sistemin ortalama ömrü 25 yıldır. Elde edilen toplam maliyet ve su tasarrufundan sağlanan kazanç karşılaştırıldığında sistem kendisini 12.54 yılda amorti etmektedir. Bu nedenle sistem ömrünün yarısında maliyetini tamamen karşılarken geri kalan 12.5 yıllık sürede tamamen kar ettirmektedir.

Sonuç

Şiddeti artan küresel ısınmanın ve beraberinde ciddi etkilerinin yaşandığı iklim değişikliğinin sonuçları her geçen gün daha da önemli boyutlara ulaşmaktadır. Su kaynaklarının çok hızlı bir şekilde tüketildiği ve yerine konulması neredeyse imkânsız olan suyun, alternatif ve sürdürülebilir yöntemlere yönelmesi kaçınılmazdır. Tarım sektörü önemli su tüketicisi bir sektör olduğu ve gıda sektörünün de devamlılığının buna bağlı olduğu düşünüldüğünde yağmur suyu hasadı yönteminin tarıma entegre edilmesi gelecek için önemlidir.

Bu çalışmada seraların çatılarında birikebilecek yağmur suyu doğru bir şekilde depolandığında, tüm yıl marul üretiminin gerçekleştirilecek su ihtiyacının tamamının karşılandığını göstermektedir. Yağmur suyunu depolayacak sistem tasarımının ömrünün 25 yıl olduğu ve 12.5 yılda kendini amorte edebildiği, sistem kalan ömründe ise işletmeye kar elde ettireceği hesaplanmıştır. Yağmur suyu hasadı yalnızca bitkisel üretimde değil aynı zamanda hayvansal üretim gerçekleştirilen barınaklarda da etkili olacağı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Küresel su kıtlığı gerçeğinin daha ciddi boyutlara ulaşmadan alternatif ve sürdürülebilir yöntemlere yönelmesi ve uygulamaya geçilmesi geleceğimiz oldukça önemlidir. Yağmur suyu hasadı yöntemi, uygulanması kolay ve bu konuda oldukça elverişli bir yöntemdir. Yağmur suyu hasadı iklim özellikleri elverişli bölgelerde daha uygun bir yöntem olup kurak bölgelerde yeterli yağış olmadığı için bu bölgelerde bu yöntem etkili olmayacaktır.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aghaloo, K. and Chiu, Y. R. 2020. Identifying optimal sites for a rainwater-harvesting agricultural scheme in iran using the best-worst method and fuzzy logic in a GIS-based decision support system. *Water*, 12: 1913.
- Baytorun, A. N., Zaimoğlu, Z. and Ünlü M. 2019. Determination of harvesting and storage capacity of rain water in greenhouse establishments. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(1): 22-29.
- Boyacı, S. and Kartal, S. 2019. Rainwater harvesting on greenhouse roof and use in irrigation. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(2): 93-100.
- Boyacı, S. ve Atılğan, A. 2023. Büyükbaş hayvan işletmelerinde yağmur suyu hasadı ve kullanım olanaklarının araştırılması. IV. International Siirt Conference on Scientific Research, 17-18 November 2023, Siirt, Türkiye, p:475-485.
- Cipolla S. S., Altobelli, M. and Maglionico, M. 2018. Decentralized water management: rainwater harvesting, greywater reuse and green roofs within the GST4 water project. *Proceedings*, 673(2): 1–8.
- Doğan, M. 2023. Sürdürülebilirlik: Su ve suyun önemi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 10(1): 176-192.
- DSİ, 2023. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2023 Yılı Faaliyet Raporu. https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf (Erişim Tarihi: 22.06.2024)
- FAO 1998. Food and Agriculture Organization, Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - Chapter 6 - ETc - Single crop coefficient (Kc). <https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0b.htm> (Erişim tarihi: 8.04.2024)
- García-Ávila, F., Guanoquiza-Suárez, M., Guzmán-Galarza, J., Cabello-Torres, R. and Valdiviezo-Gonzales, L. 2023. Rainwater harvesting and storage systems for domestic supply: An overview of research for water scarcity management in rural areas. *Results in Engineering*, 18: 101153.
- Hamidi, M. N., Hamidi, N., Işık, O., Güven, H., Özgün, H. ve Erşahin, M. E. 2023. Sürdürülebilir yağmur suyu hasadı. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(2): 97-110.
- Khan, A. S. 2023. A comparative analysis of rainwater harvesting system and conventional sources of water. *Water Resources Management*, 37: 2083–2106

- Karaman, S. ve Gökalp, Z. 2010. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 59-66.
- Kılıç, U., Yaylı, B. and Kılıç, İ. 2023. Rainwater harvesting and system design in livestock farms. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(2): 218-228.
- Kukul, Y. S., Ünal Çalışkan, A. ve Anaç, S. 2007. Arıtılmış atık suların tarımda kullanılması ve insan sağlığı yönünden riskler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(3): 101-116.
- Maniam, G., Zakaria, N. A., Leo, C. P., Vassilev, V., Blay, K. B., Behzadian, K. and Poh, P. E. 2022. An assessment of technological development and applications of decentralized water reuse: A critical review and conceptual framework. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 9(3): e1588.
- MGM 2024. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BURSA> (Erişim Tarihi: 6.04.2024).
- Ogenler, O. ve Okuyaz, S. 2017. Suyun durumu hakkında kısa bir değerlendirme. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 7(3): 178-186.
- Mengü, G. P. ve Akkuzu, E. 2008. Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 75-85.
- Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Irrigation and drainage, Paper No. 47, FAO, Rome.
- Prieto-Jiménez, D., Oviedo-Ocaña, E. R., Gómez-Isidro, S. and Domínguez, I. C. 2024. A multicriteria decision analysis for selecting rainwater harvesting systems in rural areas: a tool for developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Suzan, U., Gürgülü, H. ve Ul, M. 2023. Tarımsal sulamada bireysel olarak uygulanan teşvik ve desteklerin değerlendirilmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1): 183-194.
- TEMA 2017. Türkiye Erozyonla Mücadele Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı. <http://sutema.org> (Erişim Tarihi: 4.4.2024)
- Toze, S. 2006. Reuse of effluent water-benefits and risks. *Journal of Agricultural Management*, 80: 147-159.
- Yalılı Kılıç, M. ve Abuş, M. N. 2018. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2): 209 – 215