



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

**Van İlinde Silajlık Mısır, Patates, Şeker Pancarı ve Yoncanın Su Ayak İzi**

**Caner YERLİ<sup>1\*</sup>, Üstün ŞAHİN<sup>2</sup>, Fatih Mehmet KIZILOĞLU<sup>2</sup>, Şefik TÜFENKÇİ<sup>1</sup>, Selda ÖRS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-posta: caneryerli@yyu.edu.tr

**Makale Bilgileri**

Geliş: 19.03.2019  
Kabul: 22.04.2019  
Online Yayınlanma 28.06.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.541890

**Anahtar kelimeler**

Mavi su,  
Su ayak izi,  
Van ili,  
Yeşil su

**Öz:** Su ayak izi kavramı, mal ve hizmetlerin üretiminde veya tedarikinde kullanılan tatlı su miktarı olarak tanımlanabilir. Bir bölgenin su ayak izinin değerlendirilmesi, temiz su kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve verimli kullanımını sağlayabilir. Ayrıca geleceğe yönelik daha iyi su yönetim planları ve stratejilerinin oluşturulmasına yardımcı olur. Bu çalışmada, Van ilinde yetiştiriciliği yapılan bazı önemli bitkilerin (silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yonca) mavi (sulama suyu) ve yeşil (yağış suyu) su ayak izleri hesaplanmıştır. Seçilen bitkilerin su ayak izlerinin hesaplanmasında kıştan arta kalan yağış, vejetasyon dönemindeki yağış ve evapotranspirasyon ile bu bitkilerin üretim alanları ve toplam üretim miktarları kullanılmıştır. Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yonca için 1 ton üretim başına gereken toplam su miktarı (mavi + yeşil) sırasıyla 147.4, 230.3, 120.0 ve 287.5 m<sup>3</sup>/ton olarak bulunmuştur. 2016 yılında silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın toplam üretimi için su ayak izi de sırasıyla 786 674, 1 537 022, 6 909 240 ve 638 827 875 m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

**Water Footprint of Silage Corn, Potato, Sugar Beet and Alfalfa in Van Province**

**Article Info**

Received: 19.03.2019  
Accepted: 22.04.2019  
Online Published 28.06.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.541890

**Keywords**

Blue water,  
Water footprint,  
Van province,  
Green water

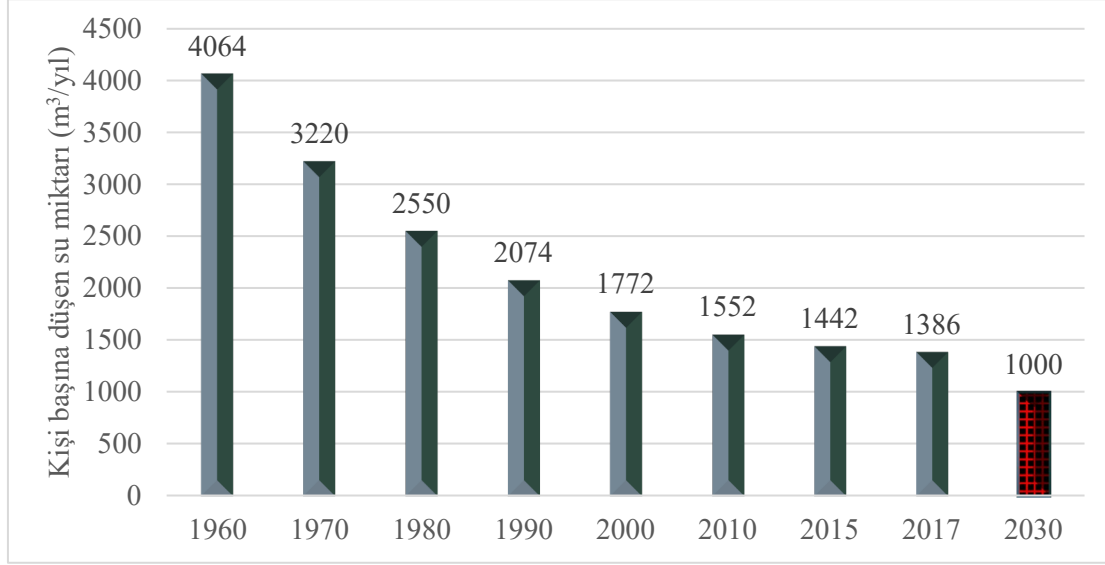
**Abstract:** The concept of water footprint can be defined as the amount of fresh water utilized in the production or supply of the goods and services. Evaluation of a region's water footprint can provide the sustainability and efficient use of clean water resources. Water footprint helps to create better water management plans and strategies for the future oriented. In this study, we calculated blue (irrigation) and green (precipitation) water footprint of some important crops (Silage corn, potato, sugar beet and alfalfa) in Van province. The remainder of winter precipitation, precipitation and evapotranspiration in vegetation period, total crop production of the region and total area were used to calculate water footprint of selected crops. In Van province, the total water (blue + green) required a ton for silage maize, potato, sugar beet and alfalfa was 147.4, 230.3, 120.0 and 287.5 m<sup>3</sup>, respectively. Total water footprint for 2016 was determined for silage maize, potato, sugar beet and alfalfa were as 786 674, 1 537 022, 6 909 240 and 638 827 875 m<sup>3</sup>, respectively.

**1. Giriş**

Artan su talebi karşısında küresel ısınma ve yanlış su kullanımından dolayı su kaynakları yetersiz kalmaktadır. Su ne kadar yenilenebilir bir kaynak olarak görülse de, sınırlı ve kıt bir kaynak olduğu ve ayrıca su sağlama maliyetlerinin yüksek olduğu unutulmamalıdır. Birleşmiş Milletler Gıda

ve Tarım Örgütü'ne göre Dünya'da yıllık tatlı su kullanımının 3928 km<sup>3</sup>/yıl olduğu ve bu suyun % 44'ünün tarım alanlarında kullanıldığı belirtilmiştir (FAO, 2017).

Türkiye, tarım için su kaynaklarının % 73'ünü kullanmaktadır (DSİ, 2017). Türkiye mevcut su kaynakları bakımından sorunsuz bir ülke olarak görülse de su potansiyeline bakıldığında su sıkıntılarının yaşandığı görülmektedir (Evsahibioglu ve ark., 2010). Türkiye'nin mevcut su kaynaklarının 2030 yılında önemli bir miktarda azalacağı ve dolayısıyla su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yer alacağı bildirilmiştir (Önder ve ark., 2008). Aküzüm ve ark. (2010), 2030 yılında Türkiye nüfusunun 100 milyonu aşacağını ve buna bağlı olarak kişi başına düşen su miktarının yılda yaklaşık 1000 m<sup>3</sup>'e düşeceğini öngörmektedir (Şekil 1). Su sıkıntılarının çözülmesi için özellikle tarımsal olmak üzere su kayıplarının önlenmesi ve havza bazlı su kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Türkiye'de yıllara göre kişi başına düşen su miktarı (Aküzüm ve ark., 2010).

Su ayak izi kavramı ilk olarak 2002 yılında UNESCO-IHE'de (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü-Su Eğitimi Enstitüsü) Arjen Hoekstra tarafından ortaya konulmuş (Hoekstra, 2003) daha sonra ise Twente Üniversitesi ile Water Footprint Network (Su Ayak İzi Ağı) tarafından geliştirilmiştir (Chapagain ve Hoekstra, 2004; Hoekstra ve Chapagain, 2008). Bir ürünün, içeriğindeki sanal su hacmini ifade eden su ayak izi, ürünü üretmek için atılan tüm işlemlerdeki su kullanımının toplamıdır (Gerbens-Leenes ve ark., 2012). Başka bir şekilde ifade edilecek olursa su ayak izi, bir mal veya hizmet elde etmek için gerekli olan su miktarının tüm süreç içerisindeki ölçümü veya bir ham maddenin işlenmesi sürecinden tüketime kadar geçen tüm zinciri kapsar (Chico ve ark., 2013; Turan, 2017).

Doğrudan ve dolaylı su tüketimini dikkate alması bakımından diğer su istatistiklerinden farklılık gösteren su ayak izi kavramı (Hoekstra, 2003), farklı alternatif süreçler ve ürünler hakkındaki bilgileri onaylayarak, daha iyi su yönetimi sağlamak amacıyla ortaya çıkarılmıştır (Morillo ve ark., 2015). Ayrıca su ayak izi sadece suyun hacmini değil suyun ne zaman ve nerede kullanıldığını ve suyun türünü de (yeşil, mavi ve gri) gösterir (Mekonnen ve Hoekstra, 2011). Hoekstra ve Mekonnen (2012), tarafından yeşil su ayak izi; bir ürün veya hizmet üretmek için tüketilen yağmur suyu, mavi su ayak izi; bir ürün veya hizmet üretmek için kullanılan yüzey üstü ve yer altı su kaynakları, gri su ayak izi ise; kirliliğin bertaraf edilmesi ya da azaltılması için kullanılan tatlı su hacmi olarak tanımlanmıştır.

Hoekstra ve Mekonnen (2012), 1996-2005 yılları arasında dünya geneli ortalaması olarak tarımsal, endüstriyel ve evsel su temininin 74'ünü yeşil suyun, % 11'ini mavi suyun ve % 15'ini gri suyun oluşturduğunu belirtmişlerdir. Shiklomanov (2000), Dünya'da tarımsal üretimin yaklaşık % 85'inin mavi su ayak izi tarafından karşılandığını bildirmiştir. Aslında bölge veya havzanın iklim özellikleri ile su kaynağının varlığı ve sulama eğilimlerine bağlı olarak bir bitki üzerindeki mavi, yeşil ve gri su ayak izi dağılımı değişebilmektedir (Paterson ve ark., 2015). Ayrıca insanların tüketim

alışkanlığına bağlı olarak ülkelerin veya bölgelerin su ayak izleri değişiklik gösterebildiği gibi bitkilerin su tüketimlerine göre de su ayak izi değişebilmektedir (Çizelge 1 ve 2) (Ercin ve ark., 2012).

Çizelge 1. Dünya ortalaması olarak bazı bitkilerin su ayak izleri (m<sup>3</sup>/ton) (Mekonnen ve Hoekstra, 2011).

Bitkiler	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam	Bitkiler	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam
Buğday	1 277	342	207	1 826	Kavun	5 087	56	41	5 184
Silajlık Mısır	947	81	194	1 222	Pamuk	2 282	1 306	440	4 028
Sorgum	2 857	103	87	3 047	Ispanak	118	14	160	292
Patates	191	33	63	287	Domates	108	63	43	214
Şeker Pancarı	82	26	25	133	Hıyar	206	42	105	353
Fasulye	320	54	188	562	Patlıcan	234	33	95	362
Badem	4 632	1 908	1507	8 047	Soğan	192	88	65	345
Ceviz	2 805	1 299	814	4 918	Muz	660	97	33	790
Zeytin	2 470	499	45	3 014	Limon	432	152	58	642
Ayçiçeği	3 017	148	201	3 366	Elma	561	133	127	821

Çizelge 2. Bazı ülkelerin 1996-2005 yılları arasında bitkisel üretimde ton başına ortalama su ayak izleri (milyar m<sup>3</sup>/ton) (Mekonnen ve Hoekstra, 2011).

Ülkeler	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam
Hindistan	716.0	231.4	99.4	1046.8
Çin	623.9	118.9	223.8	966.6
USA	612.0	95.9	118.2	826.1
Brezilya	303.7	8.9	16.0	328.6
Rusya	304.8	10.4	11.6	326.8
Endonezya	285.5	11.5	20.9	317.9
Nijerya	190.6	1.1	0.6	192.3
Arjantin	157.6	4.3	5.0	166.9
Kanada	120.3	1.6	18.2	140.1
Pakistan	40.6	74.3	21.8	136.7

Türkiye’de mal ve hizmetlerin üretimi için kullanılan temiz su kaynağının miktarı kişi başına 1977 m<sup>3</sup>/yıl olmakla beraber bu mal veya hizmetlerin üretiminde yurtdışına düşen su ayak izi oranı % 15’dir (Alper, 2015). Türkiye’de kişi başına düşen su ayak izi dünya ortalamasının % 20 üzerindedir (Turan, 2017). Türkiye’nin bitkisel üretimde ki mavi su ayak izi kullanımı diğer ülkelere göre daha yüksek, yeşil su ayak izi ise daha düşüktür. Bunun nedeni temiz su kaynaklarının aşırı tüketimi ve iklimsel etkilerden kaynaklanmış olarak görülse de su ayak izinin tam anlamıyla etkisinin anlaşılması için bölge ve havza bazlı su ayak izinin araştırılması gerekmektedir.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{İç Su Ayak İzi} & & \text{Dış Su Ayak İzi} & & \text{Tüketimin Su Ayak İzi} \\
 \boxed{121 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} & + & \boxed{19 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} & = & \boxed{-140 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} \\
 + & & + & & + \\
 \text{İhracat İçin Kullanılan Su} & & \text{İhracat İçin İthal Edilen Su} & & \text{İhracatın Su Ayak İzi} \\
 \boxed{18 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} & + & \boxed{5 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} & = & \boxed{-23 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} \\
 = & & = & & = \\
 \text{Üretimin Su Ayak İzi} & & \text{İthalatın Su Ayak İzi} & & \text{DENGE (SANAL SU BÜTÇESİ)} \\
 \boxed{139 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} & + & \boxed{24 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} & = & \boxed{-163 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}} \\
 & & & & \boxed{+163 \text{ milyon m}^3/\text{yıl}}
 \end{array}$$

Şekil 2. Türkiye’nin su ayak izi (WWF, 2014).

Türkiye'nin su ayak izi Dünya Doğayı Koruma Vakfı tarafından hesaplanmış ve rapor olarak sunulmuştur (WWF, 2014). Bu rapora göre Türkiye'ye ithalatla giren su ayak izinin ihracatla çıkan su ayak izine eşit olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Bu durum sanal su bütçesinin denkliliğini ifade etmektedir.

Bölgelerin su ayak izlerinin hesaplanması ile su kaynaklarının etkin kullanımı ve geleceğe yönelik su stratejileri geliştirilebilir. Su ayak izinin belirlenmesi ile özellikle suya uzak ve kurak bölgelerde sulama amaçlı yapılacak olan baraj ve sulama sistemleri yatırımlarının ekonomik olarak değerlendirilmesi yapılabilir (İlhan, 2011). Toplumda yeşil suyun etkin kullanılması ve mavi suyun korunması bilinci oluşturularak, sayısal rakamlarla konuşma imkanı sağlayan su ayak izi ayrıca iklim tipine uygun ve yeşil suyun etkin kullanıldığı ürün deseni oluşturma imkanı sağlayarak verimliliğin artmasına da katkıda bulunabilir. Ülkelerin su ayak izlerinin hesaplanması ile ihracat ve ithalatta sanal su ticaret rakamları belirlenerek, ne kadar suyun ihraç ve ithal edildiği ortaya çıkarılabilir. Bitkilerin su ayak izlerinin belirlenmesi ile hangi bitkinin ne kadar su tükettiği ve bitkilerin tükettiği su türü belirlenebilir. Değerlenen konular dikkate alınarak Van koşullarında yapılan bu çalışmada silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın mavi ve yeşil su ayak izleri hesaplanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Van ili 38 29' 39" Kuzey enlemiyle, 43° 22' 48" Doğu boylamında bulunmakta olup topraklarının büyük çoğunluğu orta bünyelidir (Tüfenkçi ve ark., 2009). Karasal iklimin hakim olduğu Van ilinin merkezinde bulunan Van Gölü iklimin yumuşamasına neden olmaktadır (Anonim, 2018). İlin uzun yıllar ortalaması yağış miktarı 387.2 mm ve aktif bitki üretim sezonundaki (Haziran-Temmuz-Ağustos) yağış miktarı toplamı 27.2 mm'dir (Anonim, 2017). Bu verilere göre, bitki üretim periyodunda yüksek verim elde edebilmek için sulamanın yapılması (mavi su kullanımı) gerekmektedir (Çakmakçı ve ark., 2016).

Su ayak izi hesaplanan bitkilerin 2016 yılı üretim miktarları ve alanları Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK, 2017), aylara göre evapotranspirasyon değerleri ve ekim-hasat dönemleri TAGEM ve DSİ (2016)'nin ortak çalışmasıyla çıkarılan "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketim Rehberi"nden alınmıştır. Van ilinin yağış değerleri Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiş (Anonim, 2017) ve her ay için etkili yağışlar CROPWAT programında USDA-SCS yaklaşımıyla belirlenmiştir. Aylık yağış miktarı 25 mm'nin altında ise yağışların tamamı etkili kabul edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Van ilinin bitkisel üretim periyodunda uzun yıllar yağış ortalaması ve etkili yağış değerleri.

	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Toplam yağış miktarı (mm)	55.9	45.8	18.1	5.4	3.7	13.6	46.8
Etkili yağış (mm)	50.9	42.4	18.1	5.4	3.7	13.6	43.3

Her bitki için vejetasyon periyodunda etkili yağış ve evapotranspirasyon değerleri dikkate alınarak mavi ve yeşil su ayak izleri Scheepers and Jordaan (2016)'ın belirttiği esaslara göre hesaplanmıştır. Yeşil su ayak izi hesaplanırken Çizelge 4'de verilen su tutma kapasitesine göre kıyıda arta kalan yağışlarda dikkate alınmıştır (Kanber, 2010). Araştırma materyali bitkilerin ortalama verimi, üretim miktarlarının üretim alanlarına oranlanması ile bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bitkilerin etkili kök derinlikleri (D) ve etkili kök derinliğinde toprakların su tutma kapasitesi (STK) ile ortalama verimleri.

Bitki	D (cm)	STK (mm/m)	Ortalama verim (ton/da)
Silajlık Mısır	90	140	3.884
Patates	60	95	2.714
Şeker Pancarı	90	140	5.734
Yonca	90	140	2.181

1 ton ürün için mavi veya yeşil su ayak izi hesaplanırken aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\text{Mavi veya yeşil su ayak izi (m}^3\text{/ton)} = \frac{\text{Mavi veya Yeşil Su Miktarı (mm)}}{\text{Bitkinin Ortalama Verimi (ton/da)}} \quad (1)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

Silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yonca bitkilerin hesaplanan aylık ve sezonluk su ayak izi değerleri (mm) Çizelge 5-8' de verilmiştir.

Çizelge 5. Silajlık mısırın su ayak izi.

Aylar	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Toplam
Gün sayısı	11	30	31	31	22	125 gün
ET (mm)	13.7	121.4	228.9	196.6	11.8	572.4
Etkili Yağış (mm)	15.1	18.1	5.4	3.7	5.9	48.2
Yeşil Su (mm)	13.7	18.1	5.4	3.7	5.9	46.8 + 140*=186.8
Mavi Su (mm)	-	-	186.8	192.9	5.9	385.6

\*Kıştan arta kalan yağış (mm), vejetasyon periyodu: 20 Mayıs - 13 Eylül

Çizelge 6. Patatesin su ayak izi

Aylar	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Ekim	Toplam
Gün sayısı	11	30	31	31	30	12	145 gün
ET (mm)	17.3	72.1	206.7	200.1	123.1	5.7	625.0
Etkili Yağış (mm)	15.1	18.1	5.4	3.7	13.6	16.8	72.7
Yeşil Su (mm)	15.1	18.1	5.4	3.7	13.6	5.7	61.6 + 95*=156.6
Mavi Su (mm)	-	-	162.5	196.4	109.5	-	468.4

\*Kıştan arta kalan yağış (mm), vejetasyon periyodu: 20 Mayıs - 12 Ekim

Çizelge 7. Şeker pancarının su ayak izi

Aylar	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Ekim	Toplam
Gün sayısı	31	30	31	31	30	2	155 gün
ET (mm)	34.3	103.6	216.7	207.8	125.0	0.9	688.3
Etkili Yağış (mm)	42.4	18.1	5.4	3.7	13.6	0.9	84.1
Yeşil Su (mm)	34.3	18.1	5.4	3.7	13.6	0.9	76.0 + 140*=216.0
Mavi Su (mm)	-	-	156.8	204.1	111.4	-	472.3

\*Kıştan arta kalan yağış (mm), vejetasyon periyodu: 1 Mayıs - 2 Ekim

Çizelge 8. Yoncanın su ayak izi

Aylar	Nisan	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Toplam
Gün sayısı	10	31	30	31	31	22	155 gün
ET (mm)	11.2	131.0	79.2	164.7	140.3	100.6	627.0
Etkili Yağış (mm)	17.0	42.4	18.1	5.4	3.7	10.0	96.6
Yeşil Su (mm)	11.2	42.4	18.1	5.4	3.7	10.0	90.8 + 140*=230.8
Mavi Su (mm)	-	-	9.7	159.3	136.6	90.6	396.2

\*Kıştan arta kalan yağış (mm), vejetasyon periyodu: 21 Nisan - 22 Eylül

Silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın 1 tonu ( $m^3/ton$ ) ve 2016 yılı toplam üretimleri için su ayak izi değerleri ( $m^3$ ) Çizelge 9'da verilmiştir.

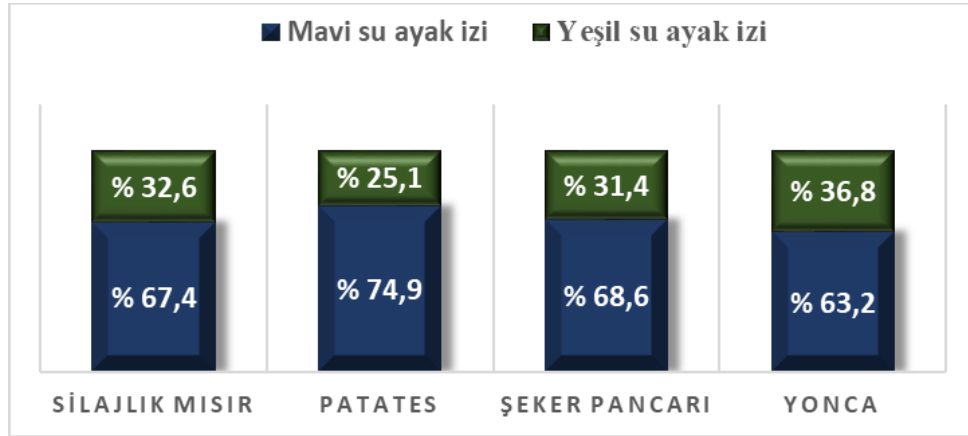
Çizelge 9. Van ilinde yetiştirilen silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın 1 tonu ve 2016 yılı toplam üretimleri için su ayak izleri.

	Mavi su ( $m^3/ton$ )	Yeşil su ( $m^3/ton$ )	Toplam ( $m^3/ton$ )
Silajlık mısır	99.3	48.1	147.4
Patates	172.6	57.7	230.3
Şeker pancarı	82.3	37.7	120.0
Yonca	181.7	105.8	287.5

	Mavi su ( $m^3$ )	Yeşil su ( $m^3$ )	Toplam ( $m^3$ )
Silajlık mısır	529 964.1	256 709.7	786 673.8
Patates	1 151 932.4	385 089.8	1 537 022.2
Şeker pancarı	4 738 587.1	2 170 652.9	6 909 240.0
Yonca	403 739 217.0	235 088 658.0	638 827 875.0

Su ayak izi değerlendirilen bitkiler arasında yeşil su kullanım etkinliği en fazla olan bitki yoncadır (% 36.8) (Şekil 3). Bunun sebebi, yoncanın diğer bitkilere göre vejetasyon periyodunun uzun olması ve buna bağlı olarak yağışlardan daha fazla yararlanması ile açıklanabilir. Patates bitkisi, diğer bitkiler arasında yeşil su etkinliği (% 25.1) en düşük olan bitkidir. Çünkü patates yüksek evapotranspirasyon miktarına (625 mm) karşılık yağışların yetersiz olduğu bir vejetasyon dönemine sahiptir. Bu yüzden patates ekiminin yağışların daha fazla olduğu bir dönemde yapılması, patatesin yeşil su ayak izini artıracaktır. Şeker pancarı, silajlık mısırdan bir ay daha fazla vejetasyon süresine sahip olmasına rağmen şeker pancarı ve silajlık mısırdan yeşil su kullanım yüzdesi neredeyse eşittir.

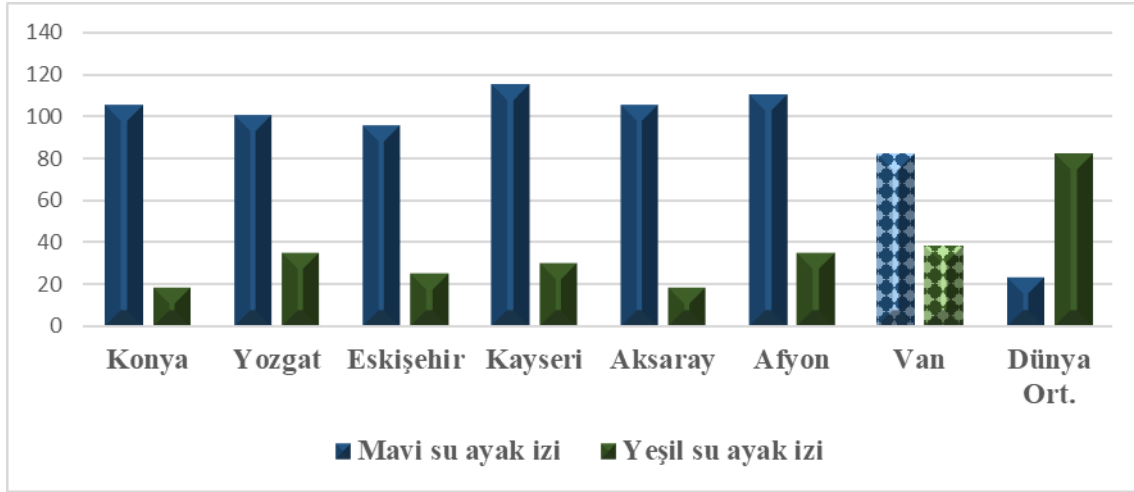


Şekil 3. Van ilinde yetiştirilen silajlık mısır, patates, şeker pancarı ile yoncanın mavi ve yeşil su ayak izi yüzdeleri

Araştırmada, patates ve şeker pancarının su ayak izleri Mekonnen ve Hoekstra (2011)'nin yapmış oldukları çalışmada ki mavi ve yeşil su ayak izleri toplamına ( $224$  ve  $108 m^3$ ) benzer bulunmuştur. Fakat yürütülen çalışma bulgularının aksine patates ve şeker pancarının yeşil su ayak izi Mekonnen ve Hoekstra (2011)'nin yapmış oldukları çalışmada daha yüksektir. Bu durum Van ilinde vejetasyon periyodunun daha kurak olmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir (Çizelge 3).

Patates için elde ettiğimiz su ayak izi değeri, Brown ve ark. (2009)'nın Fraser Bölgesi'nde bir ton patatesin su ayak izini  $264 m^3$  olarak bildirdikleri çalışma ile benzer bulunmuştur. Gerbens-Leenes ve ark. (2009), Hollanda, ABD, Brezilya ve Zimbabve için patatesin su ayak izi değerlerini sırasıyla  $72$ ,  $111$ ,  $106$  ve  $225 m^3$  olarak belirtmişlerdir. Patates için elde ettiğimiz su ayak izi değeri, Gerbens-Leenes ve ark. (2009)'nin Zimbabve'de elde ettiği değere daha yakın bulunmuştur. Patatesin yeşil su ayak izi dünya ortalamasının altında, mavi su ayak izi ise üstünde bulunmuştur (Çizelge 1).

Şeker pancarının Van ili için mavi ve yeşil su ayak izlerinin Türkiye'deki bazı şehirlerle ve dünya ortalaması ile karşılaştırması Şekil 4' de verilmiştir (WWF, 2014).



Şekil 4. Şeker pancarının Van ili için mavi ve yeşil su ayak izlerinin Türkiye'deki bazı şehirlerle ve dünya ortalaması ile karşılaştırması (WWF, 2014).

Van ilinde şeker pancarının mavi su ayak izi, Şekil 4.'de belirtilen şehirlerin mavi su ayak izlerinden daha düşük, yeşil su ayak izi ise Afyon ve Yozgat illerine benzer değerler almışken, diğer illerden daha büyüktür. Van ilinde şeker pancarının mavi ve yeşil su ayak izi toplamı, diğer şehirlere benzer bulunmuştur. Şekil 4.'de belirtilen diğer şehirlerde olduğu gibi Van Bölgesi'nde de şeker pancarının mavi su ayak izi, dünya ortalaması mavi su ayak izinden daha yüksek, yeşil su ayak izinden ise daha düşüktür.

Silajlık mısır için elde edilen su ayak izi değeri, Mubako ve Lant (2013)'ın 101 m³/ton bildirdikleri çalışmadan yüksek, Brown ve ark. (2009)'nın 199 m³/ton bildirdikleri çalışmadan düşük, Palhares ve ark. (2015)'nin 131 m³/ton ve Gerbens-Leenes ve ark. (2009)'nın 153 m³/ton bildirdikleri çalışmalar ile benzer bulunmuştur. Bölgelere göre silajlık mısırın mavi ve yeşil su ayak izi toplamının 263 ile 956 m³/ton aralığında olduğunu belirten Chiu ark. (2009), Dominguez-Faus ve ark. (2009) ve Clarens ve ark. (2010)'nın bulgularının aksine yürütülen çalışmada elde edilen su ayak izi değeri daha düşüktür. Ayrıca silajlık mısırın mavi su ayak izi dünya ortalamasına yakın, yeşil su ayak izi ise çok altında bulunmuştur (Çizelge 1).

Dota ve Theodossiou (2014), yoncanın yeşil su ayak izini 69 m³/ton ve mavi su ayak izini 169 m³/ton olarak bildirmişlerdir. Araştırmacıların yonca için elde ettiği mavi su ayak izi değeri Van ili ile benzerlik gösterirken, yeşil su ayak izi daha düşük bulunmuştur. Yonca için elde edilen su ayak izi değeri, Zotou ve Tsihrintzis (2017)'in yoncanın su ayak izini 298.9 m³/ton ile 302.2 m³/ton arasında olduğunu bildirdikleri çalışma ile benzer bulunmuştur.

#### 4. Sonuç

Su ayak izi değerlendirilen ürünlerin yeşil su kullanımı, dünya ortalaması altında olduğu için yeşil su kullanım etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Bunun için ürün deseninin değiştirilmesi veya yetiştirilen ürünlerin ekim-hasat tarihlerinin yağışlardan yararlanacak döneme denk getirilmesine yönelik araştırmalara ihtiyaç vardır. Su kaynaklarının etkin kullanımı için yeşil sudan daha fazla faydalanmaya, mavi suyu daha az kullanmaya yönelik çalışmaların yapılması su kaynaklarının etkinliğini artıracaktır. Ayrıca Van ilinde su ayak izi en yüksek olan yoncanın yerine su ayak izi daha az olan ve ekonomik değeri daha yüksek olan ürünlerin yetiştirilmesi tavsiye edilebilir. Özetlemek gerekirse, su ayak izi yaklaşımının, su kaynaklarının nicelleştirilmesinde çok yararlı olabileceği sonucuna varılabilir. Bu açıdan birim sudan elde edilen verimliliği açıklamaya yarayan su ayak izi kavramının değerlendirilmesi ve bölgelerin su ayak izlerinin hesaplanmasına yönelik araştırmaların yapılması ile daha kapsamlı bilgiler elde edilebilecektir.



## Kaynakça

- Aküzüm, T., Çakmak, B., & Gökalp, Z. (2010). Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (1), 67-74.
- Alper, F. (2015). *Sürdürülebilirlik Kavramı İçerisinde Su Ayak İzi: Tekstil Sektörü Örneği*. (PhD), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Anonim, (2017). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr> Erişim tarihi: 15.05.2017.
- Anonim, (2018). Van ili 2015 yılı Çevre durum raporu. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Van2015.pdf> Erişim tarihi: 12.02.2018.
- Brown, S., Schreier, H., & Lavkulich, L. M. (2009). Incorporating virtual water into water management: a british columbia example. *Water Resources Management*, 23 (13), 2681-2696.
- Chapagain, A. K., & Hoekstra, A. Y. (2004). *Water Footprints of Nations*. Value of Water Research Report Series. UNESCO-IHE, Netherlands.
- Chico, D., Aldaya, M. M., & Garrido, A. (2013). A water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products. *Journal of Cleaner Production*, 57, 238-248.
- Chiu, Y. W., Walseth, B., & Suh, S. (2009). Water embodied in bioethanol in the united states. *Environmental Science & Technology*, 43, 2688–2692.
- Clarens, A. F., Resurreccion, E. P., White, M. A., & Colosi, L. M. (2010). Environmental lifecycle comparison of algae to other bioenergy feedstocks. *Environmental Science & Technology*, 44, 1813–1819.
- Çakmakçı, T., Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş., & Okuroğlu, M. (2016). Van ili tarım alanlarında temiz ve atık su kaynaklarının yönetimi. *Yüzüncü Yıl Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (4), 662-667.
- Dominguez-Faus, R., Powers, S. E., Burken, J. G., & Alvarez, P. J. (2009). The water footprint of biofuels: a drink or drive issue? *Environmental Science & Technology*, 43, 3005 -3010.
- Dota, A., & Theodossiou, N. (2014, July). *Estimation of Green and Blue Water Footprint. Application in the Agricultural Sector of Karditsa Prefecture* Paper presented at the 12th International Conference, Skiathos Island, Greece.
- DSİ, (2017). Toprak ve Su kaynakları. <http://www.dsi.gov.tr> Erişim tarihi: 21.12.2017.
- Ercin, A. E., Aldaya, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2012). The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products. *Ecological Indicators*, 18, 392–402.
- Evsahibioglu, A. N., Çakmak, B., & Aküzüm, A. (2010, Ocak). *Su Yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınır aşan Sular* Paper presented at the TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye.
- FAO, (2017). Su İstatistikleri. <http://faostat.fao.org> Erişim tarihi: 12.11.2016.
- Gerbens-Leenes, P. W., Hoekstra, A. Y., & Van-der-Meer, T. H. (2009). The water footprint of energy from biomass: a quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecological Economics*, 68 (4), 1052-1060.
- Gerbens-Leenes, P. W., Van-Lienden, A. R., Hoekstra, A. Y., & Van-der-Meer, T. H. (2012). Biofuel scenarios in a water perspective: the global blue and green water footprint of road transport in 2030. *Global Environmental Change*, 22 (3), 764-775.
- Hoekstra, A. Y. (2003). *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. UNESCO-IHE, Netherlands.
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planet’s Freshwater Resources*. Oxford, UK: Blackwell.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2011). *Global Water Scarcity: The monthly Blue Water Footprint Compared to Blue Water Availability for the World’s Major River Basins*. Value of Water Research Report Series. UNESCO-IHE, Netherlands.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (9), 3232-3237.
- İlhan, A. (2011). *Yeni Bir Su Politikasına Doğru, Türkiye’de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler*. Sosyal Değişim Derneği, İstanbul, Türkiye.
- Kanber, R. (2010). *Tarla Sulama Sistemleri*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel yayınları, Adana, Türkiye.



- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey*. Value of Water Research Report Series. UNESCO-IHE, Netherlands.
- Morillo, J. G., Diaz, J. A. R., Emilio, C. E., & Pilar, M. P. (2015). linking water footprint accounting with irrigation management in high value crops. *Journal of Cleaner Production*, 87, 594-602.
- Mubako, S. T., & Lant, C. L. (2013). Agricultural virtual water trade and water footprint of us states. *Annals of The Association of American Geographers*, 103 (2), 385-396.
- Önder, S., Kanber, R., Ünlü, M., & Önder, D. (2008, Nisan). *Klasik ve modern sulama yöntemlerinin su kullanım randımanlarının incelenmesi*. Paper presented at the Sulama ve Drenaj Konferansı, Adana, Türkiye.
- Palhares, J. C. P., & Pezzopane, J. R. M. (2015). water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems. *Journal of Cleaner Production*, 93, 299-307.
- Paterson, W., Rushforth, R., Ruddell, B. L., Konar, M., Ahams, I. C., Gironas, J., & Mejia, A. (2015). Water footprint of cities: a review and suggestions for future. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7, 8461-8490.
- Scheepers, M. E., & Jordaan, H. (2016). Assessing the blue and green water footprint of lucerne for milk production in south africa. *Sustainability*, 8 (1), 49-57.
- Shiklomanov, I. A. (2000). Appraisal and assessment of world water resources. *Water International*, 25 (1), 11-32.
- TAGEM & DSİ. (2016). Türkiye’de sulanan bitkilerin bitki su tüketimi rehberi. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf> Erişim tarihi: 15.03.2017.
- TUİK, 2017. Tarım İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr> Erişim tarihi: 12.01.2017.
- Turan, S. E. (2017, Şubat). *Türkiye’nin su ayak izi değerlendirmesi* Paper presented at the 2. Uluslararası Su ve Sağlık Kongresi. Antalya, Türkiye.
- Tüfenkçi, Ş., Sönmez, F., & Şensoy, G. R. (2009). Van ili bağlarının beslenme durumlarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (4), 13-22.
- WWF, 2014. Türkiye’nin su ayak izi raporu. Su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi. <http://www.wwf.org.tr> Erişim tarihi: 7.12.2018.
- Zotou, I., & Tsihrintzis, V. A. (2017). The water footprint of crops in the area of mesogeia, attiki, greece. *Environmental Processes*, 4 (1), 63-79.