



Konya kapalı havzası sulama şebekelerinde tarımsal su ayak izinin değerlendirilmesi

Evaluation of agricultural water footprint in Konya closed basin irrigation schemes

Belgin ÇAKMAK^{1*} , Elifnaz TORUN² 

^{1,2}Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

¹<https://orcid.org/0000-0003-3557-8411>; ²<https://orcid.org/0000-0003-1712-3819>

To cite this article:

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.

DOI: 10.29050/harranziraat.1272930

*Address for Correspondence:

Belgin ÇAKMAK

e-mail:

bcakmak@ankara.edu.tr

Received Date:

29.03.2023

Accepted Date:

24.05.20223

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

Öz

Su, gıda güvenliğinin sağlanmasında en önemli unsurdur. İklim değişikliğinin su kaynaklarına en önemli etkilerinden biri de kuraklık ve su kıtlığı olarak belirtilmektedir. Özellikle artan sıcaklıklar ve azalan yağışlar sonucu sulama suyu ihtiyacının karşılanamayacağı ve gıda erişilebilirliği ve yeterliliği ve istikrarının tehdit altına girebileceği öngörülmektedir. Sürdürülebilir gıda ihtiyacının karşılanması ve sanayinin ihtiyacı olan tarım ürünlerinin üretilmesi için suyun verimli kullanılması gerekmektedir. Son yıllarda suyun verimli kullanımının değerlendirilmesinde su ayak izi analizleri kullanılmaktadır. Tarımda, su ayak izi düşük olan ürünlerin üretilmesi, mavi su ayak izinin düşürülmesi veya yeşil su ayak izinin yükseltme olanakları araştırılmaktadır. Bu çalışmada Konya Kapalı Havzasındaki sulama şebekelerinde bitkisel üretimde mavi ve yeşil su ayak izi hesaplanarak değerlendirilmiştir. Araştırma alanında, yeşil net sulama suyu ihtiyacı 13059-1280 m³ da⁻¹ arasında, mavi net sulama suyu ihtiyacı ise 166025.81-30950 m³ da⁻¹ arasında elde edilmiştir. Mevsimlik yeşil toplam sulama suyu ihtiyacı 608765.89-59048617.84 m³, mevsimlik mavi toplam sulama suyu ihtiyacı 6529366.65-492393320.21 m³ arasında tespit edilmiştir. Yeşil su ayak izi 605130.28-59048617.84 m³ mavi su ayak izi de 6492626.51- 492393320.21 m³ arasında bulunmuştur. Mavi su ayak izini azaltmak için araştırma alanında yağmur sularının su hasadı teknikleri ile toprakta tutulması sağlanmalı, tarımda suyun verimli kullanımına yönelik önlemler alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Sulama şebekesi, Konya kapalı havzası, Tarım, Su ayak izi

ABSTRACT

Water is the most important element in ensuring food security. One of the most important effects of climate change on water resources is stated as drought and water scarcity. Especially because of increasing temperatures and decreasing precipitation, it is foreseen that the irrigation need will not be met, and food availability, adequacy and stability may be threatened. It is necessary to use water efficiently in order to meet the need for sustainable food and to produce agricultural products that the industry needs. In recent years, water footprint analysis has been used to evaluate the efficient use of water. In agriculture, the possibilities of producing crops with a low water footprint, reducing the blue water footprint, or increasing the green water footprint are being investigated. In this study, blue and green water footprints in irrigation schemes in Konya Closed Basin in plant production were calculated and evaluated. The need for green net irrigation water was between 13059-1280 m³ da⁻¹, and the need for blue net irrigation water was between 166025,81-30950 m³ da⁻¹. The seasonal green total irrigation water requirement was determined as 608765.89-59048617.84 m³, and the seasonal blue total irrigation water requirement was determined between 6529366.65-492393320.21 m³. Green water footprint was found between 605130.28-59048617.84 m³ and blue water footprint was found between 6492626.51- 492393320.21 m³. To reduce the blue water footprint, rainwater should be kept in the soil with water harvesting techniques in the research area, and measures should be taken to save water and reduce water losses in agriculture.

Key Words: Irrigation scheme, Konya closed basin, agriculture, water footprint

Giriş

Su, stratejik bir kaynak olup gıda güvencesinin temel unsurudur. Sulama, verim arttırıcı bir girdi olup gıda ihtiyacının büyük bir bölümü sulama yapılan tarım alanlarından sağlanmaktadır. Artan nüfusa bağlı olarak gıda ihtiyacının artması tarımsal su ihtiyacını da önemli oranda arttırmaktadır. Bununla birlikte su kirliliği, yağışların giderek azalması ve bilinçsiz su kullanımı kullanılabilir su kaynaklarını kısıtlamakta ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Aküzüm ve Çakmak, 2008). İklim değişikliğinin yaşandığı günümüzde, havzalarda sektörel su tahsis planlarının hazırlanarak, plana göre su kaynakları yönetilmeli ve suyun verimli kullanımı sağlanmalıdır.

Dünya genelinde temiz ve sağlıklı suya erişim ile gıda güvenliği sorununun yakın gelecekte ortaya çıkması beklenmektedir. Su güvenliği olmadan gıda güvenliğinin sağlanması mümkün değildir (Çakmak, 2016). Dünyada 2.1 milyar insan temiz içme suyundan, 4.4 milyar insan da güvenli sanitsyondan yoksun bulunmaktadır (UNICEF, 2017). Suyun azalması, kirlenmesi veya suya erişilememesi; başlıca gıda üretiminin riske girmesi ve göçler gibi birçok soruna yol açacaktır. 2030 yılında su kıtlığı nedeniyle 700 milyon kişinin yaşadığı yerden göç edeceği tahmin edilmektedir.

Ülkemizde ekonomik olarak sulanabilir tarım arazisi 8.5 milyon hektar olarak belirlenmiştir. Bu alanın yaklaşık %54'ü DSİ tarafından 2021 yılı sonuna kadar sulamaya açılmıştır. Böylece ülkemizde diğer kurumlarla birlikte sulamaya açılan toplam alan yaklaşık 6.85 milyon hektara ulaşmıştır. Ülkemizin yıllık kullanılabilir su potansiyeli olan 112 milyar m³'ün 2021 yılı verilerine göre 58.41 milyar m³ 'ü kullanılmıştır. Bunun 45.05 milyar m³ 'ünün (%77) tarımda sulama amaçlı kullanıldığı, 13.36 milyar m³ 'ünün (%23) ise içme-kullanma ve sanayi amaçlı kullanıldığı belirlenmiştir (Anonim, 2022). Ülkemizin nüfusu, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2021 yılı itibarıyla 84 680 273 ve kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2021 yılında 1,323 m³ 'tür. Bu verilere göre

Türkiye'nin su stresi yaşayan ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir (Anonim, 2022).

Su yönetimi, su kaynaklarının planlı bir şekilde geliştirilmesini, dağıtılmasını ve kullanılmasını kapsamaktadır. Günümüzde su yönetimi, bir taraftan daha az su ile daha fazla gıda üretmek, diğer taraftan da sel ve kuraklıkla mücadele planları hazırlamak, çiftçi eğitim programları yapmak ve çevreyi koruyan sulama teknolojilerini uygulamak zorundadır. Bu nedenle bir taraftan su kayıplarını ve fazla su kullanımını önleyecek tasarruf tedbirleri alınmalı diğer taraftan da suyun verimli kullanımı sağlanmalıdır. Su verimliliği ve su tasarrufu, birbirine yakın ancak farklı kavramlardır. Su verimliliği "bir ürünün veya hizmetin üretiminde en az miktarda su kullanımı" ya da "aynı miktarda su ile daha fazla ürünün ya da hizmetin üretilmesi" olarak tanımlanmaktadır. Su verimliliği, israfın engellenmesi ve azaltılması veya su kullanımından elde edilen faydanın yükseltilmesini, su tasarrufu ise kısıtlı su kullanımını hedeflemektedir.

Son yıllarda su kaynakları yönetiminde, su kullanımı güncel bir gösterge olan su ayak izi analizleri ile değerlendirilmektedir. Bir bireyin, sektör ve/veya ülkenin üretim süreçlerinde kullandığı toplam su hacmi su ayak izi olarak tanımlanmaktadır. Fakat bir ülkede tüketilen mal ve hizmetlerin tamamı o ülkede üretilmediği için; su ayak izi, yurt içinde üretilen ve ithal edilen ürünlerin üretim sürecinde tüketilen su kaynaklarının toplamını ifade etmektedir (Hoekstra ve Hung, 2003).

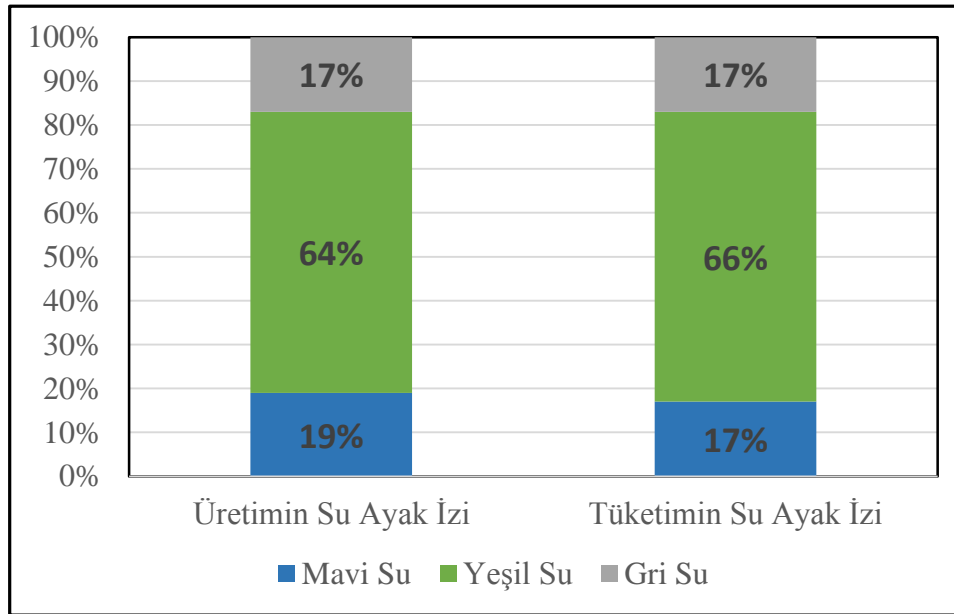
Su ayak izi hem doğrudan su kullanımını hem de üretimdeki dolaylı su kullanımını kapsadığı için geleneksel su kullanım göstergelerinden farklıdır (Hoekstra, 2003). Su ayak izi; mavi, yeşil ve gri su ayak izi olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Mavi su ayak izi; bir ürünü ya da hizmeti üretmek için kullanılan yüzey ve yeraltı tatlı su kaynaklarının toplam hacmidir. Yeşil su ayak izi; bir malın üretiminde kullanılan yağmur suyunun toplamı olarak ifade edilir. Gri su ayak izi; mevcut su kalite standartlarına bağlı olarak, kirlilik yükünün uzaklaştırılması ya da azaltılması için kullanılan tatlı su hacmidir (Hoekstra, 2003). Su kirliliğine

yönelik bir gösterge olup, gri su ayak izi hesaplanırken nüfus ve endüstriyel büyüme dikkate alınır (Çakmak ve Gökalp, 2011).

1996-2005 yılları arasında küresel ölçekte kişi başına düşen ortalama su ayak izi değeri, 1,385 m³ yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Bu değer Çin'de 1,071, Hindistan'da 1.089 ve ABD'de ise 2,842 m³ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ortalama kişi başına ortalama su ayak izi değeri ise 1,977 m³ yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Hoekstra ve Mekonnen, 2012). Ülkemizde kişi başına ortalama su ayak izi değerinin dünya ortalamasından fazla olduğu görülmektedir.

Üretimin su ayak izi, bir ülke içerisinde üretilen ürünlerin tamamı için gereken toplam su (yeşil, mavi ve gri) miktarı olup bir ülkede suyun nasıl kullanıldığının ve bu kullanımın sürdürülebilir olup olmadığına bir göstergesidir. Türkiye'de 2006-2011 yıllarını kapsayan süreçte üretimin su ayak izi 139.6 milyar m³ yıl⁻¹'dir. Türkiye'nin üretiminde

ve tüketiminde, en büyük payı yeşil su ayak izi almaktadır (Şekil 1). Bu durum, Türkiye'de üretim ve tüketimin yağış miktarına ve iklim koşullarına bağlı olduğunun göstergesidir. Üretimin su ayak izinin %89'unu tarım sektörü, %7'sini evsel kullanım ve %4'ünü ise endüstriyel kullanım oluşturmaktadır. Tarım sektöründe, bitkisel üretimin su ayak izinin yaklaşık %66'sını yeşil, yaklaşık %20'sini ise mavi su ayak izi oluşturmaktadır (WWF Türkiye, 2014). Tüketimin su ayak izi; bir ülkede tüketilen mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan tatlı su miktarı olup Türkiye'de tüketimin su ayak izi 140.2 milyar m³ yıl⁻¹'dir. Tüketimin su ayak izinde, %66 ile yeşil su ayak izi, %17 mavi su ayak izi ve %17 ile gri su ayak izi pay almaktadır. Sektörler arasında tarım %89 ile tüketimin su ayak izinde en yüksek orana sahiptir. Endüstriyel ve evsel kullanım, tüketimin su ayak izinin sırasıyla %6'sını ve %5'ini oluşturur (WWF Türkiye, 2014).



Şekil 1. Bileşenlerine göre Türkiye'de üretimin ve tüketimin su ayak izi (WWF Türkiye, 2014)

Figure 1. Water footprint of production and consumption in Turkey by components (WWF Turkey, 2014)

Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası sulama şebekelerinde 2021 yılı verilerine göre bitkisel üretimin mavi ve yeşil su ayak izi hesaplanarak tarımsal su ayak izi değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Konya ilinde 1 858 692 ha alanda tarım yapılmaktadır. Konya ilinde, Çiftçi Kayıt ve Türkvat

Sistemine kayıtlı toplam 133629 çiftçi ile tarımsal faaliyet yapılmaktadır. Yıllık yağış miktarı 300-760 mm arasında değişmektedir. Konya ilinde 609 299 ha alanda sulu tarım yapılmaktadır. Konya ilinde ideal koşullarda toplam tarım alanı 1 858 692 ha olup bitki su ihtiyacı; 4.1 milyar m³ hesaplanmıştır. Yeraltı ve yerüstü kullanılabilir su miktarı ise; 3.1 milyar m³ olup mevcut sulanan alanlar için su potansiyelinin yeterli olmadığı görülmektedir

(KTOM, 2022).

Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası sulama şebekeleri materyal olarak alınmıştır (Çizelge 1). Sulama şebekelerinin 2021 yılı verileri göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Sulama

şebekelerine ilişkin veriler Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) raporlarından temin edilmiştir (Anonim, 2022). Bitkilere ilişkin veriler ise TAGEM tarafından geliştirilen SUET yazılım uygulamasından alınmıştır.

Çizelge 1. Konya kapalı havzası sulama şebekeleri (Anonim, 2022)

Table 1. Konya closed basin irrigation schemes (Anonymous, 2022)

Sulama şebekesi <i>Irrigation scheme</i>	İşletmeye açıldığı yıl <i>Year of operation</i>	İşleten teşkilat <i>Operating organization</i>	Sulama alanı (ha) <i>Irrigation area (ha)</i>	Sulanan alan (ha) <i>Irrigated area (ha)</i>
Çumra	1912	Sulama Birliği	59560	59555
Altınapa	1968	Konya Büyükşehir Belediyesi	1015	260
Kireli	2002	Sulama Birliği	10511	1471
İvriz	1983	Sulama Birliği	36108	36108
Damlapınar	2015	Sulama Birliği	1020	479
Suğla	1998	Sulama Birliği	9530	5709
Gembos-Yeşildağ	2012	Sulama Birliği	3007	1193
Seydişehir	2014	Sulama Birliği	7202	3344
Gevrekli	1987	Sulama Birliği	4438	2138

Bir ülkedeki ulusal su ayak izi, tarımsal, evsel ve endüstriyel sektörlerden kaynaklanan su ayak izlerinin toplamına eşit olmaktadır. Farklı ülkelerde bitkisel üretimin ve bitkilerin su ayak izleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir. Ülkelerin beslenme alışkanlıkları, bitkisel ürünlerin tüketimini etkilemekte ve su ayak izi farklılık göstermektedir. Benzer şekilde bitki su tüketimi ve yağışlara bağlı olarak bitkilerin de su ayak izi yetiştiği ülke/bölgeye göre değişmektedir. Yeşil su ayak izi, tarımsal üretimin yağışlara bağlı olduğunu göstermektedir. Mavi su ayak izi ise, bitkisel üretimde sulamanın ve suyun verimli kullanımının önemini vurgulamaktadır (WWF Türkiye, 2014).

Bu çalışmada bitkisel üretimin su ayak izinin belirlenmesinde Chapagain ve Hoekstra (2004) tarafından geliştirilen su ayak izi yöntemi kullanılmıştır. Bitkisel üretimde, su ayak izi büyük ölçüde bitkilerin su tüketim miktarlarına bağlıdır. Su ayak izinin belirlenmesi akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılan su, yağışlar ve sulama suyu olmak üzere iki temel

unsurdan oluşmaktadır. Araştırma alanında, Chapagain ve ark. (2006) tarafından geliştirilen su ayak izi yöntemiyle $m^3 \text{ yıl}^{-1}$ ve $m^3 \text{ ton}^{-1}$ cinsinden su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Yeşil ve mavi su ihtiyacı, CROPWAT 8.0 programı ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar için gerekli meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden alınmıştır.

Bitkisel üretimin su ayak izi, ülkede yetiştirilen bitkilerin su ayak izlerinin toplamıdır. Bitkisel üretimin su ayak izinin hesaplanabilmesi için öncelikle yeşil ve mavi bitki su tüketiminin hesaplanması gerekmektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004). Bu çalışmada bitki su tüketimi ile etkili yağış CROPWAT 8.0 programı ile hesaplanmış ve etkili yağışın belirlenmesinde USDA-SCS modülü kullanılmıştır. Araştırma alanındaki sulama şebekelerinde 2021 yılı bitki deseni Çizelge 4'te verilmiştir. Bitki su tüketimi (ET, $m^3 \text{ ha}^{-1}$), mavi ve yeşil su ihtiyacının toplamı olarak hesaplanmaktadır (Chapagain ve Hoekstra, 2004).

Çizelge 2. 1996-2005 yıllarını kapsayan süreçte bazı ülkelerin bitkisel üretimden kaynaklanan ortalama su ayak izleri (milyar m^3 yıl $^{-1}$) (Mekonnen ve Hoekstra, 2011a)

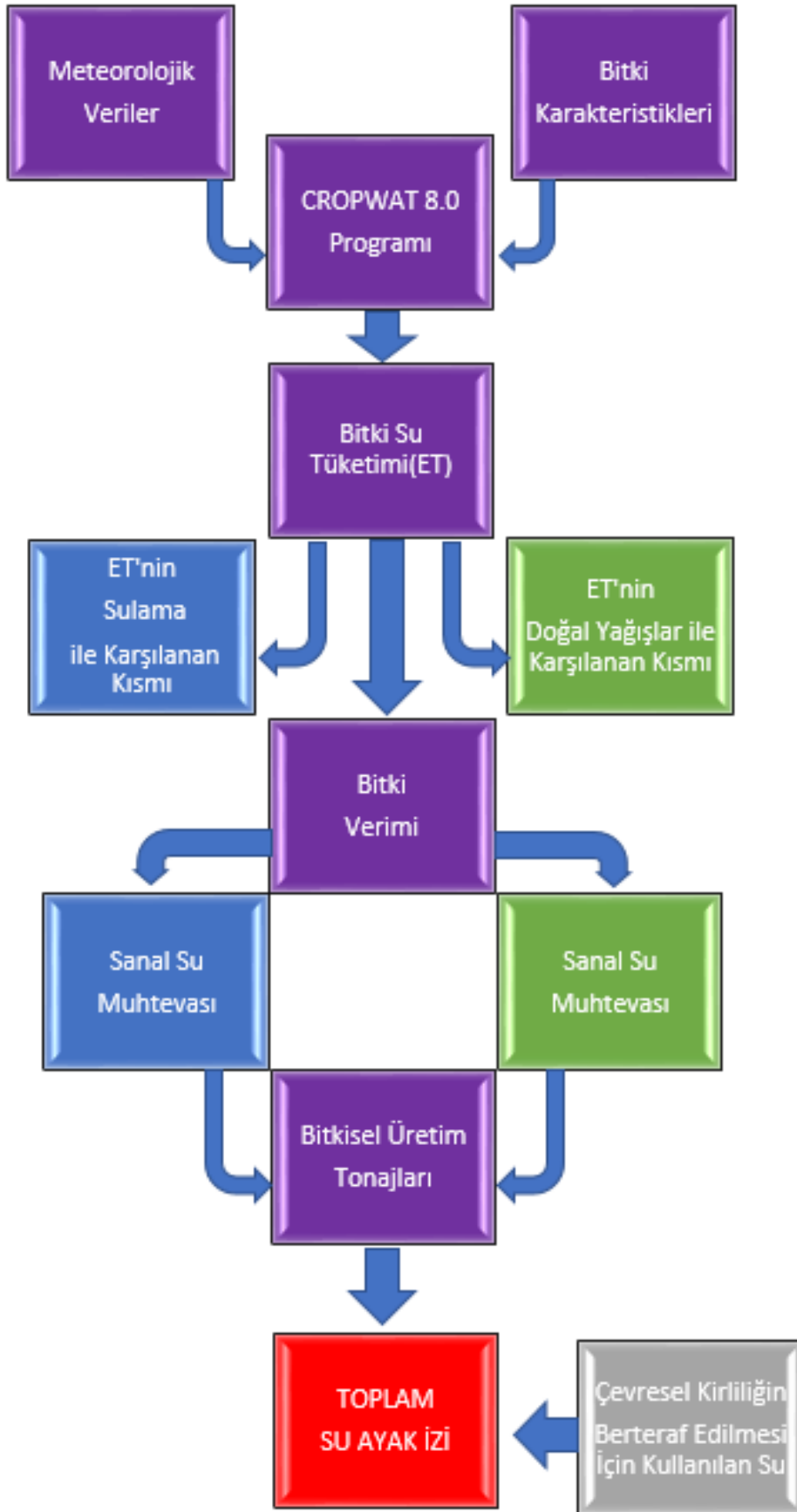
Table 2. Average water footprints (billion m^3 year $^{-1}$) from crop production in some countries over the period 1996-2005 (Mekonnen and Hoekstra, 2011a)

Ülke Country	Yeşil Green	Mavi Blue	Gri Grey	Toplam Total
Hindistan / India	716.0	231.4	99.4	1046.8
Çin / China	623,9	118.9	223.8	966.6
ABD / USA	612.0	95.9	118.2	826.1
Rusya / Russia	304.8	10.4	11.6	326.8
Brezilya / Brazil	303.7	8.9	16.0	328.6
Endonezya / Indonesia	285.5	11.5	20.9	317.9
Nijerya / Nigeria	190.6	1.1	0.6	192.3
Arjantin / Argentina	157.6	4.3	5.0	166.9
Kanada / Canada	120.3	1.6	18.2	140.1
Türkiye / Turkey	75.7	15.2	9.4	100.3
İran / Iran	43.0	39.8	8.8	91.6
Pakistan / Pakistan	40.6	74.3	21.8	136.7
Suriye / Syria	14.0	6.9	2.4	23.3
Irak / Iraq	9.0	12.7	2.2	23.9
Dünya / World	5771	899	733	7404

Çizelge 3. Bazı bitkilerin dünya ortalaması olarak su ayak izleri (m^3 ton $^{-1}$) (Mekonnen ve Hoekstra, 2011a)

Table 3. Water footprints (m^3 ton $^{-1}$) of some crops as world average (Mekonnen and Hoekstra, 2011a)

Bitkiler Crops	Yeşil Green	Mavi Blue	Gri Grey	Toplam Total
Buğday /Wheat	1 277	342	207	1826
Silajlık mısır / Silage maize	947	81	194	1222
Sorgum /Sorghum	2857	103	87	3047
Patates / Patato	191	33	63	287
Ş.Pancar /Sugar beet	82	26	25	133
Fasulye / Bean	320	54	188	562
Badem / Almond	4632	1908	1507	8047
Ceviz / Walnut	2805	1299	814	4918
Zeytin / Olive	2470	499	45	3014
Ayçiçeği / Sunflower	3017	148	201	3366
Kavun / Melon	5087	56	41	5184
Pamuk / Cotton	2282	1306	440	4028
İspanak / Spinach	118	14	160	292
Domates / Tomato	108	63	43	214
Hıyar /Cucumber	206	42	105	353
Patlıcan / Eggplant	234	33	95	362
Soğan / Onion	192	88	65	345
Muz / Banana	660	97	33	790
Limon / Lemon	432	152	58	642
Elma /Apple	561	133	127	821



Şekil 2. Tarımsal su ayak izi akış şeması (Avcı ve ark., 2022)

Figure 2. Agricultural water footprint flow chart (Avcı et al., 2022)

Çizelge 4. Araştırma alanındaki sulama şebekelerinde 2021 yılı bitki deseni (%) (Anonim, 2022)
Table 4. Plant pattern (%) in irrigation schemes in the research area in 2021 (Anonymous, 2022)

Bitki çeşidi Crop type	Sulama şebekeleri Irrigation schemes								
	Çumra	Altınapa	Kireli	İvriz	Damlapınar	Suğla	Gembos- Yeşildağ	Seydişehir	Gevrekli
Hububat Cereals	55.00	-	34.00	48.00	3.00	27.00	11.00	23.00	17.00
Şekerpancarı Sugarbeet	8.00	-	59.00	1.00	17.00	20.00	-	29.00	39.00
Yem Bitkisi Forage Crops	2.00	-	1.00	5.00	37.00	6.00	4.00	3.00	4.00
Baklagil Legume	4.00	-	-	-	12.00	7.00	58.00	20.00	1.00
Patates Potato	-	-	-	-	1.00	1.00	-	1.00	4.00
Haşhaş (Kapsül) Poppy (Capsules)	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-
Haşhaş (Tohum) Poppy (Seed)	1.00	-	-	-	6.00	17.00	-	17.00	26.00
Bostan Orchard	17.00	-	5.00	14.00	17.00	20.00	9.00	3.00	3.00
Mısır Maize	2.00	-	-	5.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
Sebze Vegetable	-	100.00	1.00	-	1.00	-	10.00	-	-
Meyve Fruit	11.00	-	-	27.00	-	-	2.00	-	2.00
Ayçiçeği Sunflower	-	-	-	-	-	-	4.00	-	-
Çilek Strawberry	-	-	-	-	1.00	1.00	-	3.00	2.00

Yeşil bitki su tüketimi, bitki su tüketiminin etkili yağış miktarı ile karşılanan miktarıdır. Etkili yağışın (P_e) bitki su tüketimine eşit veya fazla olması durumunda yeşil bitki su tüketimi, bitki su tüketimine eşit olmaktadır (Eşitlik 1). Bitki su tüketiminin etkili yağıştan fazla olduğu durumda ise yeşil bitki su tüketimi P_e 'ye eşit olmaktadır (Eşitlik 2).

$$ET \leq P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{yeşil}} = ET \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$ET > P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{yeşil}} = P_e \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Eşitliklerde; ET_{mavi} , bitki su tüketiminin yüzey ve yeraltı suyundan karşılanan miktarı (mm); $ET_{\text{yeşil}}$, bitki su tüketiminin yağışlardan karşılanan miktarı (mm); P_e , etkili yağışı, ET ise bitki su tüketimini ifade etmektedir.

Bitki su tüketimi ile etkili yağış miktarı arasındaki fark mavi bitki su tüketimi veya net sulama suyu miktarı olarak ifade edilmektedir. Bitki su tüketiminin etkili yağış miktarına eşit ve/veya fazla olduğu durumda mavi bitki su tüketimi (d_n , $ET_{\text{mavi-teorik}}$), bitki su tüketimi ile etkili yağış miktarı arasındaki farkta eşit olup Eşitlik 3 ile hesaplanmaktadır. Etkili yağış miktarının bitki su tüketiminden fazla olduğu durumda ise sulamaya ihtiyaç kalmayacağından mavi bitki su tüketimi sıfıra eşit olmaktadır (Eşitlik 4).

$$ET \geq P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{mavi-teorik}} = ET - P_e \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$$ET < P_e \quad \text{ise} \quad ET_{\text{mavi-teorik}} = 0 \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Mavi bitki su tüketimi (d_n , $ET_{\text{mavi-teorik}}$), teorik olarak bitki tarafından ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını ifade etmektedir. Bu miktar, sulama

suyunun kaynaktan bitkiye ulaşması sırasında oluşan su kayıplarını kapsamamaktadır. Bu nedenle, mavi bitki su tüketimi (d_n , $ET_{mavi-teorik}$) sulama randımanına (E) bölünerek toplam sulama suyu ihtiyacı hesaplanmaktadır. Bitki su tüketiminin su ayak izi bileşenleri ($m^3 ha^{-1}$), bitkinin büyüme mevsimindeki yeşil ve mavi bitki su ihtiyacı (su ihtiyacı WR, mm gün⁻¹) miktarlarına bağlı değerlerdir. Bu bileşenler ($m^3 ha^{-1}$), aşağıdaki eşitliklerden faydalanılarak hesaplanmaktadır.

$$WR_{mavi} = WR_{mavi-teorik}/E \quad (\text{Eşitlik 5})$$

$$WR_{yeşil}(m^3 yıl^{-1}) = WR_{yeşil}(m^3 ha^{-1}) \times Sulanan alan (ha yıl^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$WR_{mavi}(m^3 yıl^{-1}) = WR_{mavi}(m^3 ha^{-1}) \times Sulanan alan (ha yıl^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 9})$$

Birim üretim miktarı başına yeşil ve mavi su ayak izi ($m^3 ton^{-1}$) bileşenleri; bitki yetiştirme mevsimi boyunca kullanılan yeşil ve mavi su hacminin ($m^3 yıl^{-1}$) yıllık üretim miktarına ($ton yıl^{-1}$) bölünmesiyle (Eşitlik 10 ve Eşitlik 11) hesaplanmaktadır (Mekkonen ve Hoekstra, 2011b). Yeşil ve mavi su ayak izi bileşenleri

$$WR_{yeşil}(m^3 ton^{-1}) = WR_{yeşil}(m^3 yıl^{-1}) \times Üretim miktarı (ton yıl^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 10})$$

$$WR_{mavi}(m^3 ton^{-1}) = WR_{mavi}(m^3 yıl^{-1}) \times Üretim miktarı (ton yıl^{-1}) \quad (\text{Eşitlik 11})$$

$$V = P/A \quad (\text{Eşitlik 12})$$

$$SSM_{mavi} = ET_{mavi}/V \quad (\text{Eşitlik 13})$$

$$SSM_{yeşil} = ET_{yeşil}/V \quad (\text{Eşitlik 14})$$

$$SSM_{toplam} = SSM_{mavi} + SSM_{yeşil} \quad (\text{Eşitlik 15})$$

$$SA_{toplam} = \sum SSM \times P \quad (\text{Eşitlik 16})$$

Eşitliklerde;

V = verim ($ton ha^{-1}$),

P= üretim miktarı (ton),

A= ekilen alan (ha),

SSM_{mavi} = mavi sanal su muhtevası ($m^3 ton^{-1}$),

$SSM_{yeşil}$ = yeşil sanal su muhtevası ($m^3 ton^{-1}$),

SSM_{toplam} = toplam sanal su muhtevasıdır ($m^3 ton^{-1}$)

ve

SA= Su ayak izidir (m^3).

CROPWAT 8.0 programında Penman-Monteith yöntemi ile araştırma alanına ait bitki su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra araştırma alanı için üretim miktarı, bitki su tüketimi, sulanan

$$WR_{yeşil}(m^3 ha^{-1}) = 10 \sum WR_{yeşil}(mm) \quad (\text{Eşitlik 6})$$

$$WR_{mavi}(m^3 ha^{-1}) = 10 \sum WR_{mavi}(mm) \quad (\text{Eşitlik 7})$$

Yetiştirme mevsiminde yeşil, mavi ve toplam su ayak izi değerleri; bitkisel üretim için kullanılan suyun toplam hacmi ($m^3 yıl^{-1}$) cinsinden hesaplanmaktadır. Kullanılan yıllık su hacmini gösteren ($m^3 yıl^{-1}$) su ayak izi göstergesi, $m^3 ha^{-1}$ cinsinden elde edilen su ayak izi değeri ile sulama yapılan alan (ha) değerinin çarpımı ile hesaplanmaktadır.

toplanarak $m^3 ton^{-1}$ cinsinden toplam su ayak izi değeri bulunmaktadır (Chapagain, 2006; Muratoğlu, 2018). Her bitkinin su ayak izi (m^3) ise sanal su muhtevası (SSM) ile üretim miktarının çarpımıyla (Eşitlik 16) elde edilmektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004).

ekim alanı, sulama şebekelerinin özellikleri, sulama randımanı kullanılarak bitkisel üretimin mavi ve yeşil su ayak izi hesaplanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Araştırmada materyal olarak alınan Konya Kapalı Havzasında bulunan 9 sulama şebekesinde, yeşil, mavi ve toplam net sulama suyu ihtiyacı belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü üzere sulama randımanı en düşük Kireli sulama şebekesinde %22, en yüksek ise Çumra sulama şebekesinde %75'tir. Sulanan alan en az Damlapınar sulama şebekesinde 479 ha, en fazla ise Çumra sulama şebekesinde 58560 ha'dır. Yeşil su ihtiyacı ($WR_{yeşil}$) en fazla Damlapınar'da $13059 m^3 ha^{-1}$ ve en az Altınapa'da $1280 m^3 ha^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni, Damlapınar sulama alanında yaklaşık %30 hububat ve baklagil, Altınapa'da ise sadece meyve

yetiştirilmesidir. Mavi su ihtiyacı (WR_{mavi}) ise en fazla Seydişehir'de $166025.81 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve en az Altınapa'da $30950 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olarak elde edilmiştir (Şekil 3). Su tüketim miktarı yüksek olan şekerpancarı (%29), baklagil (%20) ve bostan (%17) yetiştirildiği için Seydişehir sulama alanında mavi su ihtiyacı yüksektir. Altınapa'da sulanan alan oldukça küçük olup 100 ha 'dır.

Araştırma alanındaki sulama şebekelerinde mevsimlik yeşil, mavi ve toplam sulama suyu ihtiyaçları Çizelge 6'da verilmiştir. Mevsimlik yeşil ve mavi sulama suyu ihtiyacı en fazla Çumra sulama şebekesinde, en az ise Damlapınar sulama

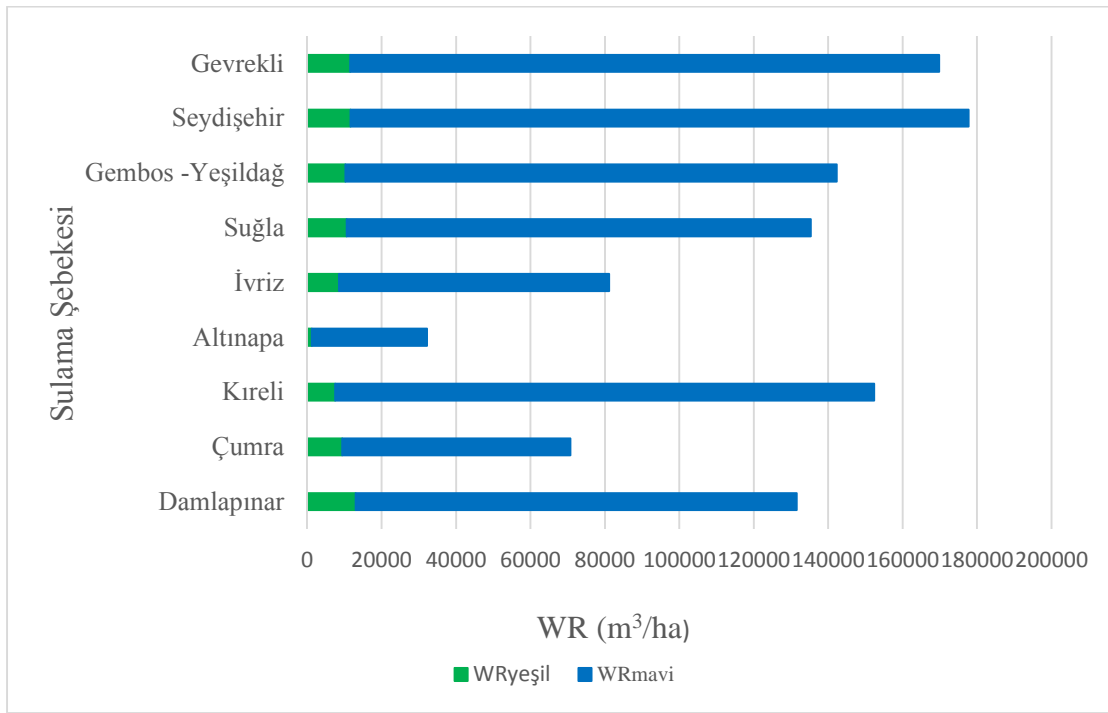
şebekesinde elde edilmiştir (Şekil 4). Toplam mevsimlik sulama suyu ihtiyacını; sulama randımanı, bitki su tüketimi ve bitkinin ekim alanı etkilemektedir. Araştırma alanında sulama randımanı en düşük Kireli sulamasında, birim alan için yeşil ve mavi net sulama suyu ihtiyacı $7553 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve $144772.27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ile mevsimlik yeşil ve mavi sulama suyu ihtiyacı 1229623.61 m^3 ve 30740255.93 m^3 olarak belirlenmiştir. Sulama randımanı en yüksek Çumra sulamasında ise mevsimlik yeşil toplam sulama suyu ihtiyacı 59048617.84 m^3 , mevsimlik mavi toplam sulama suyu ihtiyacı 492393320.21 m^3 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Araştırma alanında 2021 yılına ilişkin birim alan için yeşil ve mavi net sulama suyu ihtiyacı
Table 5. Green and blue irrigation water requirement per unit area for 2021 in the research area

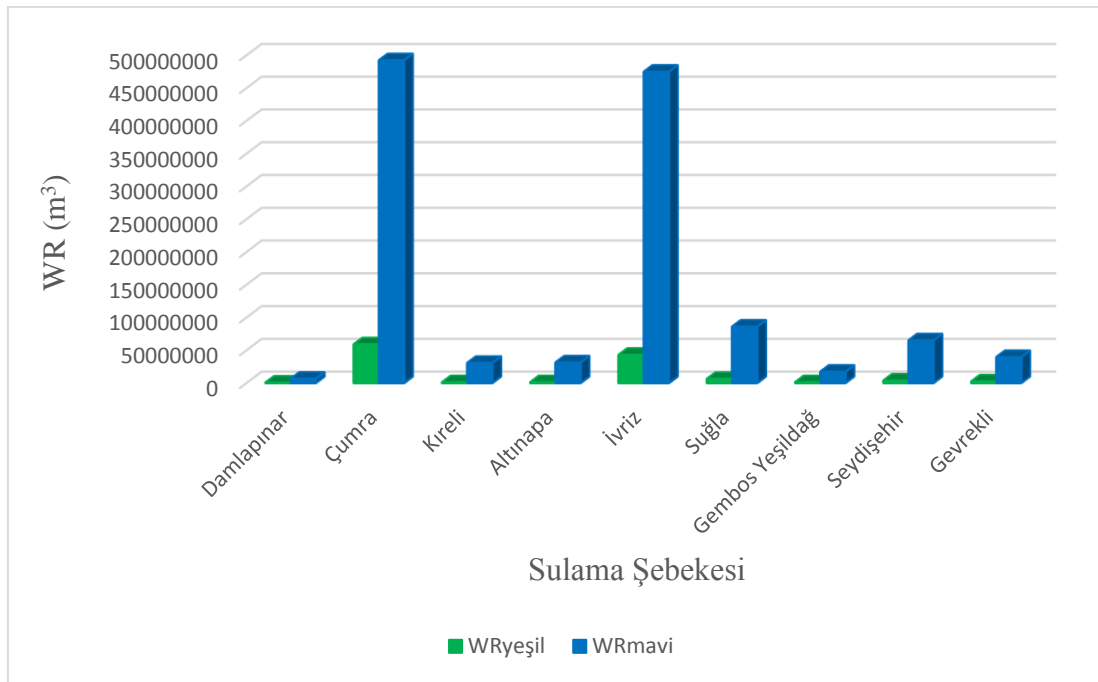
Sulama Şebekesi Irrigation Scheme	Sulanan Alan (ha) Irrigated Area (ha)	$WR_{yeşil}$ ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) WR_{green} ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	WR_{mavi} ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) WR_{blue} ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	WR_{toplam} ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) WR_{total} ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)
Damlapınar	479.00	13059.00	118508.77	131567.77
Çumra	59555.00	9449.00	61286.13	70735.13
Kireli	1471.00	7553.00	144772.27	152325.27
Altınapa	260	1280.00	30950.00	32230.00
İvriz	36108.00	8598.00	72550.00	81148.00
Suğla	5709.00	10633.00	124717.50	135350.50
Gembos -Yeşildağ	1193.00	10315.00	132002.70	142317.70
Seydişehir	3344.00	11693.00	166025.81	177718.81
Gevrekli	2138.00	11596.00	158213.51	169809.51
Ortalama Average	12250.78	9352.89	112114.08	121466.97
Toplam Total	110257.00	84176.00	1009026.69	1093202.69

Çizelge 6. Araştırma alanında 2021 yılına ilişkin mevsimlik yeşil ve mavi toplam sulama suyu ihtiyacı
Table 6. Seasonal green and blue total irrigation water requirement for 2021 in the research area

Sulama Şebekesi Irrigation Scheme	Sulama Randımanı (%) Irrigation efficiency (%)	$WR_{yeşil}$ (m^3) WR_{green} (m^3)	WR_{mavi} (m^3) WR_{blue} (m^3)	WR_{toplam} (m^3) WR_{total} (m^3)
Damlapınar	57.00	608765.89	6529366.65	7138132.54
Çumra	75.00	59048617.84	492393320.21	551441938.1
Kireli	22.00	1229623.61	30740255.93	31969879.54
Altınapa	24.00	1299200.00	31414250.00	32713450
İvriz	54.00	43052823.96	474925379.33	517978203.3
Suğla	40.00	6412348.80	86076876.60	92489225.4
Gembos- Yeşildağ	37.00	1295860.46	17361664.51	18657524.97
Seydişehir	31.00	3809518.24	65095166.97	68904685.21
Gevrekli	37.00	2440655.28	39583163.14	42023818.42
Ortalama Average		13244157.12	138235493.7	151479650.8
Toplam Total		119197414.09	1212705193.34	1363316857.48



Şekil 3. Araştırma alanında yeşil ve mavi sulama suyu ihtiyacı ($m^3 ha^{-1}$)
Figure 3. Green and blue irrigation water requirement ($m^3 ha^{-1}$) in the research area



Şekil 4. Araştırma alanında mevsimlik yeşil ve mavi sulama suyu ihtiyacı (m^3)
Figure 4. Seasonal green and blue irrigation water requirement (m^3) in the research area

Üretim miktarı ve verim değerlerinden yararlanılarak mavi ve yeşil sanal su muhtevası ile su ayak izi değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 8). Yeşil sanal su muhtevası en fazla $3743.87 m^3 ton^{-1}$ ile Damlapınar sulama şebekesinde, en az $64.00 m^3 ton^{-1}$ ile Altınapa sulama şebekesinde elde edilmiştir. Mavi sanal su muhtevası ise en fazla Gevrekli sulama şebekesinde $29050.33 m^3 ton^{-1}$, en az Altınapa sulama şebekesinde $1547.50 m^3 ton^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Yeşil su ayak

izi en düşük Damlapınar sulama şebekesinde $605130.28 m^3$, en fazla Çumra sulama şebekesinde $59048617.84 m^3$ olarak elde edilmiştir. Mavi su ayak izi de en düşük Damlapınar sulama şebekesinde $6492626.51 m^3$, en fazla Çumra sulama şebekesinde $492393320.21 m^3$ olarak tespit edilmiştir. Araştırma alanında göz önüne alınan sulama şebekelerinde toplam yeşil su ayak izi yaklaşık $0.119 \times 10^9 m^3$, toplam mavi su ayak izi de yaklaşık

1.241x10⁹ m³tür. Ülkemizde bitkisel üretimde yeşil ve mavi su ayak izi sırasıyla 75.7 ve 15.2 milyar m³ yıl⁻¹ olarak belirlenmiştir (Mekonnen ve Hoekstra, 2011a). Araştırma alanında, dünya genelinin aksine yağışların azalması ve yağışlardan yeterince yararlanılamaması nedeniyle yeşil su ayak izi daha düşük elde edilmiştir.

Iraz (2021), Fırat havzasında tarımsal üretimde yeşil, mavi ve gri su ayak iz değerlerini sırasıyla 6.33 milyar m³, 15.89 milyar m³ ve 3.07 milyar m³

olarak saptamıştır. Yapılan bir başka çalışmada, Türkiye’de 97 adet bitki göz önüne alınarak toplam tarımsal su ayak izi 106.85 milyar m³ olarak belirlenmiştir. Toplam su ayak izinin %44’ü yeşil su ayak izi ve %56’sı ise mavi su ayak izi olarak belirlenmiştir. Tahıl grubu bitkilerde en yüksek mavi ve yeşil su ayak izi buğdayda elde edilmiştir. Mısır, buğday, şeker pancarı, yonca, gibi bitkilerin su ayak izlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Avanoz, 2020).

Çizelge 7. Araştırma alanındaki sulama şebekelerinde 2021 yılı bitki verimleri (kg da⁻¹)

Table 7. Plant yields (kg da⁻¹) in 2021 in irrigation schemes in the research area

Bitki çeşidi Crop type	Sulama şebekeleri Irrigation schemes									
	Çumra	Altnapa	Kireli	İvriz	Damlapınar	Suğla	Gembos	Yeşildağ	Seydişehir	Gevrekli
Hububat Cereals	670	-	350	420	350	530	500		400	450
Şekerpancarı Sugarbeet	6 660	-	7 100	6 800	6 000	6 000	-		6000	6 000
Yem Bitkisi Forage Crops	1 200	-	2 000	850	2 000	600	2 000		2 000	600
Baklagil Legume	350	-	-	-	200	200	200		200	200
Patates Potato	-	-	-	-	4 000	4 000	-		6 000	5 000
Haşhaş (Kapsül) Poppy (Capsules)	-	-	-	-	50	-	-		-	-
Haşhaş (Tohum) Poppy (Seed)	-	-	-	-	55	-	-		-	-
Bostan Orchard	200	-	-	-	2 500	1 500	-		120	200
Mısır Maize	1 440	-	5 000	4 000	5 000	6 000	5 000		6 000	6 000
Sebze Vegetable	500	-	-	4 000	500	600	500		600	1 600
Meyve Fruit	-	2 000	1 000	-	2 500	-	4 500		-	-
Ayçiçeği Sunflower	165	-	-	300	-	-	200		-	250
Çilek Strawberry	-	-	-	-	-	-	1 500		-	-
Diğer Other	-	-	-	-			-			

Ülkemizde su ayak izi ile ilgili bir başka çalışmada Dicle havzasında buğday, fıstık, mısır, pamuk ve üzüm gibi yaygın olarak tarımı yapılan bitkilerin su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Tarımsal üretimde verimliliğin artırılması ve su kayıplarının azaltılması koşuluyla yeşil su ayak izi en yüksek olan buğday bitkisinin ekiminin teşvik

edilmesi önerilmiştir (Muratoğlu, 2018). Muratoğlu (2019), 2010-2018 yılları için Yukarı Dicle Havzasında mavi, yeşil ve yıllık ortalama su ayak izi değerlerini sırasıyla 3.4x10⁹ m³ yıl⁻¹, 3.7x10⁹ m³ yıl⁻¹ ve 7.2x10⁹ m³ yıl⁻¹ olarak saptamıştır.

Muratoğlu (2020), Diyarbakır ilinde tarımsal

üretimin su ayak izinin mavi ve yeşil bileşenlerini sırasıyla $1.43 \times 10^6 \text{ m}^3$ ve $1.50 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tarımsal faaliyetlerde kullanılan mavi su oranının %49'a karşılık geldiği bildirilmiştir. Küresel ölçekte 1996-2005 yıllarında yapılan araştırmada tarımsal aktivitelerde yeşil su oranı %78, mavi su oranı %12 ve gri su oranı %10 olarak belirlenmiştir. Bu rakamlar, yeşil suyun küresel gıda üretimindeki önemini doğrulamaktadır. Mavi su ayak izinin fazla olduğu bölgeler genellikle kurak-yarı kurak bölgelerdir. Küresel olarak kuru tarımda su verimliliğini artırarak verim düzeyini dört katına kadar artırmanın mümkün olduğu belirtilmektedir. Ancak, kurak- yarı kurak bölgelerde mavi su uygulanmadığı takdirde, küresel olarak mevcut tahıl üretimi önemli ölçüde düşecektir (Mekonnen ve Hoekstra, 2011a, 2011b).

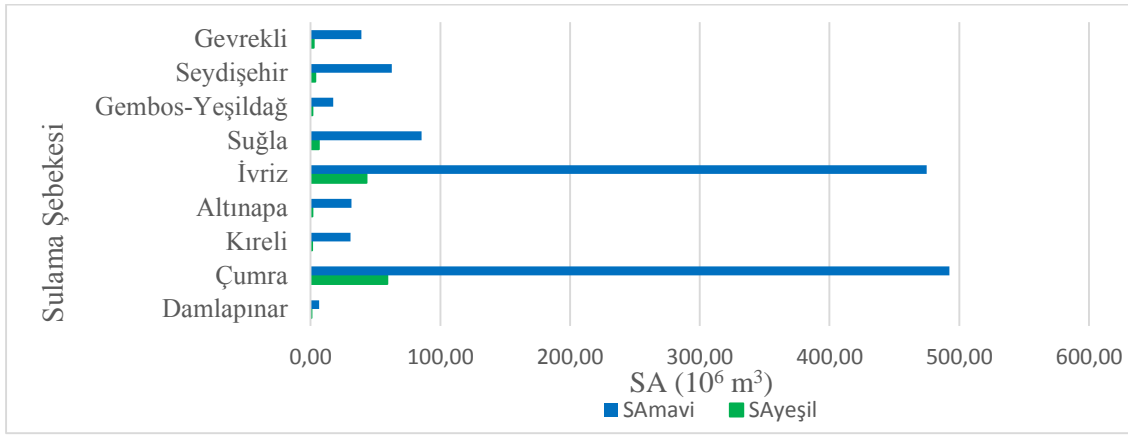
Yerli ve ark. (2019), Van ilinde yaptıkları çalışmada yörede yaygın olan yetiştirilen bitkilerin su ayak izi değerlerini hesaplamıştır. Araştırma sonucunda en yüksek su ayak izi yonca bitkisine ait olup $638\ 827\ 875 \text{ m}^3$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda su ayak izi yüksek olan yonca bitkisi yerine ekonomik değeri daha yüksek ve su ayak izi daha az olan ürünlerin yetiştirilmesi önerilmiştir.

Ülkemizde farklı bölgelerde farklı araştırmacılar tarafından yürütülen su ayak izi analizlerinde elde edilen sonuçlar yukarıda özetlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bitkisel üretimde mavi su ayak izi yeşil su ayak izine göre daha yüksek belirlenmiştir. Araştırma alanında elde edilen su ayak izi değerlerinin ülkemiz genelinde tespit edilen su ayak izi değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 8. Araştırma alanındaki sulama şebekelerine ait sanal su muhtevası ve su ayak izi değerleri

Table 8. Virtual water content and water footprint values of irrigation schemes in the research area

Sulama Şebekesi <i>Irrigation Scheme</i>	SSM _{yeşil} ($\text{m}^3 \text{ ton}^{-1}$) VWC_{green} ($\text{m}^3 \text{ ton}^{-1}$)	SSM _{mavi} ($\text{m}^3 \text{ ton}^{-1}$) VWC_{blue} ($\text{m}^3 \text{ ton}^{-1}$)	SA _{yeşil} (m^3) WF_{green} (m^3)	SA _{mavi} (m^3) WF_{blue} (m^3)	SA _{toplam} (m^3) WF_{total} (m^3)	SA _{toplam} (10^6 m^3) WF_{total} (10^6 m^3)
Damlapınar	3743.87	15711.4 2	605130.28	6492626.51	7097756.79	7.10
Çumra	1858.41	14323.7 6	59048617.84	492393320.21	551441938.05	551.44
Kireli	597.49	13071.3 0	1229623.61	30740255.93	31969879.54	31.97
Altınapa	64.00	1547.50	1299200.00	31414250.00	32713450.00	32.71
İvriz	819.50	9520.46	43052823.96	474925379.33	517978203.29	517.98
Suğla	1449.09	15004.4 2	6369017.49	85465157.25	91834174.74	91.83
Gembos-Yeşildağ	2591.01	24507.8 6	1295860.46	17361664.51	18657524.97	18.66
Seydişehir	1819.60	28503.2 3	3667063.84	62659332.65	66326396.49	66.33
Gevrekli	2147.26	29050.3 3	2408200.44	39076977.19	41485177.63	41.49
		Ortalama Average	13219504.21	137836551.5	151056055.72	151.06
		Toplam Total	118975537.9 2	1240528963.5 9	1359504501.5 1	1359.5



Şekil 5. Araştırma alanındaki sulama şebekelerine ait su ayak izi değerleri

Figure 5. Water footprint values of irrigation schemes in the research area

Öneriler

Dünyada son yıllarda iklim değişikliği nedeniyle tarımsal ürünlerde kayıplar yaşanmaktadır. Kuraklıktan etkilenen alanların ve kuraklığın şiddetinin önemli ölçüde artacağı ve 2050 yılında su kıtlığı yaşanacağı beklenmektedir. Bu noktada suyun verimli kullanımı gerekmektedir. Suyun verimli kullanımı için su ayak izinin azaltılması esastır. Genellikle gelişmiş ülkelerde su ayak izi değerleri daha düşük olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise yüksek su ayak izi değerleri, birim üretim için daha fazla su kullanımından kaynaklanmaktadır.

Bitkisel üretimde suyun verimliliğini arttırmak için su ayak izinde yağışlardan daha fazla yararlanmak ve yeşil su kullanım etkinliğini arttırmak gereklidir. Bu amaçla bitki deseninin değiştirilmesi ya da bitkilerin ekim-hasat takviminin yağışlardan yararlanılacak döneme getirilmesine yönelik ulusal/bölgesel araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Su kaynaklarının verimli kullanımının sağlanması için yeşil sudan daha fazla faydalanmaya ve mavi sudan tasarruf sağlamaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Yeşil su ayak izinin arttırılması, yağışlardan en üst düzeyde yararlanarak mümkün olabilir. Bu amaçla su hasadı tekniklerinin uygulanması ve uygun bitki deseni planlaması ile yağışlar toprakta tutulmalıdır.

Türkiye’de su kaynaklarının planlama ve yönetiminde su ayak izi göz önüne alınmalıdır. Kalkınma planlarında su yönetim strateji ve hedeflerinde su ayak izine yer verilmelidir. Su

ayak izini azaltmadan suyun verimli kullanımı mümkün değildir. Böylece hem su tasarrufu sağlanarak etkin su kullanımı gerçekleşecek hem de daha az su ile daha fazla mal ve hizmet üretilmiş olacaktır. İklim değişikliğinin Türkiye’yi etkilediği, kuraklık ve çölleşme belirtilerinin görüldüğü bir gerçektir. Bu durumda tarımda, yeşil su ayak izini arttıracak su verimliliği uygulamalarına önem verilmelidir.

Su ayak izini azaltmak, suyun verimli kullanımını sağlamak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak, tüm paydaşların ortak bir politika izlemesi ile mümkün olabilir. Türkiye’nin su kaynaklarına yönelik muhtemel riskler ve tehditler belirlenmeli ve bunları gidermeye/azaltmaya yönelik önlemler alınmalı, su ayak izi analizleri yapılmalı, kalkınma planlarında sektörlere yönelik stratejiler su politikaları ile bütünleştirilmeli, sektörlerde üretim zincirleri boyunca su kullanımı izlenmelidir.

Türkiye’de suyun verimli kullanımı için tüm sektörlerde su kayıplarının önlenmesi, yasal altyapının oluşturulması toplum bilincinin arttırılması gerekmektedir. Su verimliliğinin sağlanması için suya göre tarım, kayıpların kontrolü, su ayak izi, arıtılmış atık suların kullanımı gibi konularda ARGE çalışmaları teşvik edilmelidir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığı beyan ederiz.

Yazar Katkısı: Araştırmayı Belgin ÇAKMAK tasarlamış, Elifnaz TORUN ile birlikte yürütmüştür. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular Belgin

ÇAKMAK ve Elifnaz TORUN tarafından incelenmiş ve makale Belgin ÇAKMAK tarafından yazılmıştır.

Kaynaklar

Aküzüm, T., & Çakmak, B. (2008). Gıda güvenliği açısından su yönetiminin değerlendirilmesi. *Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, Y/47, (549), 55-63.

Anonim, 2022

DSİ 2021 Faaliyet Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Avanoz, Z. (2020). *Türkiye’de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplanması* (Master's thesis, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Avcı, S., Torun, E., Çolak, M.S. & Yıldırım, A.C. (2022). New approaches in agricultural water management: Water footprint. *7th Ankara International Congress on Scientific Research*, (pp. 278-284). 02-04 December 2022, Ankara, Turkey.

Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprints of nations.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological economics*, 60(1), 186-203.

Çakmak, B. (2016). *Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri: Küresel İklim Değişikliği ve Tarımda Su Kullanımına Etkisi* (pp. 197-227). Türkiye Çevre Vakfı Yayınları.

Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2011). İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 87-95.

Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water: An introduction. *Virtual water trade*, 13, 108.

Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2003). Virtual water trade. *International expert meeting on virtual water trade* (Vol. 12, pp. 1-244). December, 2003.

Iraz, E. (2021). *Fırat havzasının su ayak izinin hesaplanması* (Master's thesis, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

KTOM, (2022). *T.C. Konya Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Konya Tarımı*. Retrieved from: <https://konya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/konyatari m2022%2007062022.pdf>

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011a). National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption Volume 2: Appendices Value of Water Research Report Series No: 50. UNESCO-IHE, Netherlands.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011b). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth Systems Science*, 15, 1577–1600.

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.

Muratoğlu, A. (2018). Dicle Havzasının Su Ayak İzinin Hesaplanması. *1st International Potable Water and Waste Water Symposium*, (475-486). 06-07 December 2008, Afyonkarahisar, Turkey.

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.2019.10546>

Muratoğlu, A. (2020). Üretimin su ayak izinin incelenmesi: Diyarbakır ili için bir vaka çalışması. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(2), 845-85

UNICEF, (2017). *UNICEF Basın Bülteni*. Retrieved from: <https://www.unicef.org/turkiye/bas%C4%B1n-b%C3%BCltenleri/21-milyar-insan-temiz-i%C3%A7me-suyundan-bu-say%C4%B1n%C4%B1n-iki-kat%C4%B1ndan-fazlas%C4%B1-da-g%C3%BCvenli>

WWF Türkiye, (2014). *Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu*. Retrieved from: http://awsassets.wwfttr.panda.org/downloads/su_ay ak_izi_raporweb.pdf

Yerli, C., Üstün Ş., Kızıloğlu, F.M., Tüfenkçi, Ş., Örs, S. (2019). Van İlinde Silajlık Mısır, Patates, Şeker Pancarı ve Yoncanın Su Ayak İzi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 195-203.