

Sulama Alanlarına Saptırılan Sulama Suyunun Yeterlilik Durumu: Çanakkale-Biga Bakacak Barajı Örneği

Canan DOĞAN¹ , İsmail TAŞ^{2*} 

¹Devlet Su İşleri 252. Şube Müdürlüğü, Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale

*Sorumlu Yazar: tas_ismail@yahoo.com

Geliş Tarihi: 06.03.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 28.03.2024 Kabul Tarihi: 01.04.2024

Öz

Dünyanın büyük bölümünde olduğu gibi Türkiye’de de su varlığı sınırlı ve yetersizdir. Bu nedenle her damla su dikkatli kullanılmalıdır. Yapılan bu çalışmada, Çanakkale-Biga Bakacak Barajı sulama alanına, Devlet Su İşleri’nce (DSİ) saptırılan sulama suyu yeterliliğinin son on yıllık dönemi (2012-2022) değerlendirilmiştir. Yıllar itibarıyla gerçekleşen ürün deseninden gidilerek bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları hesaplanarak her yıl için saptırılan sulama suyu miktarı ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca proje alanında öngörülen ürün deseni ile gerçekleşen ürün deseni de karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar ve incelemeler sonrasında projede alanında planlanan ürün deseninde çeltik bitkisi için %8 oranında ekiliş öngörülürken, dikkate alınan üretim döneminde gerçekleşen ürün deseninde bu oran sulama alanının %7.5-52.7’dir. Benzer şekilde mısır bitkisi de %5 olarak öngörülürken sulanan alanın %14.7-55.7’si arasında değişim sergilemiştir. 10 yıllık üretim periyodu dikkate alındığında çeltik bitkisinin evapotranspirasyon (ETc) değeri 674-821 mm; ayçiçeği 316-398 mm; domates 482-592 mm; fasulye 442- 541 mm; mısır 460-563 mm ve yonca 714-888 mm arasında değişim göstermiştir. DSİ tarafından 2012-2021 arası periyotta alana verilen sulama suyu miktarı, sulama alanının net sulama suyu ihtiyacının 1.54-2.72 katı, ortalama 2.05 katı (%105 daha fazla) olarak uygulandığı hesaplanmıştır. Brüt sulama suyu ihtiyacı üzerinden yapılan hesaplamada ise bu değerler 1.08-1.99 arasında değişmiş ve ortalama 1.35 katı (%35 daha fazla) olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, Bakacak barajı sulama alanına sulama suyunun ihtiyaç duyulandan daha fazla verildiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ürün deseni değişimi, sulama suyu yeterliliği, evapotranspirasyon

Sufficiency of Irrigation Water Diverted to Irrigation Areas: Case Study of Çanakkale-Biga Bakacak Dam

ABSTRACT

As it was in most of the world, water resources are limited and insufficient also in Turkey. Therefore, every drop of water should be used efficiently. In this study, the adequacy of the irrigation water diverted by the State Hydraulic Works (DSI) to the Çanakkale-Biga Bakacak Dam irrigation area was evaluated in the last ten-year period (2012-2022). The irrigation water needs of the plants were calculated based on the cropping patterns realized over the years and compared with the amount of irrigation water diverted for each year. Additionally, the predicted cropping pattern in the project area was compared with the actual cropping pattern. Present calculations and examinations revealed that while 8% paddy was planned, this rate was realized as 7.5-52.7%. Similarly, while maize was planned as 5%, it was realized as between 14.7-55.7%. Considering 10-year production period, the evapotranspiration (ETc) values were calculated as 674-821 mm for paddy; 316-398 mm for sunflower; 482-592 mm for tomato; 442- 541 mm for bean; 460-563 mm for maize and

714-888 mm for alfalfa. It was calculated that the amount of irrigation water given to the area by DSI in the period between 2012 and 2021 was 1.54-2.72 times the net irrigation water need of the irrigation area, with an average of 2.05 times (105% more). In the calculation made based on the gross irrigation water need, these values varied between 1.08-1.99 and were determined to be 1.35 times (35% more) on average. As a result of the research, it was determined that more irrigation water was supplied to the Bakacak dam irrigation area than needed.

Key words: Crop pattern change, irrigation water sufficiency, evapotranspiration.

GİRİŞ

Su kaynaklarını yönetmek aynı zamanda iklime uyum sağlamanın da anahtarıdır. Dolayısıyla entegre su kaynakları yönetimi yaklaşımları, iklim şoklarına hazırlanma ve bunlara karşı dayanıklılığın artırılması için bu tür çalışmaların yapılması önemlidir. Kuraklık ve buna bağlı olarak gerçekleşen ekosistem bozulmaları, su mevcudiyeti ve hakları konusunda var olan gerilimi daha da artırmaktadır. Çevresel bozulma, iklim değişikliği, barış ve güvenlik dinamikleri arasındaki etkileşimlerde kilit role sahiptir. Bu nedenle, su kaynaklarının yönetimi ve suyla bağlantılı ekosistemlerin sağlığının korunması, dünya ölçeğinde büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle hem iklime uyum hem de iklim kaynaklı afetlerin etkilerinin hafifletilmesi, sürdürülebilir yaşam ve üretim için hayati öneme sahiptir. Mevcut yapının korunması ve iyileştirilmesi için doğru yönetim planlamasına/araçlarına ve tüm ekosistemi kapsayan, yenilikçi dögüsel planlamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Taş ve Kırnak'ın (2011) yayınlamış oldukları çalışmada, Şanlıurfa ili koşullarında 6 farklı ampirik yöntemle ETC değeri hesaplanmış ve ölçülen evapotranspirasyon (ETa) değerine oranlayarak karşılama oranlarını hesaplamıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda Blaney-Criddle %62.9, FAO-Blaney-Criddle %125.9, Radyasyon %107.6, Penman %91.1, Hargreaves-Samani %72.3 ve FAO Pan %114.5 olarak hesaplanmıştır. Hesaplama dikkate alınan 6 ampirik yöntemden 3 tanesini kurak-yarı kurak iklim bölgesinden daha düşük (%8.9-37.1 oranda) tahmin ederken kalan 3 tanesi de daha yüksek (%7.6-25.9 oranında) tahmin etmiştir.

Aydoğdu (2020)'ya göre, GAP-Şanlıurfa'da sulama alanlarında mısır tarımı yapan çiftçilerin %78'den fazlası hali hazırda uygulanan sulama politikalarından memnun olmadığını ifade etmiştir. Ankete katılan üreticilerin %81'inin sulama sistemlerinin verim üzerinde etkili olduğu, %36 oranında katılımcının sulama sistemini mecburiyetten seçtiğini, %34'ünün sulamanın yeterliliğine tahmini olarak karar verdiğini ve %24'ünün ise ne kadar fazla sulama yapılırsa, o kadar fazla ürün alınır görüşünde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde sulamada suyun önemi anlaşılmış olup, sulama sistemleri konusunda sahada bilgi eksikliği ve yetersizliği olduğu ortaya konmuştur.

Ürün deseni, bitkiye dayalı endüstrinin gelişmesi için temel koşul olup, bölgesel tarımın sürdürülebilir kalkınması için çok önemlidir (Topak ve ark., 2003). Tarımsal üretimde ürün deseninin belirlenmesi ve optimize edilmesi tarımsal kalkınma unsurlarının başında gelmekte olup, karar vericilerin özellikle pazar talebine göre ürün desenini düzenlenmesi ve optimize etmesi büyük önem arz etmektedir (He ve ark., 2021). Bir proje sahasında ürün deseninin belirlenmesi ve optimizasyonu, karmaşık bir işlem olup çok boyutlu optimizasyon gerektiren bir durumdur. Su kaynakları, toplum, ekonomi, ekoloji ve çevre gibi birçok boyut birlikte ele alınmalıdır (Ji ve ark., 2021 ve Ren ve ark., 2021). Örneğin, ürün deseni ile su kullanım verimliliği, ekonomik verimlilik ve ekolojik çevre koşulları iyileştirilebilir (Garduño ve Foster, 2010, Song ve ark., 2014; He ve ark., 2021). Ayrıca, ekonomik kalkınma ile güzel bir ekolojik çevre arasındaki çelişki, aynı zamanda su kaynaklarının yetersizliği ile sosyal ve ekonomik kalkınma arasında ve ürün deseni optimizasyonundaki çeşitli boyutlar arasında farklı çelişkili ilişkiler bulunmaktadır (Brenner ve Hartl, 2021). Tarımın sürdürülebilir kalkınmasını teşvik etmek için, ürün deseni optimizasyonu sürecinde su kaynakları, toplum, ekonomi, ekoloji ve çevrenin çok boyutlu koordinasyonunun dikkate alınması gerekmektedir. Mevcut ürün deseni optimizasyon çalışmalarının büyük bölümü, ekonomik faydaların büyüme üzerine etkilerindeki etkilerine odaklanmaktadır (Li ve ark., 2022).

Mevcut su kaynakları gün geçtikçe kıtlasmakta ve buna bağlı olarak da suyun değeri her geçen gün daha da artmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının kullanımı daha verimli şekilde olmalıdır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda meydana gelen kuraklıklar mevcut suyun çok daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle başta tarımsal üretimde kullanılan sulama suları olmak üzere suyun kullanıldığı tüm sektörlerde gerekli önlemler alınarak suyun tasarruflu kullanımı ivedilikle sağlanmalıdır. Yapılan bu çalışmada da tarımsal sulamada kullanılan sulama suyunun, bitki ihtiyaçları ile karşılaştırılarak yeterlilikleri değerlendirilmiştir. Sulama alanlarında sulama suyu yeterliliği üzerine yapılan çalışmalar yaygın şekilde "Sulama Performans Göstergeleri" başlığı altında daha çok şebeke yeterliliği üzerinde durmaktadır. Hazırlanan bu çalışmada, su kaynağı Biga'daki Bakacak barajı olan Biga Ovası Sulama Birliği sulama alanında, saptırılan suyun yetiştirilen bitkiler dikkate alınarak yeterliliği incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler ışığında su

kullanımı ve yönetimi konusunda önemli bilgiler elde edilmiştir. Özellikle DSİ tarafından saptırılan sulama suyunun yeterlilik durumu ayrıntılı olarak ortaya konmuştur.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırma Alanı Özellikleri

Araştırma, Biga ovasının bir bölümünü oluşturan Bakacak Barajı sulama alanında (Biga Ovası Sulama Birliği sulama sahasında) yürütülmüştür. Bakacak barajı sulama sahası, Biga Ovasının bir bölümü olup ilçenin 10 km kuzey batısında yer almaktadır. DSİ tarafından yapılan etütlere göre Biga ovası 323 070 da alanı kaplamaktadır. Bakacak barajı sulama alanı ise bunun yaklaşık %30.6'nı (9870 ha) oluşturmaktadır. Baraj, ilçe merkezine kuş uçuşu yaklaşık 20 km mesafede batısında Kocaçay çayı üzerine 1991-1999 yılları arasında inşa edilmiştir. Araştırma alanı DSİ toprak etütlerine göre üst ve alt toprak profilin ağır bünye olarak tanımlanmış olup arazi sınıflaması Çizelge 1'de verilmiştir (DSİ, 1985). Sulama alanının %86.91'i sulanabilir arazilerden oluşmaktadır (Şekil 1). Baraj gövdesi toprak dolgu tipinde olup talvegden yükseklik 45.5 m, temelden yükseklik 55.6 m dir. Normal su kotunda göl alanı 5.84 km², depolama hacmi 96569 hm³, ölü hacmi 9000 hm³ tür (Taş ve ark., 2023).

Çizelge 1. Sulama alanı arazi sınıflaması.

Proje Öncesi							
Alan	Sulanabilir Alan				Geçici Olarak Sulanamaz Alan (5. Sınıf)	Sulanamaz Alan (6. Sınıf)	Genel Toplam
	1	2	3	Toplam			
Dekar	2750	47270	18520	68540	21430	8730	98700
Yüzde	2.79	47.89	18.76	69.44	21.71	8.85	100
Proje Sonrası							
Alan	Sulanabilir Alan				Geçici Olarak Sulanamaz Alan (5. Sınıf)	Sulanamaz Alan (6. Sınıf)	Genel Toplam
	1	2	3	Toplam			
Dekar	4520	59850	21410	85780	4190	8730	98700
Yüzde	4.58	60.64	21.69	86.91	4.25	8.84	100

Bakacak barajı sulama tesisleri 1999 yılında işletmeye açılmış, 1995 yılında kurulan Biga Ovası Sulama Birliği'ne devredilmiştir. Ana su iletim kanalı 77 144 m olup klasik beton kaplamalıdır. Cazibe sulamasında 55 405 m klasik beton kaplamalı yedek kanal, 159 753 m borulu yedek kanal ve 94 853 m beton kaplamalı tersiyer kanal mevcuttur. Sistemde 29 486 m ana boşaltım kanalı, 55 852 m yedek boşaltım kanalı ve 66 664 m tersiyer boşaltım kanalı mevcuttur.



Şekil 1. Bakacak Barajı ve sulama alanı uydu görüntüsü

İklim Özellikleri

Sulama alanında geçiş iklimi özelliği (Karadeniz ve Akdeniz karışımı) görülmektedir. Çalışma alanına ait uzun yıllık iklim verileri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Ayrıca çalışma periyoduna ilişkin ölçülen iklim parametrelerinin ortalama değerleri de aynı çizelgede sunulmuştur. Uzun yıllık gözlem sonuçlarına göre en yağışlı ay Ocak ve en kurak ay ise Ağustos ayıdır. Çalışmada dikkate alınan dönemde de benzer şekilde en yağışlı ay Ocak, en kurak ay ise Ağustos ayı iken, son 2 yıldır en yağışlı ay Nisan – Mayıs en kurak ay ise Ağustos ayı olduğu belirlenmiştir. Yıllık yağış toplamının ortalaması ise 691,3 mm olarak belirlenmiştir (MGM, 2023).

Çizelge 2. Çalışma alanına ait uzun yıllık (1959-2023) iklim verileri

Aylar	Tort (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Ort. Nem (%)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Yağış Ort. (mm)
I	5.4	18.5	-5.4	79.9	2.1	95
II	6.0	20.3	-4.7	77.3	2.2	78
III	8.1	23.5	-2.7	75.2	2.1	70
IV	12.4	27.6	1.0	71.5	1.8	57
V	17.2	31.8	5.1	70.6	1.6	40
VI	21.7	35.5	10.1	65.6	1.7	33
VII	23.8	36.1	13.0	64.0	2.1	16
VIII	23.6	35.6	12.9	66.0	2.2	14
IX	19.8	33.8	8.8	69.0	1.9	42
X	15.3	29.2	4.1	75.3	1.8	76
XI	11.0	24.5	-0.2	79.1	1.7	80
XII	7.7	19.8	-3.1	80.0	1.9	109
2012-2021						
I	6.0	19.6	-5.2	85.8	2.4	92
II	7.2	21.7	-3.5	84.7	2.6	65
III	9.5	24.3	-2.3	80.1	2.5	61
IV	13.2	28.2	2.1	73.9	2.2	54
V	18.1	32.8	6.1	76.2	2.2	49
VI	22.5	35.8	10.5	71.9	2.5	41
VII	24.7	36.3	13.2	69.0	3.0	13
VIII	25.2	35.8	13.5	69.5	3.2	12
IX	21.3	35.6	9.7	71.0	2.7	41
X	16.2	30.0	5.2	80.2	2.3	92
XI	12.2	25.7	1.5	84.4	2.3	60
XII	7.5	20.3	-2.4	87.1	2.3	99

METOT**Bitki Su Tüketimi**

Çalışma kapsamında bitki su tüketimi FAO Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Ülkeden ülkeye farklı isimlendirilen bu yöntem, potansiyel su tüketimi yerine referans bitki su tüketimi kavramını kullanmakta olup FAO56-PM olarak adlandırılarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Kobak ve Taş, 2021; Koç ve Güner, 2005; İlhan ve Utku, 1998; Allen, 1994).

Bu yöntemde referans bitki su tüketimi;

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma_0} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma_0} \frac{900}{T + 275} u_2 (e_a - e_d)$$

Eşitlikte;

ET_0 = Referans evapotranspirasyon (mm/gün); δ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C); γ_0 = Modifiye psikrometrik sabite (kPa/°C); P = Atmosfer basıncı (kPa); R_n = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m² gün); R_a = Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon (MJ/m² gün); R_s = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon (MJ/m² gün); R_{ns} = Kısa dalgalı net radyasyon (MJ/m² gün); R_{nl} = Uzun dalgalı net radyasyon (MJ/m² gün); $f(e_d)$ = Buhar basıncı fonksiyonu; e_d = Hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı ortalaması (kPa); e_a = Hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı ortalaması (kPa); G = Zemin ısı değişim yoğunluğu (MJ/m²gün); T = Sıcaklık

(OC); u_2 = Ortalama 2 m yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s); γ = Psikrometrik sabit (kPa/°C); RH = Bağıl nem ortalaması (%)'dir.

Sulama Suyu İhtiyacı

Çalışma alanında çok sayıda bitki yetiştirilmekte olup her bir bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarı büyüme mevsimi boyunca farklı olup 10 günlük olarak hesaplanan Kc katsayıları kullanılarak her bir bitkinin bitki su tüketim değerleri hesaplanmıştır. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde hesaplanan bitki su tüketim değerlerinden yağış değerleri çıkartılarak belirlenmiştir (Yıldırım, 2004).

$$dn = ETc - P$$

dn= Sulama suyu ihtiyacı (mm)

ETc= Bitki su tüketimi (mm)

P= Yağış (mm)

Kuraklık Analizi

Bitki kök bölgesindeki nem, nispeten kısa bir zaman diliminde yağışa bağlı olarak değişkenlik gösterir. Akarsular, su depolama yapıları ve yeraltı suları uzun vadeli yağış anomalilerini yansıtır. Araştırma alanının kurak dönemlerinin belirlenmesi bu açıdan önemlidir. Biga meteoroloji istasyonuna ait 1959 yılından itibaren ölçülmeye başlanmış yağış verileri kullanılarak (eksik veriler de çevre istasyon verilerinden tamamlanmıştır) Standardize Yağış İndisi (SPI) yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında hidrolojik kurak dönemleri belirlemek için 12 aylık SPI sonuçları dikkate alınmıştır. SPI hesaplamasında McKee ve ark., (1993) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır. SPI analizi kuraklık ve nemlilik sınıflandırmasının sınır değerleri Çizelge 3'de gösterilmiştir. Hesaplama ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO, 2012) tarafından yayımlanan kendinden kalibrasyonu olan program kullanılmıştır. SPI Çalışma kapsamında, kurak dönemler şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak belirlenmiş ve çalışmada dikkate alınan 2012-2021 dönemi sonuçlarına yer verilmiştir.

$$SPI = \frac{x_i - x_j}{\sigma}$$

Eşitlikte SPI: Standardize Yağış İndisi; x_i : Mevcut Yağış; x_j : Ortalama Yağış ve σ : standart sapma

Çizelge 3. SPI Kuraklık/Nemlilik sınıflandırması (McKee et al., 1993)

Standart Yağış İndisi	Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 - 1.99	Çok nemli
1 - 1.49	Orta düzeyde nemli
0.5 - 0.99	Normale yakın nemlice
-0.499 - 0.499	Normal
-0.5 - -0.99	Normale yakın kurakça
-1 - -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.5 - -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

Veri Toplama

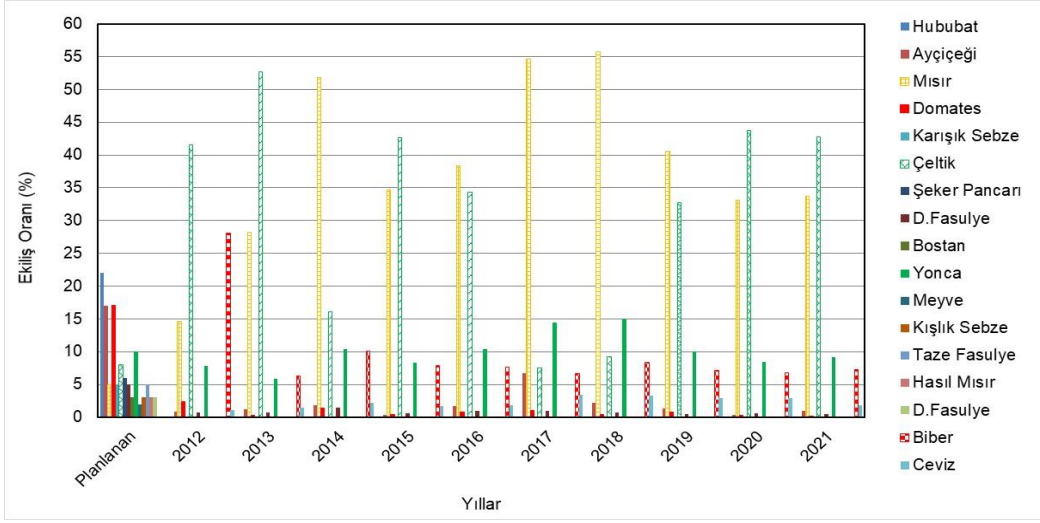
Bazıları DSİ ve Biga Ovası Sulama Birliği kayıtlarından ve bazıları da DSİ'nin 1985 yılında tamamlamış olduğu Biga Bakacak Projesi Planlama Raporundan ihtiyaç duyulan veriler temin edilmiştir. 2012-2021 yılları arası 10 yıllık dönem içinde Biga Ovası Sulama Birliği sulama alanında gerçekleşen bitki desenlerinden faydalanılarak evpotranspirasyon, net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları hesaplanmıştır. Ayrıca, sulama alanına saptırılan su miktarı da DSİ verilerinden temin edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

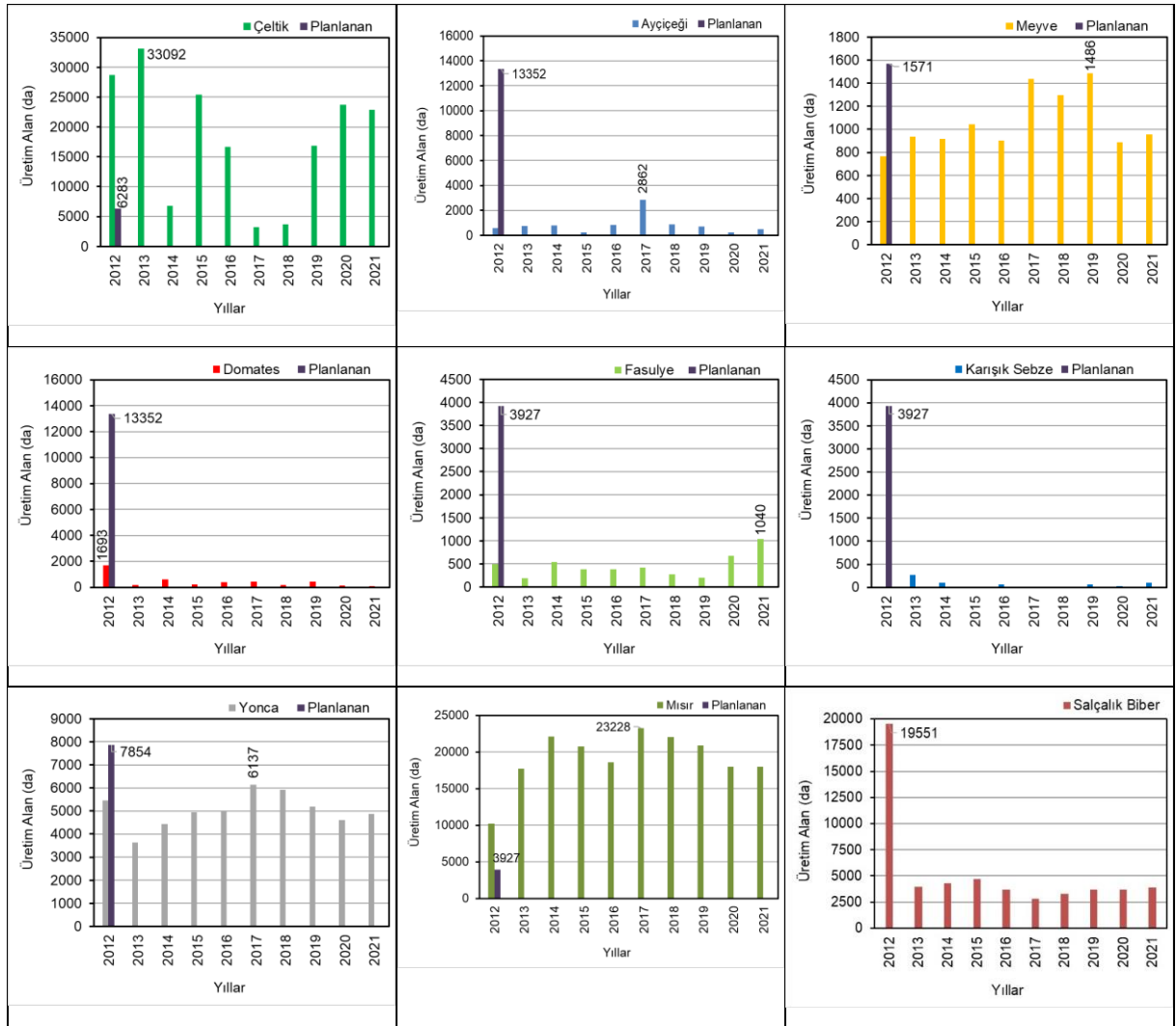
Ürün Desenindeki Değişim

Sulama alanı için planlama aşamasında öngörülen ürün deseninin hemen hemen hiç oluşmadığı belirlenmiştir. Şekil 2'de planlama aşamasında öngörülen ürün deseni ve incelemeye alınan dönemdeki ürün desenindeki değişim gösterilmektedir. Planlanan ürün deseninde salçalık biber ve ceviz öngörülmezken gerçekleşen ürün deseninde söz konusu bitkilerin üretildiği belirlenmiştir. Sulama alanında ağırlıklı olarak üretimi yapılan ayçiçeği, salçalık biber, domates, fasulye, meyve, mısır, yonca, çeltik ve karışık sebze bitkilerinin 2012-2021 yılları arasındaki ekim/dikimindeki değişim Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 2 ve 3 birlikte

incelendiğinde salçalık biber üretimi 2012 yılında 19551 da iken bu değer 2013-2021 yılları arasında ortalama 3779 da alana gerilemiştir. Salçalık biber üretimindeki değişim değişen piyasa koşulları ve buna bağlı olarak getirisindeki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayçiçeği üretimi planlanan ürün deseninden 13352 da (%17) olarak öngörülmüşken 208-2862 da alanda üretim yapılmıştır.



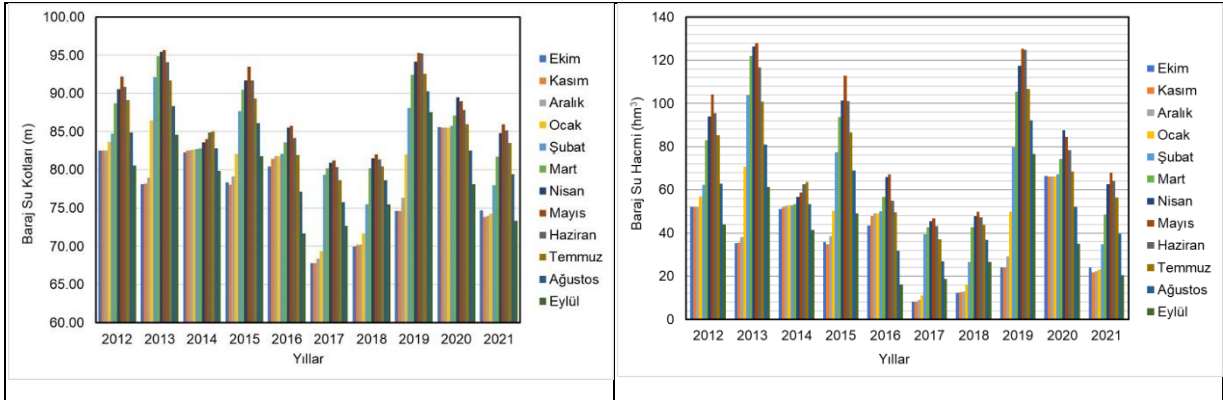
Şekil 2. Planlanan ve gerçekleşen ürün deseni



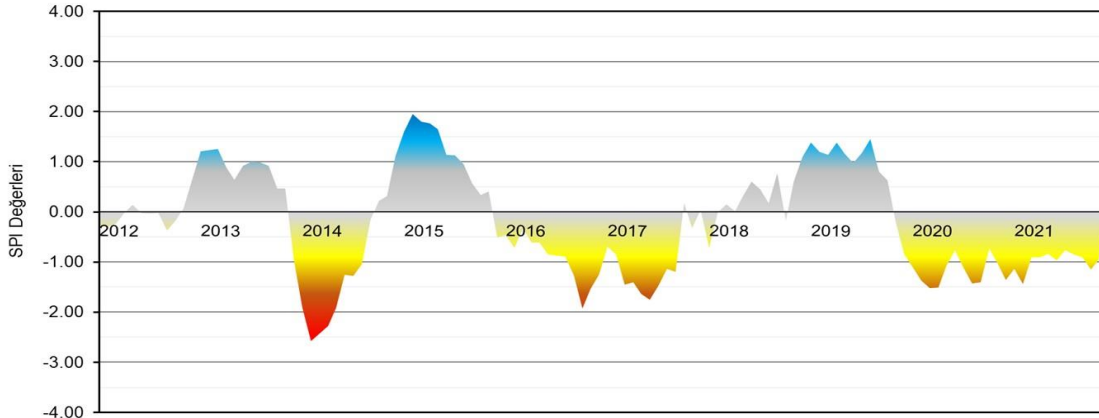
Şekil 3. Sulama alanında üretilen başlıca bitkiler ve üretim alanlarındaki değişim

Benzer şekilde domates için planlanan üretim alanı 13352 da (%17) iken gerçekleşen ürün deseninde 75-1693 da arasında değişim göstermiştir. Fasulye planlamada 3927 da iken yıllar içerisinde 187-1040 da alanda üretimi gerçekleştirilmiştir. Mısır da fasulye gibi planlamada 3927 da iken üretimde bu değer çok üzerinde ürün deseninde yer almıştır. Mısır 10218-23228 da alan arasında üretimi yapılmıştır. Özellikle 2017-2018 üretim yıllarında 23228 ve 22052 da alanda üretim yapılmıştır. Benzer şekilde karışık sebze planlamada 3927 da iken gerçekleşen ürün deseninde en fazla 273 da'a çıkabilmiş ortalama 65 da olarak gerçekleşmiştir. Yonca planlamada 7854 da iken 3637-6137 da alan arasında değişken ortalama 5022 da alanda üretim yapılmıştır. Sulama sahasında meyve üretimi olarak %2'lik (1571 da) pay ayrılmış olup en fazla 1468 da alana kadar çıkabilmiştir. Sulama sahasında en fazla değişim gösteren bitki çeltik olmuştur. Proje kapsamında planlanan çeltik üretimi 6283 da (sulama alanının %8'inde) iken sadece 2017 (3187 da) ve 2018 yıllarında (3675 da) planlanan miktarın altına inmiştir. Diğer yıllarda en düşük planlanan alana yakın yani 6832 da alanda üretilirken 2013 yılında 33092 da'a kadar yükselmiş olup ortalama 21780 da alanda üretimi yapılmıştır. 2017 ve 2018 yıllarında çeltik üretim döneminde barajda yeterli suyun olmaması nedeniyle ekime izin verilmemiştir. Şekil 4'den de görüleceği gibi söz konusu yıllarda barajda depolanan su miktarı 2017 yılı mayıs ayı başında 46 milyon m³ iken bu rakam 2018 yılında 49 milyon m³ olarak depolanmıştır. Barajda depolanan su miktarının yetersizliği nedeniyle çeltik ekimine izin verilmemiştir. Söz konusu yıllarda bireysel yeraltı su kuyusu olan üreticiler ve damla sulama ile üretim yapan üreticilere çeltik üretim izni verilmiştir.

Sulama alanını temsil edebilecek özelliklere sahip Biga meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış verilerine SPI yöntemi kullanılarak yapılan kuraklık analizi sonucunda araştırma periyodundaki 2014, 2016, 2017, 2020 ve 2021 yılları orta ve şiddetli kuraklık yaşamıştır (Şekil 5). 2018 yılında ise hafif kuraklık meydana gelmiştir. Bu nedenle söz konusu dönemlerde baraj rezervuarında yeterli miktarda su depolanamamıştır. Ekim desenindeki değişimler dikkate alındığında hidrolojik kuraklığın etkili olduğu özellikle 2016 da başlayan ve 2018'e kadar devam eden dönemde çeltik üretimi düşmüştür. Ancak ikinci ürün mısır üretiminde artış meydana gelmiştir. Bunun nedeni barajda depolanan suyun ikinci ürün mısır üretimi için yeterli olacağı değerlendirilerek üretime izin verilmesidir.



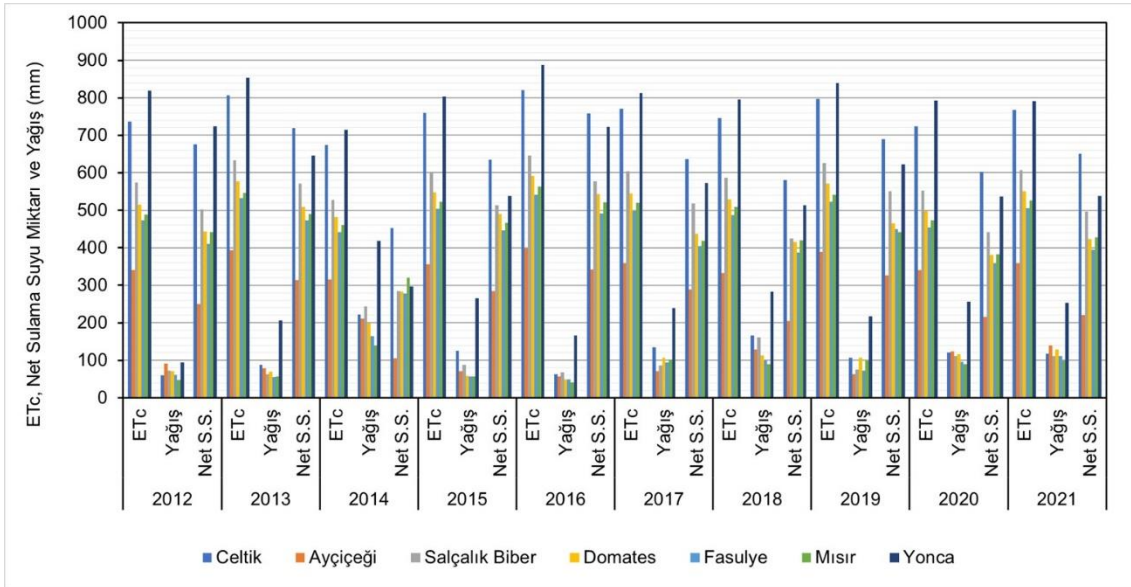
Şekil 4. Araştırma döneminde barajdaki su kotlarındaki ve depolamadaki değişim



Şekil 5. Araştırma döneminde oluşan hidrolojik kurak dönemler.

Evapotranspirasyon ve Sulama Suyu İhtiyacı

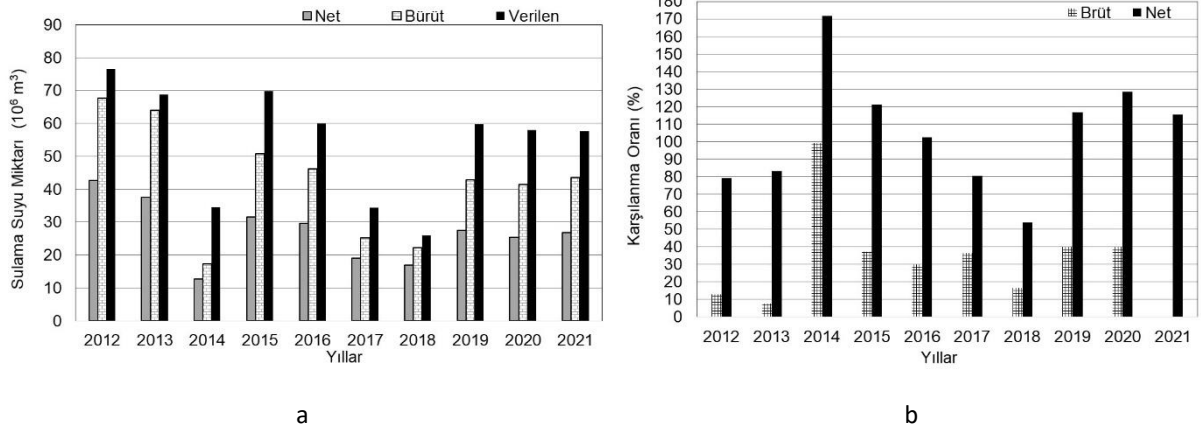
Araştırma kapsamında proje sahasında üretilen çeltik, ayçiçeği, salçalık biber, domates, fasulye, mısır ve yonca bitkilerinin dikkate alınan üretim periyodundaki evapotranspirasyon, net sulama suyu miktarları ve etkili yağış değerleri Şekil 6'da sunulmuştur. Şekilden de görüleceği gibi en yüksek evapotranspirasyon değeri ve dolayısıyla da net sulama suyu miktarı yonca ve çeltik bitkilerinde hesaplanmıştır. Bunları salçalık biber, domates, mısır, fasulye ve ayçiçeği bitkileri izlemektedir. Proje sahasında ayçiçeği üretiminde sulama yapılmaktadır. Bitkilerin evapotranspirasyon değerleri çeltik 674-821 mm ve ortalama 760 mm; ayçiçeği 316-398 mm ve ortalama 358 mm; salçalık biber 528-646 mm ve ortalama 596 mm; domates 482-592 mm ve ortalama 541 mm; fasulye 442- 541 mm ve ortalama 496 mm; mısır 460-563 mm ve ortalama 515 mm; yonca 714-888 mm ve ortalama 811 mm arasında değişim göstermiştir. Sulama suyu ihtiyaçları da çeltik 453-758 mm ve ortalama 640 mm; ayçiçeği 105-342 mm ve ortalama 255 mm; salçalık biber 284-578 mm ve ortalama 488 mm; domates 284-542 mm ve ortalama 439 mm; fasulye 278-492 mm ve ortalama 409 mm; mısır 320-522 mm ve ortalama 433 mm; yonca 296-725 mm ve ortalama 571 mm olarak hesaplanmıştır. Bitkilere göre değişimle birlikte etkili yağış değerleri ise en düşük ikinci ürün mısırdaki 41 mm ve en yüksek 418 mm ile yonca bitkisinden hesaplanmıştır. Hesaplanan evapotranspirasyon değerlerinden etkili yağış miktarları çıkartılarak net sulama suyu miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 6 Araştırma dönemi için hesaplanan bazı bitkilerin evapotranspirasyon, net sulama suyu miktarı ve etkili yağış değerlerindeki değişim

Verilen Sulama Suyu Miktarı ve Yeterliliği

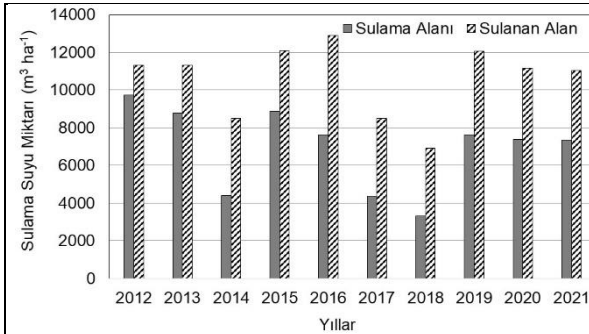
Çalışma alanı için değerlendirmesi yapılan 2012-2021 yılları arasında DSİ tarafından sulama alanına verilen sulama suyu miktarları, net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları Şekil 7a'da verilmiştir. İncelenen tüm üretim yıllarında hesaplanan brüt sulama suyunun oldukça üzerinde sulama suyunun şebekeye verildiği belirlenmiştir. Yıllar itibariyle şebekeye verilen sulama suyu miktarları incelendiğinde en düşük 2018 yılında $26 \times 10^6 \text{ m}^3$ su şebekeye bırakılmıştır. En fazla sulama suyunun şebekeye bırakıldığı yıl ise 2012 yılı olup şebekeye $76.42 \times 10^6 \text{ m}^3$ su verilmiştir. On yıllık dönemde ortalama $54.53 \times 10^6 \text{ m}^3$ sulama suyu şebekeye verilmiştir. Verilen sulama suyunun ihtiyacı karşılama oranları ise Şekil 7b'de gösterilmiştir. Söz konusu şekil incelendiğinde kurak yıllarda dahi tüm dikkate alınan üretim döneminde ihtiyacın üzerinde sulama suyunun sağlandığı belirlenmiştir. Brüt sulama suyu ihtiyacı üzerinden en düşük karşılama oranı 2013 yılında ihtiyacın %7.69 fazlası şebekeye verilmiştir. 2014 yılında ise en fazla sulama suyu şebekeye verilmiş olup ihtiyacın %99.05 fazlası şebekeye verilmiştir. On yıllık dönemde şebekeye verilen ortalama sulama suyu miktarı %35.20 daha fazla olacak şekilde verilmiştir.



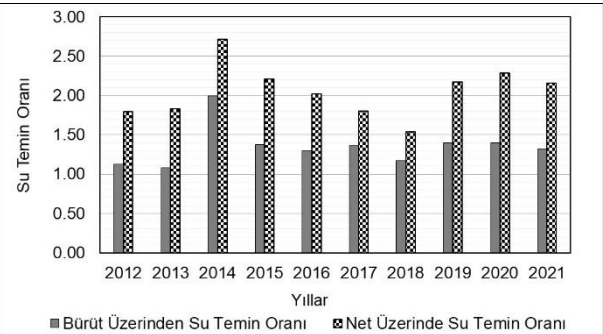
Şekil 7 Araştırma dönemi için hesaplanan net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları (a) ve verilen sulama suyunun ihtiyacı karşılama yüzdeleri (b)

Sulama Suyu Miktarının Sulanan Alana ve Sulama Alanına Oranı

Dikkate alınan 2012-2021 üretim dönemine ilişkin olarak sulama alanına verilen sulama suyu miktarı 53.949783 – 171.749468 x 10⁶ m³ arasında değişirken ortalama 105.278049 x 10⁶ m³ sulama suyu 10 yıllık üretim döneminde şebekeye verilmiştir. Projede sulama alanı net 7854 ha olarak planlanmıştır. Ancak dikkate alınan 10 yıllık üretim döneminde 3758-6750 ha ve on yıllık ortalama 5048 ha olarak gerçekleşmiştir. Sulama şebekelerinin performans göstergelerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan sulama suyunun sulama alanı ve sulanan alana oranları çalışma alanı için de hesaplanmıştır. Yıllar itibarıyla sulama alanına ve sulanan alana verilen sulama suyu miktarlarının karşılaştırması Şekil 8’de gösterilmiştir. Proje toplam sulama alanı dikkate alındığında hektara verilen sulama suyu miktarı 3310-9730 m³ ve ortalama 6943 m³ iken sulanan alan dikkate alındığında 6919-12905 m³ ve ortalama 10583 m³ olarak sulama suyu verilmiştir. Net ve brüt sulama suyu ihtiyaçları üzerinden su temin oranları hesaplanmış ve Şekil 9’da sunulmuştur. Net sulama suyu ihtiyacı dikkate alındığında su temin oranları 7.54-2.72 arasında olup 10 yıllık ortalama ise 2.05 olarak hesaplanmıştır. Brüt sulama suyu ihtiyacı üzerinden yapılan hesaplamada ise su temin oranı 1.08-1.99 arasında değişmiş ve ortalama 1.35 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8 Birim sulanan alana ve sulama alanına verilen sulama suyu miktarı



Şekil 9 Toplam su temin oranı ve net su temin oranı

TARTIŞMA

Sarı (2010) çalışmasında, planlanan ve gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyaçları ile şebekeye alınan aylık su miktarları verilerini karşılaştırmış 2005 ve 2006 yıllarının Mayıs ve Eylül aylarında planlanan ve gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyaçlarından çok daha fazla suyun şebekeye alındığı bildirmiştir. 2005 yılında sırasıyla Mayıs ve Eylül ayında planlanan ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 1.55-3.24 x 10⁶ m³ iken gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 0.93-1.14 milyon m³ olmuş ancak şebekeye 8-11.48 x 10⁶ m³ su alınmıştır. 2006 yılında sırasıyla Mayıs ve Eylül ayında planlanan ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 1.29-3.77 x10⁶ m³, gerçekleşen ürün desenine göre aylık brüt sulama suyu ihtiyacı 1.16-1.11 x 10⁶ m³ olmasına karşın şebekeye 7.11-9.90 x 10⁶ m³ su

verilmiştir. Chote (2020) sulanan birim alana iletilen yıllık sulama suyu miktarını $7317 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sulama birim alanına iletilen yıllık sulama suyu miktarını $4644 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olarak hesaplamıştır.

Çiftçi ve Değirmenci (2022) çalışma alanları için sulama suyu miktarının sulanan alan ve sulama alanına oranlarını hesaplamışlardır. Yapılan hesaplamalara göre 2013-2017 yılları arasında $2678\text{-}17715 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ arasında değişirken, ortalama değer $9913 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'dir. Eliçabuk ve Topak (2016) ise çalışma alanlarında 2008-2013 yıllık sulama suyu miktarını $2.577\text{-}5.273 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olarak tespit etmişlerdir.

Gençoğlu ve Değirmenci (2019) çalışma alanları için sulama suyu miktarının sulanan alan ve sulama alanına oranlarını hesaplamışlardır. 2008 ve 2013 yıllarında sırasıyla birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı $3735 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve $16651 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı $5496 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve $13684 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, yıllık su temini oranı 0.70 ve 1.42 olarak rapor edilmiştir.

Taş ve Kızıloğlu (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada, sulama şebekesinde net su sağlanma oranını Mayıs-Eylül ayları için 2014 yılında 1.83-4.43; 2015 yılında 2.04-3.94; 2016 yılında 2.58-6.70; 2017 yılında 1.53-3.97 ve 2018 yılında ise 1.98-4.34 arasında hesaplamışlardır. Harman ve Çakmak (2023) Sakaryabaşı Sulama Birliği sulama alanında yaptıkları çalışmalarında yıllık su temini oranı, 0.97-1.49; Değirmenci ve ark. (2003) GAP bölgesinde bulunan 12 sulama şebekesinin 1997-2001 arası dönemdeki su temin oranı 1.00-5.90; Cin ve Çakmak (2017) Beypazarı Başören Sulama Kooperatifinde 1.98 ve Cengiz ve Uçar (2021), Acıpayam Sulama Birliğinde 0.59-1.19 arasında hesaplamışlardır. Tekiner ve Beyribey (2010), Salihli Sağ Sahil Sulama şebekesindeki bütün yedeklerde net su temin oranının (STO) 2.5'den büyük, toplam STO'nun ise 1'den büyük olduğunu, proje alanına gerekenden fazla su saptırıldığı ve bunun da proje sulama randımanını (%28.3) olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER


Bakacak barajı sulama şebekesinin projelendirmesinde evapotranspirasyon değerleri Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanmış ve bu hesaplama üzerinden sulama şebekesi boyutlandırılmıştır. Taş ve Kırnak (2011) çalışmasında, Blaney-Criddle yöntemi ile hesaplanan ETC değerinin ölçülen ET değerine oranlandığında %37.1 oranında daha düşük hesapladığı belirtilmektedir. Bu yöntem bazı bölgelerde gerçek değerden oldukça fazla sapmalara neden olabilmektedir (Kodal ve ark. 1988). Ayrıca, işletmeden kaynaklanan (sayaçlı borulu şebeke yerine açık kanal sulama sisteminin olması, üreticilerin yanlış sulama alışkanlıkları, uygun sulama sistemi, tasarımı ve işletilmesinin yapılmaması gibi) sorunlar ve üreticilerin planlanan ürün deseninin dışına çıkarak özellikle çeltik üretiminde hatalı sulama uygulamaları en önemli etkili faktörler arasında yer almaktadır. Öte yandan yapılan hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda şebekeye verilen sulama suyu miktarı net sulama suyu ihtiyacına oranlandığında ihtiyacın %53.95-171.75 oranında, ortalama da %105.28 oranında fazla verildiği hesaplanmıştır. Brüt sulama suyu üzerinden %7.69-99.05 oranında ve ortalama da %35.20 oranında daha fazla sulama suyunun şebekeye verildiği hesaplanmıştır. İfade edilen nedenler de dikkate alındığında sulama şebekesini kullanan üreticilerin sıklıkla dile getirdikleri şebekeden yeterli sulama suyu alamamaları şikayetlerine neden olan en önemli faktör sulama zamanı planlamasının yapılmaması/yetersiz olması ve özellikle de gece sulamalarının az ya da hiç olmaması olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu sulama şebekesinde sulama suyu yetersizliğinden şikayet eden üreticilerin sorunlarının çözülmesi ve aynı zamanda da sulama suyu israfının önlenmesi için sulama şebekesinin DSİ'nin son yıllarda uygulamaya koyduğu referans evapotranspirasyon hesaplamasında ASCE Standardize Penman-Monteith yöntemine dayalı olarak ETC değerlerinin hesaplanarak boru çaplarını belirlenmesi ve şebekenin tamamen borulu şebekeye çevrilmesi ile çözüme kavuşturulabilir. Aynı zamanda üreticilerin tarla içi sulamalarda yağmurlama, damla, mobil damla veya uygun alanlarda yüzey altı damla sulama sistemlerini kullanarak sulama uygulamaları yapmaları da gerekmektedir. Gelecek için öngörülen sıcaklık artışları, ürün deseni değişiklikleri ve artan talepler de dikkate alındığında Bakacak Barajı'na depolanan suyun yeterliliğinin sağlanması ve amaçlanan yararları ulaşılması ve de ülkelerin en önemli bağımsızlık göstergelerinden biri olan gıda güvenliğinin (güvenirliliği ve yeterliliği) sağlanması için ivedi şekilde gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Biga ovası Türkiye'nin çeltik üretiminde en büyük 4. üreticisi konumundadır. Ova, Türkiye'nin pirinç ihtiyacının karşılanmasında ve özellikle de pirinç ithalatını azaltılmasında büyük öneme sahiptir. 2014, 2017 ve 2018 yılları gibi kurak yıllarda üretimin sürdürülebilir şekilde devamlılığının sağlanması için mutlaka su tasarrufu sağlayan sulama yöntemleri ve modern tarım tekniklerinin birlikte kullanılması gerekmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Canan GÖKHAN  <http://orcid.org/0009-0002-7183-796X>

İsmail TAŞ  <http://orcid.org/0000-0003-0872-2529>

KAYNAKLAR

- Allen, R.G. 1994. An Update for The Calculation of Reference Evapotranspiration, ICID Bull, 43(2), s.35-92.
- Aydoğdu, M. H. 2020. Çiftçilerin Tarımsal Sulamalarda Su Kullanım Davranışları Üzerine Bir Araştırma: Şanlıurfa Örnekleme. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 19(74), 602-610.
- Brenner, B., Hartl, B., 2021. The perceived relationship between digitalization and ecological, economic, and social sustainability. J. Clean. Prod. 315 (5), 128128.
- Cengiz, A., Uçar, Y., 2021. Acıpayam Sulama Şebekesi Performansının Değerlendirilmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi. 3(1): 22-2
- Chote, B. H. (2022). Boyalıca pompaj sulamasında sulama performansının değerlendirilmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cin, S., Çakmak, B., 2017. Assessment of Irrigation Performance in Başören Irrigation Cooperative Area of Beypazarı, Ankara. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, 34 (2), 10-19.
- Çiftçi Ş, Değirmenci H 2022. Sulama Performans Göstergeleri ve TOPSİS Yöntemi ile Asi Havzası Sulama Birliklerinin Analizi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (1): 169-180.
- Değirmenci, H., Buyukcangaz, H., Kuşçu, H., 2003., Assessment of Irrigation Schemes with Comparative Indicators in the Southeastern Anatolia Project. Turkish Journal of Agriculture and Forestry Vol. 27 (2003) 293-303.
- Eliçabuk C, Topak R 2016. Gevrekli Sulama Birliği'nde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 3(2):191-199.
- Garduño, H., Foster, S., 2010. Sustainable groundwater irrigation : approaches to reconciling demand with resources. Strategic Overview Series Number 4. Sustainable Groundwater Management Contributions to Policy Promotion. The GW•MATE Strategic Overview Series is published by the World Bank, Washington D.C., USA.
- Gençoğlu M, Değirmenci H 2019. Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği Örneği. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 436-443.
- Harman, E., Çakmak B., 2023. Sakaryabaşı Sulama Birliğinde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(2), 320-330.
- He L., Du Y., Wu S., Zhang Z., 2021. Evaluation of the agricultural water resource carrying capacity and optimization of a planting-raising structure. Agricultural Water Management, 243 (106456), ISSN 0378-3774. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106456>.
- İlhan, Aİ, Utku M., 1998. GAP Sulama Alanında Bitki Su Tüketimi ve Bitki Su Gereksinimi. Tarım Orman Meteorolojisi 98 Sempozyumu, 21-23 Ekim 1998, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ji, J.; Wang, S.; Zhou, Y.; Liu, W.; Wang, L. Spatiotemporal Change and Coordinated Development Analysis of "Population-Society-Economy-Resource-Ecology-Environment" in the Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration from 2000 to 2015. Sustainability 2021, 13, 4075. <https://doi.org/10.3390/su13074075>
- Kobak O, Tas I., 2021. İkinci Ürün Silajlık Mısırdaki Dinamik Sulama Programının Verim ve Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (1), 49-57.
- Koç A.C., Güner Ü., 2005. Mevcut Sulama Projelerinin FAO Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi. Tavas Ovası Örneği, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (009), 93-106.
- Kodal, S. Yıldırım Y E., Akgün M., 1988. Çeltik Bitkisi Su Tüketimi ve Sulama Suyu ihtiyacının Hesaplanması. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı Cilt 39, No: 1-2, Ankara.
- Li, L., Zhou Y., Li M., Cao K., Tao Y., Liu Y., 2022. Integrated modelling for cropping pattern optimization and planning considering the synergy of water resources-society-economy-ecology-environment system. Agricultural Water Management, 271 (107808). ISSN 0378-3774. doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107808.
- Mckee, T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993 The relationship of drought frequency and duration to time scales. AMS 8th Conference on Applied Climatology (January): 179–184. DOI: citeulike-article-id:10490403.
- Ren, C., Zhi X., Yu Z., Wei X., Wang Y., Sun D., 2021. An improved interval multi-objective programming model for irrigation water allocation by considering energy consumption under multiple uncertainties. J. Hydrol. 602, 126699, 2021.

- Sarı, T., 2010. Balıkesir ve Gönen Ovaları Sulama Sistemlerinin Performanslarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Balıkesir, 2010.
- Song, C.J., Qiang L.I., Wang Y.L., 2014. A Review on Ecological and Environmental Effects of Agricultural Land Drainage Ditches. *Mord. Agric. Sci. Technol.*
- Taş, C. S., & Kızıloğlu, F. M., 2022. Erzincan Altınada Sulama Şebekesinin Performansının Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(11), 2224–2231.
- Taş, İ., Kırnak, H., 2011. Yarı Kurak İklim Bölgelerinde Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Ampirik Modeller. *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011; 8(1): 57 - 66.
- Tekiner, M., Beyribey M. (2010). Yüzey sulama sistemlerinde sulama işletmeciliği model yaklaşımı. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 62-69.
- Topak, R., Acar, B., Kara, M., Çiftçi, N., & Şahin, M. (2003). Çumra ve Çumra Ova Sulama Birlikleri sulama şebekelerinde yeni işletme şeklinin performans göstergelerine etkileri. II. Ulusal Sulama Kongresi, Aydın.
- WMO, 2012. Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization.