

Nevşehir ilinde yetiştirilen başlıca tarımsal ürünlerin (buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye, üzüm) su ayak izinin belirlenmesi

Determination of water footprint of major agricultural crops (wheat, potato, pumpkin, dry bean, grape) grown in Nevşehir province

Mualla KETEN GÖKKUŞ¹ 

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 13.08.2024 Accepted / Kabul: 24.10.2024 Anahtar Kelimeler: Evapotranspirasyon Sulama Sanal su muhtevası Yeşil su ayak izi Mavi su ayak izi Keywords: Evapotranspiration Irrigation Virtual water content Green water footprint Blue water footprint ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Mualla KETEN GÖKKUŞ mketen@nevsehir.edu.tr Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	Su ayak izi bir ürünün üretiminde kullanılan toplam su hacmidir. Su ayak izi üretim şekline göre yeşil su ayak izi, mavi su ayak izi ve gri su ayak izi olarak üç bileşene sahiptir. Mavi su ayak izi (msa), ürün ve hizmetlerin tedariki boyunca tüketilen yeraltı ve yerüstü tatlı su hacmini; yeşil su ayak izi (ysa) toprak nemi olarak depolanan yağış hacmini; gri su ayak izi ise bir ürünün üretim zinciriyle ilişkili kirleticileri azaltmak için gerekli su hacmini ifade eder. Bu çalışmanın amacı Nevşehirde üretimi en fazla yapılan başlıca tarımsal ürünlerden buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün yeşil ve mavi su ayak izinin hesaplanmasıdır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, Nevşehirde 1 ton buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümü üretebilmek için gereken su miktarı 2643, 169, 6343, 1963, 797 m³ t⁻¹ olarak bulunmuştur. Sonuçta buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün toplam su ayak izi sırasıyla 585 685, 47 455, 126 962, 55 593 ve 80 490 m³ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bitki su tüketimi düşük olan bitkilerin daha düşük su ayak izine sahip olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sonucunda bölgenin iklim özellikleri ve su kaynakları göz önüne alındığında, Nevşehirde bitki su tüketimi daha düşük bitkilerin yetiştiriciliğinin yapılması önerilmiştir. ABSTRACT Water footprint is the total volume of water used at each stage of production of a product. The water footprint has three components depending on the mode of production: green water footprint, blue water footprint and grey water footprint. Blue water footprint (bwf) refers to the volume of groundwater and surface freshwater consumed throughout the supply of products and services; green water footprint (gwp) refers to the volume of precipitation stored as soil moisture; grey water footprint refers to the volume of water required to reduce pollutants associated with a product's production chain. The aim of this study is to calculate the green and blue water footprints of wheat, potato, pumpkin, dried beans and grapes, which are among the main agricultural products produced in Nevşehir. According to the findings obtained from the study, the amount of water required to produce 1 tonne of wheat, potato, pumpkin, dried beans and grapes in Nevşehir was found to be 2643, 169, 6343, 1963, 797 m³ t⁻¹. As a result, the total water footprints of wheat, potato, pumpkin, dry beans and grapes were calculated as 585 685, 47 455, 126 962, 55 593 and 80 490 m³, respectively. According to the results, it was understood that plants with low plant water consumption have a lower water footprint. As a result of the study, considering the climatic characteristics and water resources of the region, it is recommended that plants with lower plant water consumption should be cultivated in Nevşehir.
Cite/Atf	Keten Gökkuş, M. (2025). Nevşehir ilinde yetiştirilen başlıca tarımsal ürünlerin (buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye, üzüm) su ayak izinin belirlenmesi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 30 (1), 1-12. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1532720

GİRİŞ

Su; tarım, gıda, sanayi, teknoloji, enerji üretimi, ekolojik denge ve sosyo-kültürel açıdan bakıldığında, yaşamın kaynağıdır. Birçok sektör ve bireysel kullanımlar büyük ya da küçük ölçekte suyu harcamaktadır. Su kullanımının sektörlere göre oranı incelendiğinde en fazla kullanımın %77 oranında tarımda tüketildiği ortaya çıkmaktadır (Şahin, 2016). Dolayısıyla tarımda su kullanımında belli oranlarda yapılacak tasarrufun bazı sektörlerin yıllık su ihtiyacına yetecek düzeyde olabileceği anlaşılmaktadır. Türkiye'nin mevcut kullanılabilir su kaynakları 112 milyar metreküptür (Atabey ve Yokuş, 2016). Kullanılabilir su kaynaklarının da yaklaşık 44 milyar metreküpü tarım sektöründe, 13 milyar metreküpü içme suyu ve sanayide kullanılmaktadır. Yani tarımda kullanılan suyun %22.75'i tasarruf edildiğinde içme suyu ihtiyacı ve sanayi sektörünün su ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Bu anlamda su kaynaklarının verimli kullanılması ve israf edilmemesi büyük önem taşımaktadır. Muratoğlu (2019)'un belirttiği gibi Dünya nüfusunun önemli bir kısmı ciddi su kıtlığı sorunları yaşamaktadır. Su kaynaklarının bilinçsiz ve aşırı kullanımı nedeniyle gıda güvenliği, insan sağlığı ve doğal ekosistem üzerindeki su kıtlığına bağlı tehditlerin gelecekte daha da artacağı tahmin edilmektedir. Bu sebepler su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini gerekli kılmaktadır. Bu anlamda Hoekstra (2003) su ayak izi kavramını ortaya koymuştur. Su ayak izi bir bireyin, topluluğun veya işletmenin tükettikleri veya ürettikleri mal ve hizmetler için kullandıkları toplam tatlı su hacmi olarak tanımlanır (Hoekstra ve ark., 2009). Geleneksel yaklaşımlar ve istatistikler, su yönetimi çalışmaları için sınırlı bilgi sağlamakta ve su kullanımını büyük ölçüde göz ardı etmektedir. Su ayak izi, insanların su kullanımı derecesini ve türünü ayrı ayrı ölçen, bunları bir birim su hacminde birleştiren ve yakın zamanda geliştirilen kapsamlı bir göstergedir (Muratoğlu, 2022). Su ayak izinin belirlenmesi için temelde yeşil su ayak izi, mavi su ayak izi ve gri su ayak izi olmak üzere üç kavram bulunur. Yeşil su, toprağa sızan veya bitkiler tarafından tutulan ve evapotranspirasyon (ET) ile tüketilen yağmur suyudur (Sood ve ark., 2014). Bu suyun tüketimi yeşil su ayak izine yol açar. Mavi su, tatlı yüzey ve yeraltı sularıdır ve bu suyun tüketimi mavi su ayak izini ifade eder (Hoekstra, 2003; Hoekstra and Chapagain, 2007; Hoekstra ve ark., 2011; Batan, 2021). Mavi ve yeşil su kaynakları farklı özelliklere sahiptir ve bu nedenle verimliliklerini optimize etmek için farklı yönetim stratejilerine ihtiyaç duyarlar (Khan ve ark., 2021). Tarımsal ürünlerin bitki su ihtiyacı, büyüme mevsimi boyunca evapotranspirasyonun ölçülmesiyle belirlenir. Bu nedenle, bitkilerin su ayak izi büyük ölçüde evapotranspirasyona bağlıdır. Yağış ve sulama, ürünlerin evapotranspirasyon gereksinimlerinin karşılandığı iki temel girdidir. Buna göre, üretim süreci boyunca kullanılan toplam yağış miktarı yeşil su olarak bilinir. Başka bir deyişle, yeşil su, yeraltı sularını yenilemek için akışa geçmeyen veya süzülmeyen tüm yağış miktarı olarak tanımlanır (Hoekstra ve ark., 2011; Xu ve Wu, 2018; Muratoglu ve ark., 2023). Öte yandan, sulama olarak uygulanan toplam yüzey ve yeraltı suyu kaynakları mavi su olarak kategorize edilmektedir. Hem mavi hem de yeşil su ayak izi tüketim amaçlı su ayak izi bileşenleri olarak sınıflandırılır. Su ayak izinde kullanılan suyu türlerine göre ayırmanın bazı yararları olmaktadır. Örneğin, genelde kurak ve yarı kurak alanlarda yüzey ve yeraltı suyunu temsil eden mavi su ayak izinin yüksek olması o bölgede su stresi yaşanacağı anlamına gelir (Veettil and Mishra, 2018). Bir bölgede yağmur suyunu temsil eden yeşil su ayak izinin yüksek olması, o bölgenin ekolojik açıdan daha sürdürülebilir bir bölge olduğu anlamına gelir (Hoekstra ve ark., 2011; Novoa ve ark., 2019; Batan, 2021). Bulut ve Canbaz (2022) Sivas koşullarında yetiştirilen buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeğinin su ayak izini incelemişlerdir. Toplam su ayak izini ayçiçeğinde $30\ 165\ m^3\ ton^{-1}$, buğdayda $1619\ m^3\ ton^{-1}$, arpada $1292\ m^3\ ton^{-1}$ ve şeker pancarında $108\ m^3\ ton^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Toplam su ayak izi içerisinde buğday ve arpanın yeşil su ayak izinin, şeker pancarı ve ayçiçeğinde ise mavi su ayak izinin daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebini buğday ve arpanın yetiştirme döneminin yağışlı, şeker pancarı ve ayçiçeğinin yetiştirme döneminin kurak zamanlara denk gelmesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Sivas ve Nevşehir her ne kadar aynı bölgede yer alıyor olsa da iklim özellikleri ve yetiştirilen başlıca tarımsal ürünler anlamında birbirinden ayrılmaktadır. Bu yüzden Nevşehir ilinde öncelikle yetiştiriciliği yapılan bitkisel ürünlerin su ayak izinin bilinmesi önemlidir. Çakmak ve Torun (2023) Konya havzasının yeşil net sulama suyu ihtiyacını $13059\text{-}1280\ m^3\ da^{-1}$ aralığında, mavi net sulama suyu ihtiyacını $166025\text{-}30950\ m^3\ da^{-1}$ aralığında bulmuştur. Yeşil su ayak izini $605130\text{-}59048617\ m^3$, mavi

su ayak izini ise 6492626- 492393320 m³ olarak hesaplamışlardır. Yapılan çalışma havza bazında değerlendirildiği için direkt olarak hangi bitkinin su ayak izinin ne miktarda olduğu belirtilmemiştir. Muratoğlu (2020) Diyarbakırda arpa, buğday, mercimek, mısır, pamuk ve üzümün su ayak izini incelemiştir. Arpa, buğday, mercimek, mısır, pamuk ve üzümün su ayak izini sırasıyla 1261 m³ton⁻¹, 1269 m³ton⁻¹, 1854 m³ton⁻¹, 990 m³ton⁻¹, 2303 m³ ton⁻¹ ve 1773 m³ton⁻¹ olarak bulmuştur. Yapılan çalışmanın Diyarbakır iklim koşullarında gerçekleşmesi ve Nevşehir'in başlıca ürünlerinin hepsini kapsamaması sebebiyle Nevşehirdeki bitkilerin ayrıca su ayak izinin belirlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Nevşehir'in tarımsal ölçekteki geçim kaynağı büyük ölçüde patates, çerezlik kabak, kuru fasulye, üzüm ve buğdaya dayanmaktadır. Üreticilerin çoğunluğu üzüm ve buğdayda sulama yapmazken kuru fasulye ve patatesten sulama yapmaktadır. Çerezlik kabak bölgede hem sulu hem de susuz yetiştiriciliğe olanak sağlamaktadır. Nevşehirde yağışların ve su kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı sulu tarım her bölgede yaygın bir şekilde yapılamamaktadır. Bu yüzden şehirde iyi programlanmış bir bitkisel üretim planına ihtiyaç vardır. Bitkisel üretim planı düzenlenirken bitkilerin mutlaka su ayak izi de belirlenmelidir ki bölgenin su kaynakları potansiyeline göre verimli üretimler gerçekleştirilebilsin. Nevşehirde en fazla yetiştirilebilen bitkiler buğday, arpa, çerezlik kabak, üzüm, nohut, kuru fasulye, patates, şeker pancarıdır. Bu bitkiler üreticiler tarafından sıklıkla ve eskiden beri üretilmesine rağmen bitkisel üretim çeşitliliği için azdır. Bu yüzden bölgede su ayak izi daha düşük başka bitkilerin yetiştirilme olanakları da planlanmalıdır. Bu çalışmanın amacı bölgede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün su ayak izinin belirlenmesidir. Bu amaç kapsamında Nevşehir iklim özelliklerinden yola çıkılarak yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Etkili yağış verileri ile kıyaslanarak yeşil bitki su tüketimi ve mavi bitki su tüketimi belirlenmiştir. Ardından tüm bitkilerin su ayak izi belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı

Çalışma Nevşehir iklim ve toprak koşullarına göre değerlendirilmiştir. Nevşehirde karasal iklim tipi görülmektedir. Kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlarda sıcak ve kuraktır. 1100 ile 1350 m rakıma sahiptir. Yıllık ortalama düşen yağış miktarı 400 mm civarındadır. Nisbi nem yaz aylarında düşük kış aylarında ise yüksektir (Şıkoğlu ve Arslan, 2019). Toplam 5 386 300 dekar arazi miktarı bulunan Nevşehirde 3 522 178 dekar tarım arazisi bulunmaktadır. Şehirde %83 oranında kuru tarım yapılırken geri kalan sadece %17'lik bir alanda sulu tarım yapılabilmektedir. Kuru tarım alanlarında genellikle buğday, arpa, nohut çavdar yetiştiriciliği yapılırken sulu alanlarda genellikle çerezlik kabak, patates, kuru fasulye ve şeker pancarı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2021).

Çalışılan bitkilere ait özellikler

Çalışmada bölgede yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzüm kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bitkilerin 2020 yılına ait ekim alanı ve verimine ait değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada yer alan bitkilerin 2020 yılı üretim miktarları ve verimleri Nevşehir Tarım İl Müdürlüğünden alınmıştır.

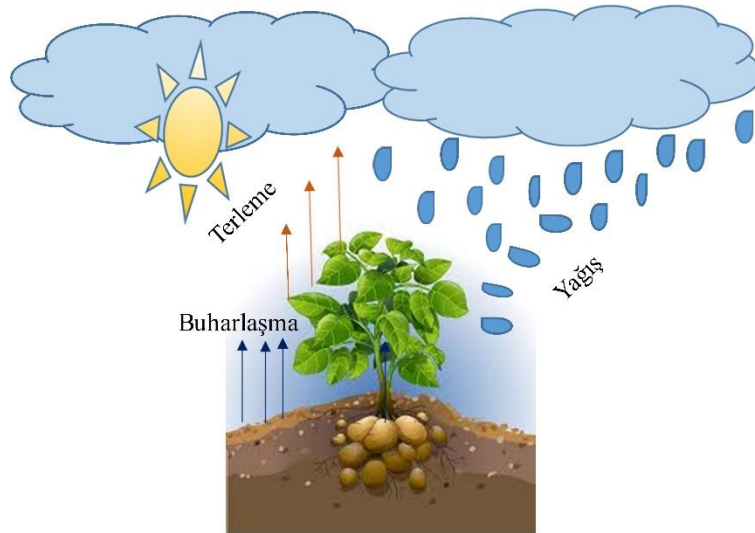
Çizelge 1. Nevşehirde yetişen yapılan buğday, patates, çerezlik kabak, fasulye ve üzümün 2020 yılı ekiliş alanı ve verim değerleri

Table 1. Planted area and yield values of wheat, potatoes, pumpkin, beans and grapes grown in Nevşehir in 2020

Bitki çeşidi	Ekim alanı (hektar)	Ürün miktarı (ton)	Verim (ton ha ⁻¹)
Buğday	92 70	222	2.39
Patates	6 98	290	41.52
Çerezlik kabak	21 75	20	0.92
Fasulye	9 22	28	3.04
Üzüm	18 97	101	5.32

Bitki su tüketiminin belirlenmesi ve su ayak izi ile ilişkisi

Yeşil su ayak izi hesabı için gerekli olan etkili yağış ve evapotranspirasyon değerleri FAO tarafından geliştirilen Cropwat 8.0 (penman monteith) yazılımından elde edilmiştir. Cropwat yazılımında kullanılan girdiler sıcaklık, yağış, rüzgâr hızı, güneşli saatler, bağıl nem, ekim ve hasat tarihi, bitki katsayısı, kök uzunluğu ve bitki faktörü, toprak tekstürü, mevcut toprak suyu, infiltrasyon oranı ve ekim tarihindeki toprak nem miktarıdır. Bu girdiler sonucunda Cropwat yazılımı referans evapotranspirasyonu (referans bitki su tüketimi, ET_0) ve evapotranspirasyonu (bitki su tüketimini, ET_c) belirler. Yeşil su ayak izi, doğrudan evapotranspirasyonla ilgilidir. Çünkü yeşil su, evapotranspirasyon yoluyla atmosfere geri döner. Toprakta bulunan ve bitkiler tarafından kullanılan yeşil su, bitkiler tarafından transpirasyon yoluyla ve topraktan evaporasyon yoluyla atmosfere geri buharlaşır. Bu nedenle, bir bölgedeki yeşil su ayak izi, o bölgedeki evapotranspirasyon oranları ile doğrudan ilişkilidir. Şekil 1’de yeşil su ayak izinin evapotranspirasyonla ilişkisini daha iyi anlamayı sağlayan evapotranspirasyon bileşenleri verilmiştir (Şekil yazarlar tarafından oluşturulmuştur). Çalışmaya konu olan bitkilerin dönemlere göre gelişme süreleri ve bitki su tüketimi katsayıları Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (2017) tarafından oluşturulan rapordan elde edilmiştir.

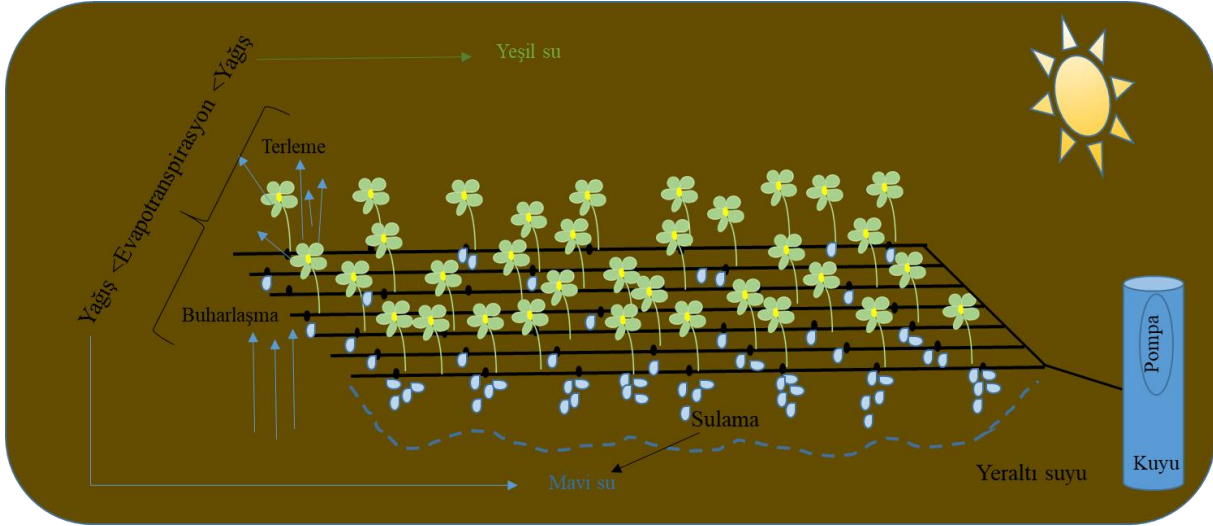


Şekil 1. Su ayak izini belirlemek için gerekli evapotranspirasyon bileşenleri

Figure 1. Evapotranspiration components required to determine water footprint

Mavi su ayak izi belirlenirken de evapotranspirasyonun bilinmesi gerekmektedir. Bitkisel üretimde mavi su ayak izi yağışların yetersiz kaldığı durumlarda bitkinin ihtiyaç duyduğu suyun yeraltı veya yer üstü su kaynaklarından sağlanması sonucunda elde edilir. Bu da genellikle sulama ile karşılanır. Sulama mavi su ayak izinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden bir tanesidir. Özellikle bitki su ihtiyacı fazla olan bitkilerin üretiminde

sulamaya daha fazla ihtiyaç vardır. Sulama ihtiyacı fazla olan bitkilerin mavi su ayak izinin de fazla olacağı tahmin edilebilir. Verimli sulama teknikleri (basınçlı sulama sistemleri) yukarıda bahsedilen bitkilerin su kullanımını azaltacağından mavi su ayak izini de azaltmış olur. Şekil 2’de yeşil ve mavi su ayak izinin belirlenmesinde dikkate alınacak hususlara yer verilmiştir ((Şekil yazarlar tarafından oluşturulmuştur). Yağış miktarının bitki su tüketiminden fazla olduğu durumlarda bitkiler ayrıca sulanmaya ihtiyaç duymazlar. Bu bitkilerin yetiştiriciliğinde herhangi bir yeraltı ve yer üstü su kullanılmadığından yeşil su ayak izi ifadesi kullanılır. Ancak her bitki için yağışlar yeterli gelmez. Bu durumda evapotranspirasyon yağışlardan yüksektir. Bunun sonucundan bitkilerin sulanması gerekir. Sulama işlemi bir yeraltı veya yerüstü su kaynağından yararlanılarak gerçekleştirildiğinden mavi su ayak izi ifadesi kullanılır.



Şekil 2. Evapotranspirasyon, yağış ve su ayak izi arasındaki ilişkiler

Figure 2. Relationships between evapotranspiration, precipitation and water footprint

Yeşil ve mavi su ayak izinin belirlenmesi

Buğday, patates, çerezlik kabak, fasülye ve üzümün yeşil ve mavi su ayak izi Chapagain ve Hoekstra (2004) tarafından geliştirilen yöntemlerle belirlenmiştir. Buna göre yeşil ve mavi bitki su tüketimi Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)’ye göre belirlenmektedir.

$$ET_{yeşil} = \min(ET_c, Pe) \quad \text{Eşitlik (1)}$$

$$ET_{mavi} = \max(0, (ET_c - Pe)) \quad \text{Eşitlik (2)}$$

Eşitlik 1’de yer alan $ET_{yeşil}$ (mm) yeşil evapotranspirasyonu; ET_{mavi} (mm) mavi evapotranspirasyonu; ET_c (mm) bitki su tüketimini, Pe (mm) ise etkili yağışı ifade etmektedir. Eşitlik (3) ve Eşitlik (4)’te bitki su tüketimi formülleri verilmiştir.

$$BST_{yeşil} = ET_{yeşil} \times 10 \quad \text{Eşitlik (3)}$$

$$BST_{mavi} = ET_{mavi} \times 10 \quad \text{Eşitlik (4)}$$

Burada $BST_{yeşil}$ ($m^3 \text{ ha}^{-1}$) bitkinin yeşil su tüketimini, BST_{mavi} ($m^3 \text{ ha}^{-1}$) ise bitkinin mavi su tüketimini ifade etmektedir. Eşitlik (5) ve Eşitlik (6)’da su ayak izi hesabına ilişkin formüller verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan sonra yeşil sanal su muhtevası, mavi sanal su muhtevası ve toplam sanal su muhtevası Eşitlik (5) ve Eşitlik (6) ve Eşitlik (7)’ye göre hesaplanır.

$$SSM_{yeşil} = \frac{BST_{yeşil}}{v} \quad \text{Eşitlik (5)}$$

$$SSM_{mavi} = \frac{BST_{mavi}}{v} \quad \text{Eşitlik (6)}$$

$$SSM_{toplam} = SSM_{yeşil} + SSM_{mavi} \quad \text{Eşitlik (7)}$$

Burada yer alan V (ton ha⁻¹) verimi ifade etmektedir. Her bitkiye ait toplam su ayak izinin (SA) formülü ise Eşitlik (8)'de verilmiştir.

$$SA_{toplam} = \sum SSM_i \times P_i \quad \text{Eşitlik (8)}$$

Eşitlikte yer alan P (ton) üretim miktarını ifade etmektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yeşil ve mavi su ayak izinin belirlenmesinde öncelikli olarak yetiştiriciliği yapılan bitkilerin evapotranspirasyon değeri ve aylara ait etkili yağış miktarı belirlenir. Bunun sonucunda ETyeşil ve ETmavi elde edilir. Buğdayda aylara göre ETc, Pe, ETyeşil ve ETmavi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Buğdayın yeşil ve mavi evapotransyon miktarı

Table 2. Green and blue evapotration amount of wheat

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Ocak	19.9	41.8	19.9	0
Şubat	29.5	36.6	29.5	0
Mart	62.1	42.6	42.6	19.5
Nisan	104.5	48.5	48.5	56
Mayıs	142.3	51.8	51.8	90.5
Haziran	175.7	31.3	31.3	144.4
Temmuz	40.6	10.8	10.8	29.8
Ekim	20.1	21.2	20.1	0
Kasım	19.9	33.1	19.9	0
Aralık	17.2	46.8	17.2	0
Toplam	631.8	364.5	291.6	340.2

Nevşehirde buğday yetiştiriciliği Ekim-Temmuz aylarını kapsayan dönemlerde yapılır. Bununla beraber buğdayın suya ihtiyacının en fazla olduğu dönemlerde yeteri kadar yağış düşmez. Buğdayın toplam Etyeşil değeri toplam ETmavi'den düşük çıkmıştır. Buğday her ne kadar ekim tarihi itibarıyla kış yağışları olarak bitki su ihtiyacının bir kısmını yağışlarla giderse de, suya en çok ihtiyaç duyan dönemlerinde yağışlar yeterli olmaz. Bu yüzden de verimli bir buğday üretimi için sulama gerekli olur. Bu yüzden de buğdayda ETmavi ETyeşilden daha yüksek çıkmıştır. Bulut ve Canbaz (2022) Sivas koşullarında yetiştirdikleri buğdayda yeşil bitki su tüketimini mavi bitki su tüketiminden daha yüksek bulmuşlardır. Bunun gerçekleşmesinin sebebini de buğdayın suya ihtiyaç duyduğu dönemlerde yağış almasından kaynaklandığını vurgulamışlardır. Çizelge 3'te patatese ait etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Patatesin yeşil ve mavi evapotranspirasyon miktarı

Table 3. Green and blue evapotranspiration amount of potato

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Nisan	33.4	32.9	32.9	0.5
Mayıs	71.3	51.7	51.7	19.6
Haziran	143.7	31.2	31.2	112.5
Temmuz	207.7	10.9	10.9	196.8
Ağustos	185.7	6	6	179.7
Eylül	37.6	2.9	2.9	34.7
Toplam	679.4	135.6	135.6	543.8

Patatesin ETmavi değeri ETyeşilden yaklaşık 4 kat daha fazladır. Patates bitkisi Nevşehirde Nisan ayında ekilir. Nisanda bitki su tüketimi (ETc) bitkinin çimlenme ve çıkış zamanı olmasından dolayı diğer aylara göre daha düşüktür. Bitkinin ilerleyen dönemlerinde yağışın az bitkisi su ihtiyacının daha fazla olması patatesten sulamayı gerektirir. 4 katlık bir farkın oluşması sulamanın patates gelişimi için önemli bir yer tutmasından kaynaklanmıştır. Cabello ve ark. (2016) Kübanın Montanzos bölgesinde patatesin yeşil bitki su tüketimini 150 mm, mavi su tüketimini ise 241 mm olarak bulmuşlardır. Elde edilen bulgular birbiri ile benzerlik göstermektedir. Ancak Nevşehirde yeşil ve mavi su tüketimi arasındaki fark Küba’da elde edilen sonuçlardan daha fazladır. Bunun sebebinin bölgelerin iklim farkından, özellikle de düşen yağış miktarı farklılığından kaynaklandığını düşündürmüştür. Çizelge 4’te çerezlik kabağa ait etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 4. Çerezlik kabağın yeşil ve mavi evapotransyasyon miktarı

Table 4. Green and blue evapotration amount of pumpkin

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Mayıs	57.7	51.8	51.8	5.9
Haziran	138.5	31.3	31.3	107.2
Temmuz	192.1	10.8	10.8	181.3
Ağustos	164.3	5.9	5.9	158.4
Eylül	31	11.8	11.8	19.2
Toplam	583.6	111.6	111.6	472

Çerezlik kabak Nevşehirde hem sulu hem de susuz koşullarda yetiştirilmektedir. Sulu koşullarda yetiştirilen çerezlik kabak susuz koşullara göre verimde neredeyse 2 katına yakın bir farka sebep olur. Ancak bölgenin iklim koşulları susuz koşullarda da çerezlik kabak yetiştiriciliğini mümkün kılar. Bu durum mısır, şeker pancarı gibi bitkiler için geçerli değildir. çerezlik kabakta ETmavi ET yeşilden 4.5 kata yakın daha yüksek çıkmıştır. Bu durum çerezlik kabak yetiştiriciliğinin yapıldığı dönemlerde yağışın bitki su ihtiyacını karşılamada yetersiz kaldığını bu yüzden sulama suyuna ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Çizelge 5’te etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 5. Kuru fasulyenin yeşil ve mavi evapotransiyon miktarı

Table 5. Green and blue evapotration amount of dry beans

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Mayıs	34.9	34.1	34.1	0.8
Haziran	116.9	31.2	31.2	85.7
Temmuz	210.3	10.8	10.8	199.5
Ağustos	189.5	5.9	5.9	183.6
Eylül	51.1	3.2	3.2	47.9
Toplam	602.7	85.2	85.2	517.5

Kuru fasulye vejetatif ve generative dönemlerinde bitki su ihtiyacı fazla, buna karşılık yağış miktarı oldukça düşük kalmıştır. Bu da sulamayı gerekli kıldığı için ETmavi ile ETyeşil arasında yaklaşık 6 katlık bir fark oluşmuştur. Kuru fasulyenin mavi su ihtiyacı buğday ve çerezlik kabaktan yüksek çıkmıştır. Kuru fasulye yetiştiriciliğinin yapıldığı dönemlerde yağış Nevşehir’de yetersizdir. Aslında çerezlik kabak ve kuru fasulyenin yetiştiği dönemler aynı olsa da kuru fasulyenin su ihtiyacı çerezlik kabaktan yüksek olduğu için mavi su ihtiyacı da çerezlik kabağa göre daha yüksek çıkmıştır. Bu yüzden kuru fasulyeden verim alabilmek için sulama gereklidir. Çizelge 6’da üzüm bitkisine ait etkili yağış, bitki su tüketimi, yeşil ve mavi evapotranspirasyon değerleri verilmiştir.

Çizelge 6. Üzümün yeşil ve mavi evapotransiyon miktarı

Table 6. Green and blue evapotration amount of grapes

Aylar	ETc	Pe	ETyeşil	ETmavi
Nisan	29	48.5	29	0
Mayıs	62.3	51.7	51.7	10.6
Haziran	104.1	31.2	31.2	72.9
Temmuz	127	10.9	10.9	116.1
Ağustos	101.7	5.9	5.9	95.8
Toplam	424.1	148.2	128.7	295.4

Nevşehirin iklim koşulları üzümün susuz olarak yetiştiriciliğine olanak sağlasa da sulu koşullarda yetiştirilen üzümün meyve verimi ve kalitesi daha yüksektir. Su kaynakları ve sulama imkanları göz önüne alındığında Nevşehirli üzüm yetiştiricileri genellikle susuz üretim gerçekleştirir. Buna olanak sağlayan en önemli etmen üzümün bitki su tüketiminin Nevşehirde yetiştirilen diğer bitkilere göre nispeten daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim ETmavi ve ETyeşil arasındaki 2.5 kat farktan da bu durum anlaşılabilir. Üzümün mavi bitki su tüketimi buğday, patates, çerezlik kabak ve kuru fasulyeninkinden daha düşük çıkmıştır. Bu da Nevşehir’de üzüm yetiştiriciliğinde sulama gereksiniminin diğer bitkilerden daha az olabileceğini göstermiştir.

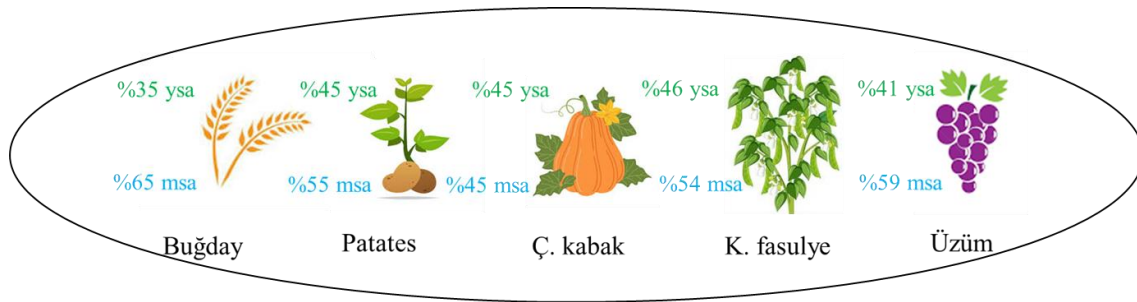
Nevşehir koşullarında yetiştirilen buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzüm arasında yeşil su ayak izi en düşük düşük olan buğday bitkisidir (Şekil 3). Bunun sebebi buğdayın kış yağışlarından yeteri kadar faydalanamamasıdır. Aslında buğdayın diğer bitkilere göre vejetasyon periyodunun uzun olması ve buna bağlı olarak yağışlardan daha fazla yararlanması beklenirken Nevşehir iklim koşullarından dolayı bu şekilde gerçekleşmemiştir. Nevşehir’e düşen yağışın büyük bir kısmı Mart-Temmuz arasında gerçekleşmiştir. Buğdayın bu dönemlerdeki bitki su tüketimi de arttığından yağışlar yeterli olmayıp sulamayı gerektirerek mavi su ayak izinin de yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Buğdayın yeşil su ayak izi İran, Rusya ve Amerikada sırasıyla 2 412, 2 359, 1 879 m³ ton⁻¹, mavi su ayak izi ise 988, 31, 92 m³ ton⁻¹’dur (Mekonnen ve ark., 2020; Ewaid ve ark., 2019). Patates, çerezlik kabak ve kuru fasulyenin yeşil ve mavi su ayak izleri birbine çok yakın çıkmıştır. Çerezlik kabak ve kuru fasulyenin yetişme döneminin Mayıs-

Eylül aylarını kapsamaması birbirine yakın su ayak izi değerlerine ulaşmalarını sağlamıştır. Patatesin Nisan-Ağustos aylarına yetişmesi kuru fasulye ve çerezlik kabağın mavi ve yeşil su ayak izinden çok farklı değerlerde olmasını sağlamamıştır. Bu durum patatesin evapotranspirasyon değerinin daha yüksek olmasından kaynaklandığını düşündürmüştür. Çizelge 7’de buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümüne ait yeşil ve mavi su tüketimi, yeşil ve mavi sanal su muhtevası ve toplam su ayak izi miktarları verimiştir.

Çizelge 7. Bitkilere ait su ayak izi değerleri

Table 7. Water footprint values of plants

Bitkiler	BSTyeşil (m ³ ha ⁻¹)	BSTmavi (m ³ ha ⁻¹)	SSMyeşil (m ³ ton ⁻¹)	SSMmavi (m ³ ton ⁻¹)	Toplam su ayak izi (m ³ ton ⁻¹)	Üretim miktarı (ton)	SA (m ³)
Buğday	2 916	3 402	1 218	1 421	2 638	222	585 685
Patates	1 356	5 438	33	131	164	290	47 455
Çerezlik kabak	1 116	4 720	1 214	5 134	6 348	20	126 962
Kuru fasulye	852	5 175	281	1 705	1 985	28	55 593
Üzüm	1 287	2 954	242	555	797	101	80 490



Şekil 3. Buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzümün yeşil ve mavi su ayak izi dağılımları

Figure 3. Green and blue water footprint distributions of wheat, potatoes, pumpkin, dry beans and grapes

En yüksek su ayak izi değeri buğday bitkisinde görülmüştür. Bu durum buğdayın vejetasyon süresinin diğerlerinden daha fazla olmasından kaynaklanmıştır. Diğer bitkiler yaklaşık olarak 150 günde yetiştirken buğdayın yaklaşık 270 günde yetişmesi toplam su ayak izini artırmıştır. Buğdayın toplam su ayak izi dünya ortalamasının (1 826 m³ ton⁻¹) üstünde gerçekleşmiştir. Buğdayın toplam su ayak izi İranda 3 400 m³ ton⁻¹ ile Nevşehirden daha yüksek çıkarken Irak ve Çinde sırasıyla 1 876 ve 1 286 m³ ton⁻¹ ile daha düşük çıkmıştır (Ewaid ve ark., 2019). Patatesin toplam su ayak izi diğer tüm bitkiler arasında en düşük olanıdır. Rodrigues ve ark. (2015), Arjantinde patatesin su ayak izi yaklaşık olarak 324 m³ ton⁻¹ olarak, Yerli ve ark. (2019) Vanda patatesin su toplam su ayak izi 172.6 m³ t⁻¹ olarak bulunmuştur. Cabello ve ark. (2016) Kübada Küba'da 2009-2012 dönemi için patatesin ortalama su ayak izi değerini 202 m³ ton⁻¹ olarak bulmuşlardır. Nevşehirde patatesin su ayak izi 164 m³ ton⁻¹'dur. Nevşehir koşullarında üretilen patatesin su ayak izi dünya ortalamasının da (287 m³ ton⁻¹) altındadır. Bunun sebebinin iklim, toprak ve sulama yönetiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek su ayak izi çerezlik kabakta görülmüştür. Bunun en önemli sebebi çerezlik kabaktan elde edilen verimin diğer bitkilere göre daha düşük olmasından kaynaklanmıştır. Örneğin kuru fasulye ile karşılaştırıldığında aslında bitki su tüketimi ve yağış değerleri birbirine çok yakın olmasına rağmen toplam su ayak izine bakıldığında çerezlik kabağın yaklaşık 3 kat daha fazladır. Nevşehirin kuru fasulye su ayak izi Türkiye (2 580 m³ ton⁻¹) ortalamasının altında çıkmıştır. Gebremariam ve ark. (2021) Etiyopya koşullarında maş fasulyenin yeşil, mavi ve toplam su ayak izini sırasıyla 468 m³ ton⁻¹, 6093 m³ ton⁻¹ ve 6561 m³ ton⁻¹ olarak bulmuşlardır. Gheewala ve ark. (2014) Tayland'daki maş fasulyesi su ayak izinin 1549-6445 m³ ton⁻¹ aralığında

olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlardan elde edilen değerler, mevcut çalışmadan elde edilen fasulye su ayak izi sonuçlarından farklıdır. Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki farklılıklar, mevsim (sulanan veya yağmurla beslenen), yetiştirilen fasulye çeşitleri, büyüme dönemi süresi, ekim tarihleri, toprak parametreleri ve iklimsel değişkenlikler gibi birçok faktöre bağlı olabilir. Üzümün toplam su ayak izi Türkiye ($988 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$) ortalamasının altında çıkmıştır. Avanoz (2020) üzümün mavi su kullanımı açısından kaydadeğer bir ürün olduğunu ve Malatyada $3429 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ ile en yüksek toplam sanal su muhtevasına sahip olduğunu bildirmiştir. Pahlow ve ark. (2015) Kuzey Afrikada yetiştirilen üzümün mavi su ayak izini $157 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Bu değer çalışmamızdan elde edilen mavi su ayak izinin oldukça altındadır. Bunun sebebinin yetiştirilen üzüm çeşidi ve iklim özelliğinin farklılığından kaynaklanabileceğini düşündürmüştür. Sigadla ve ark. (2022) Afrikanın Berg Nehri bölgesinde yetiştirilen üzümlerin su ayak izinin 500 ila $714 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu değer çalışmamızdan elde edilen sonuçlara yakındır. Yetiştirilen ürünlerin su ayak izlerinin farklı kıtalarda da olsa benzer sonuçlar vermesi, çalışılan bölgelerdeki bitkilerin verim, yağış, sulama gibi konularda birbirine yakın değerlerin olmasından kaynaklandığını düşündürmüştür.

Sonuç olarak; Nevşehirde yağışların ve su kaynaklarının sınırlı olması bölgede bitkisel üretim çeşitliliğine izin vermez. Temelde yetiştirilen bitkilerin başında buğday, patates, çerezlik kabak, kuru fasulye ve üzüm gelmektedir. Nevşehirin iklim ve toprak koşulları bu bitkilerin sulama yapılmadığı koşullarda da düşük verim oranıyla üretilmesini mümkün kılsa da ekonomik bir üretimden bahsedilemez. Nevşehirin su kaynakları göz önüne alındığında bitkisel üretim anlamında suyu verimli kullanabilmek için ürün deseninin değiştirilmesi gerekebilir. Çünkü temel olarak yetiştirilen bitkilerin hepsinin yeşil su ayak izi mavi su ayak izinden daha düşük çıkmıştır. Yani bölgeye düşen yağışlar yetiştirilen bitkilerin su ihtiyacı için yetersiz kalmaktadır. Bu da bitkilerin yetiştiriciliği için sulamaya ihtiyacın olduğunu göstermektedir. Çalışmada su ayak izi en yüksek çıkan bitki çerezlik kabak, en düşük çıkan bitki ise üzüm olmuştur. Çerezlik kabakla ilgili daha önce yapılan bir su ayak izi çalışması olmadığı için karşılaştırma yapmak mümkün olamamıştır. Kabak çekirdeği, su ayak izi yüksek olmasına rağmen bölge için kritik öneme sahip bir bitkidir. Ancak bu bitkinin yetiştiriciliğinin su kaynakları açısından sürdürülebilir olması için, basınçlı sulama sistemleri gibi verimli su kullanımının uygulanması gerekmektedir. Benzer durum kuru fasulye için de geçerlidir. Nevşehir'in Derinkuyu ilçesinde yetiştirilen kuru fasulye çeşidi Coğrafi İşaretli bir tarım ürünüdür. Su ayak izi buğday, üzüm ve patatese göre yüksek olsa da bölge için stratejik öneme sahiptir. Bu yüzden kuru fasulyenin de yetiştiriciliğinde sulama ile ilgili alternatif yöntemlerin geliştirilmesi gerekir. Nevşehirde üzümün toplam su ayak izi Türkiye ortalamasının altındadır. Bu Nevşehirdeki üzüm yetiştiricileri ve bölgedeki su kaynakları için avantajlı bir durumdur. Ayrıca bölgede su tüketimi yüksek bitkiler yerine kuraklığa toleranslı bitkiler veya su tüketimi daha düşük olan bitkilerin seçimi suyun verimli kullanılması açısından önemli olacaktır. Bununla beraber literatürde kuraklığa dayanıklılığı ile bilinen kinoa, sorgum, lavanta ve kapari gibi bitkilerin yetiştirilmesi yeşil su ayak izini artırıp mavi su ayak izini azaltacaktır. Toplamda da bölgenin su ayak izi azalmış olacaktır. Bitki su tüketimi ve yağışlardan yola çıkarak su ayak izinin belirlenmesi o bölgede suyun takibi ve kontrolünü de kolaylaştıracaktır. Su kaynaklarının verimli kullanılabilmesi açısından da faydalı olacaktır. Su ayak izi ile ilgili çalışmalar hala çok yaygınlaşmış değildir. Değişen iklim koşulları sebebiyle de sürekli güncellenmesi gerekmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2021). Nevşehir Tarım ve Orman İl Müdürlüğü. <https://nevsehir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/A%C4%9Fustos%202021%20BR%C4%B0F%C4%B0NG.pdf> (Erişim tarihi: 18 Mayıs 2024).
- Atabey, S., & Yokuş, İ. (2016). Küresel ısınmanın artış nedenlerinin su kaynakları ve turist sağlığı üzerindeki yansımaları. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, 54, 188-203.
- Avanoz, Z. (2020). Türkiye'de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 80 s, Batman.
- Batan, M. (2021). Planning the use of water in Şanlıurfa province, which struggles with drought: Water footprint analysis. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (4), 2135-2150. <https://doi.org/10.17341/gazibtd.849070>
- Bulut, A.P., & Canbaz, G.T. (2022). Sivas ilinde buğday, arpa, şeker pancarı ve ayçiçeği üretimi için su ayak izinin hesaplanması. *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 249-255.
- Cabello, J.J., Sagastume, A., López-Bastida, E., Vandecasteele, C., & Hens, L. (2016). Water footprint from growing potato crops in Cuba. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(1), 107-116.
- Çakmak, B., & Torun, E. (2023). Konya kapalı havzası sulama şebekelerinde tarımsal su ayak izinin değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 239-252.
- Ewaid, S.H., Abed, S.A., & Al-Ansari, N. (2019). Water footprint of wheat in Iraq. *Water*, 11 (3), 535. <https://doi.org/10.3390/w11030535>
- Gebremariam, F.T., Habtu, S., Yazew, E., & Teklu, B. (2021). The water footprint of irrigation-supplemented cotton and mung-bean crops in Northern Ethiopia. *Heliyon*, 7 (4).
- Gheewala, S.H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S.R., & Chaiyawannakarn, N. (2014). Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. *Water*, 6 (6), 1698-1718.
- Guan, D., & Hubacek, K. (2007). Assessment of regional trade and virtual water flows in China. *Ecological Economics*, 61 (1), 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.01.020>
- Hoekstra, A.Y., & Chapagain, A.K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Integrative Assessment of Water Resources and Global Change*, 21, 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.01.020>
- Hoekstra, A.Y., & Hung, P.Q. (2003). Virtual water trade. *Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade* (Vol. 12, pp. 1-244). UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., & Mekonnen, M.M. (2009). Water footprint manual. Water Footprint Network.
- Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual water trade. *Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, 12, 1-244.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., & Mekonnen, M.M. (2011). *The water footprint assessment manual*. Earthscan.
- Khan, T., Nouri, H., Booij, M.J., Hoekstra, A.Y., Khan, H., & Ullah, I. (2021). Water footprint, blue water scarcity, and economic water productivity of irrigated crops in Peshawar Basin, Pakistan. *Water*, 13 (9), 1249. <https://doi.org/10.3390/w13091249>

- Liu, L., Hu, X., Zhan, Y., Sun, Z., & Zhang, Q. (2023). China's dietary changes would increase agricultural blue and green water footprint. *Science of the Total Environment*, 903, 165763. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165763>
- Mekonnen, M.M., & Hoekstra, A.Y. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue, and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14 (7), 1259-1276. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1259-2010>
- Muratoglu, A. (2019). Water footprint assessment within a catchment: A case study for Upper Tigris River Basin. *Ecological Indicators*, 106, 105467. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105467>.
- Muratoğlu, A. (2020). Assessment of water footprint of production: A case study for Diyarbakır province. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35 (2), 845-858.
- Muratoglu, A. (2022). Applications and response formulations of water footprint methodology for conservation of water resources. In *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation* (pp. 360-370).
- Muratoglu, A., Bilgen, G.K., Angin, I., & Kodol, S. (2023). Performance analyses of effective rainfall estimation methods for accurate quantification of agricultural water footprint. *Water Research*, 238, 120011. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120011>
- Novoa, V., Ahumada-Rudolph, R., Rojas, O., Munizaga, J., Sáez, K., & Arumí, J.L. (2019). Sustainability assessment of the agricultural water footprint in the Cachapoal River basin, Chile. *Ecological Indicators*, 98, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.057>
- Pahlow, M., Snowball, J., & Fraser, G. (2015). Water footprint assessment to inform water management and policy making in South Africa. *Water Sa*, 41 (3), 300-313.
- Rodriguez, C.I., de Galarreta, V.R., & Kruse, E.E. (2015). Analysis of water footprint of potato production in the pampean region of Argentina. *Journal of Cleaner Production*, 90, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.040>
- Sigadla, A., Avenant, E., Fanadzo, M., Kanguuehi, G.N., & Avenant, J.H. (2022). Water footprint of table grape production systems: A review of South African and global studies. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 43 (2), 125-132.
- Sood, A., Prathapar, S.A., & Smakhtin, V. (2014). Green and blue water. In *Key Concepts in Water Resource Management* (pp. 91-102). Routledge.
- Şahin, B. (2016). Küresel bir sorun: Su kıtlığı ve sanal su ticareti. Master's thesis, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şikoğlu, E., & Arslan, Ö.Ü.H. (2019). Nevşehir şehir coğrafyası. Hiperlink Eğitim İletişim Yayıncılık Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
- Veettil, A.V., & Mishra, A.K. (2018). Potential influence of climate and anthropogenic variables on water security using blue and green water scarcity, Falkenmark index, and freshwater provision indicator. *Journal of Environmental Management*, 228, 346-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.082>
- Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F.M., Tüfenkçi, Ş., & Örs, S. (2019). Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 195-203. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.564665>