BLANEY & CRİDDLE YÖNTEMİ KULLANILARAK YARI KURAK – KURAK İKLİM KOŞULLARINDA REFERANS EVAPOTRANSPİRASYONUN TAHMİN EDİLMESİ: VAN ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Selçuk USTA
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, susta@yyu.edu.tr
ORCID No: 0000-0001-8970-7333

Özet

Dünyadaki mevcut su kaynaklarının doğru yönetimi ve geleceğe dönük kullanımlarının önceliklendirilmesi amacıyla yürütülen çalışmalarda temel veri olarak kullanılan referans evapotranspirasyon (ET_o), standart Penman & Monteith (PM) yöntemi FAO-56 modifikasyonu ile yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir. Ancak, bu yöntemin hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı ve solar radyasyon gibi daha çok bölge ve şehir merkezlerinde devamlı ve düzenli olarak ölçülebilen çok fazla sayıda giriş değişkenine ihtiyaç duyması kırsal bölgelerdeki kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, kırsal bölgelerde kolay ölçülebilir veya temin edilebilir daha az sayıda giriş değişkenine ihtiyaç duyan bazı ampirik modeller kullanılarak ET_o'ın tahmin edilmesi yoluna gidilmektedir. Bu çalışmada, enlem ve hava sıcaklığına dayalı olarak ET_o tahminlerinde kullanılan Blaney & Criddle (BC) yönteminin Van koşullarındaki kullanılabilirlik – güvenilirlik düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Meteoroloji yer gözlem istasyonundan temin edilen 2024 yılı Nisan – Ekim dönemi günlük iklim verileri kullanılarak yapılan testler kapsamında, bu yöntemle tahmin edilen ET_o değerleri FAO-56 PM yöntemi ile belirlenen ET_o değerleriyle karşılaştırılmıştır. BC yönteminin tahmin performansı ortalama mutlak hata (MAE), ortalama mutlak göreceli hata oranı (MAPE), karekök ortalama karesel hata (RMSE) ve Nash–Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) yaklaşımlarından faydalanılarak değerlendirilmiştir. FAO-56 PM yöntemi kullanılarak belirlenen ET_o değerleri 1.38 – 9.08 mm gün^{-1} arasında değişmiştir. BC yöntemi ile 2.80 – 6.51 mm gün^{-1} arasında değişen ET_o değerleri tahmin edilmiştir. Bu yöntem kullanılarak, Nisan – Ekim dönemi boyunca ortalama %82.56 (MAE= 0.64 mm gün^{-1}, MAPE= %17.44, RMSE= 0.84 mm gün^{-1}, NSE= 0.73) doğruluk oranına sahip günlük ET_o değerleri tahmin edilmiştir. BC yöntemi, yöre koşullarında hava sıcaklığının maksimum düzeylere ulaştığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında diğer aylara göre daha yüksek performans sergilemiştir. Bitki su tüketiminin maksimum düzeylere ulaştığı bu aylarda FAO-56 PM yöntemi için gerekli olan verilerin tamamının ölçülemediği veya temin edilemediği durumlarda, sadece hava sıcaklığı verilerine ihtiyaç duyan BC yönteminin alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güvenilirlik Analizi, Hava Sıcaklığı, Referans Evapotranspirasyon, Tahmin Modeli.

ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN SEMI-ARID AND ARID CLIMATE CONDITIONS USING THE BLANEY & CRIDDLE METHOD: CASE STUDY OF VAN

Assoc. Prof. Dr. Selçuk USTA
Van Yüzüncü Yıl University Van Vocational School, Department of Construction, susta@yyu.edu.tr
ORCID No: 0000-0001-8970-7333

Abstract

Reference evapotranspiration (ET_o), which is used as basic data in studies conducted to ensure the proper management of existing water resources worldwide and to prioritise their future use, can be estimated with high accuracy using the standard Penman & Monteith (PM) method FAO-56 modification. However, the fact that this method requires a large number of input variables, such as air temperature, relative humidity, wind velocity and solar radiation, which can be measured continuously and regularly in more urban areas and city centres, limits its use in rural areas. Therefore, in rural areas, the estimation of ET_o is often carried out using some empirical models that require fewer input variables which are easily measurable or available. This study aims to determine the usability – reliability level of the Blaney & Criddle (BC) method, which is used for ET_o estimation based on latitude and air temperature, under the Van conditions. Within the scope of the tests conducted using daily climate data from the April – October period of 2024 obtained from the meteorological ground observation station, the ET_o values estimated by this method were compared with the ET_o values determined by the FAO-56 PM method. The estimation performance of the BC method was evaluated using mean absolute error (MAE), mean absolute percentage error (MAPE), root mean square error (RMSE), and the Nash–Sutcliffe efficiency coefficient (NSE). The daily ET_o values determined using the FAO-56 PM method ranged between 1.38 – 9.08 mm day^{-1}. Similarly, the daily ET_o values estimated using the BC method ranged between 2.80 – 6.51 mm day^{-1}. Using this method, daily average ET_o values with an average accuracy of 82.56% (MAE= 0.64 mm day^{-1}, MAPE = 17.44%, RMSE = 0.84 mm day^{-1}, NSE = 0.73) were estimated for the April – October period. The BC method demonstrated higher performance during June, July, and August—when air temperatures reach their maximum levels in the region—compared to other months. During these months when plant water consumption reaches its maximum levels, it was concluded that the BC method, which requires only temperature data, can be used as an alternative in cases where all the data needed for the FAO-56 PM method cannot be measured or obtained.

Keywords: Reliability Analysis, Air Temperature, Reference evapotranspiration, Estimation Model.

1. GİRİŞ

Hidrolojik döngünün yağıştan sonra en önemli ikinci unsuru olan evapotranspirasyon (ET), yeryüzüne düşen yağışın toprak ve su yüzeylerinden gerçekleşen evaporasyon (buharlaşma) ve bitki yüzeylerinden gerçekleşen transpirasyon (terleme) yolu ile atmosfere geri iletilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzüne yağış ile düşen suyun yaklaşık üçte ikisini atmosfere geri ileten ET, hidrolojik döngünün en karmaşık ve doğrudan ölçülmesi en zor olan bileşenidir (Dorigo ve ark., 2021; Elnashar ve ark., 2021). Belirli bir bölge için ET kayıplarının bilinmesi hidrolojik, tarımsal ve çevresel sistemlerin tasarımında, geliştirilmesinde ve izlenmesinde ihtiyaç duyulan en önemli bileşendir (Senay ve ark., 2013; Peker ve ark., 2021).

Kara yüzeyleri ile atmosfer arasındaki kütle ve enerji alışverişinde çok önemli bir role sahip olan ET, lizimetre sistemleri kullanılarak doğrudan ve en gerçekçi şekilde ölçülebilmektedir. Bunun yanında, ET'nin referans evapotranspirasyona (ET_o) dayalı olarak tahmin edilmesi yaklaşımı da sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yaklaşımda referans çim bitkisi için çeşitli ampirik yöntemler kullanılanak tahmin edilen ET_o, bitki özelliklerini yansıtan ve büyüme mevsimi uzunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösteren bir bitki katsayısı (K_c) ile düzeltilerek ET yüksek doğrulukla tahmin edilmektedir (Allen ve ark., 1998).

İlk defa Penman (1948) tarafından oluşturulan ve zaman içerisinde Monteith (1965) tarafından bazı sabiteler eklenerek geliştirilen Penman & Monteith (PM), günümüzde ET_o tahminlerinde en çok kullanılan yöntemdir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 1998 yılında çim bitkisine uyarlanarak PM eşitliği FAO-56 modifikasyonu (FAO-56 PM) adı altında en güncel versiyonu oluşturulan bu yöntem, dünya genelinde standart ET_o tahmin yöntemi olarak kabul edilmektedir. FAO-56 PM yöntemi kullanılarak gerçeğe en yakın ET_o değerlerinin tahmin edilebildiği dünya genelinde farklı iklim ve çevre koşullarında gerçekleştirilen çok sayıda çalışma ile ortaya koyulmuştur (Allen ve ark., 1998; Jacobs ve ark., 2004; Trajković ve Gocić, 2010).

FAO-56 PM yönteminde giriş değişkenleri olarak kullanılan meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı, oransal nem, solar radyasyon, rüzgâr hızı, topraktaki ısı akısı) daha çok bölge ve şehir merkezlerinde bulunan donanımlı meteoroloji yer gözlem istasyonları tarafından devamlı ve düzenli olarak ölçülebilmektedir. Bu istasyonların tüm dünya genelinde yeterince yaygın olmaması ve özellikle de tarımsal amaçlı bitkisel üretim faaliyetlerinin ağırlıklı olarak yürütüldüğü kırsal bölgelerde donanımlı istasyonların bulunmaması veri temininde problemlere neden olmaktadır. Bu durum, iklim parametrelerinin birçoğunun devamlı ve düzenli olarak ölçülemediği kırsal bölgelerdeki ET_o tahminlerinde, FAO-56 PM yöntemine göre daha az sayıda meteorolojik parametre gerektiren ampirik yöntemlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu doğrultuda, hava sıcaklığı ve solar radyasyon gibi kolay ölçülebilir ya da tahmin edilebilir parametrelere dayalı olarak çok sayıda ampirik tahmin yöntemi geliştirilmiştir. Ancak, bu yöntemler geliştirilmiş oldukları bölgenin iklim ve çevre koşulları ile uyumlu olduklarından dolayı, farklı bölgelerde kullanılmaları durumunda güvenilirlik düzeylerinin test edilmesi ve gerekiyorsa yöre koşulları ile uyumlu kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir (Grismer ve ark., 2002).

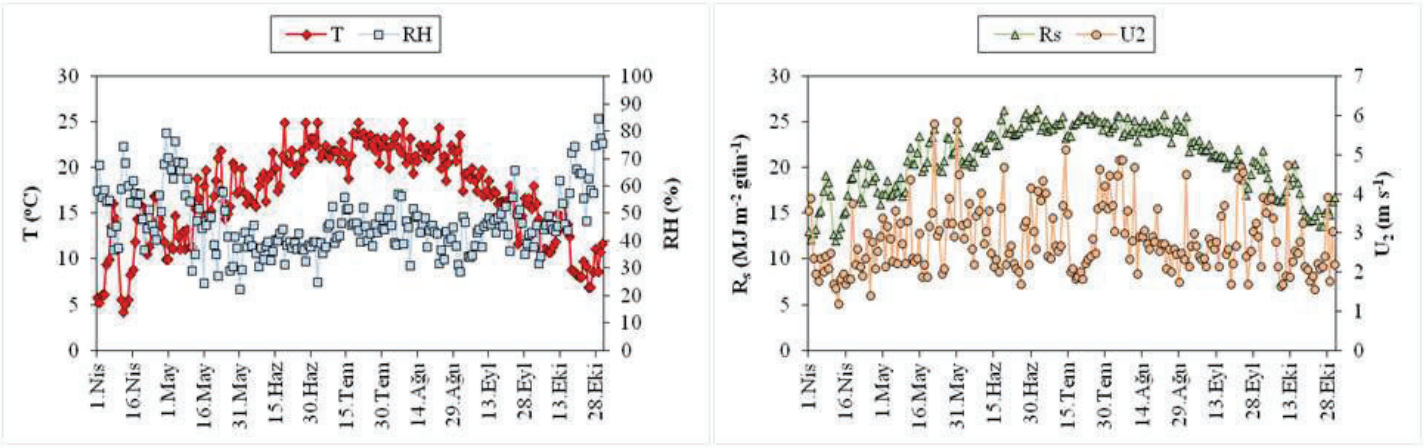
Blaney & Criddle yöntemi, kurak iklim kuşağı bölgelerinde yetiştirilen bitkilerin büyüme mevsimleri boyunca tükettikleri su miktarları (ET) ile aylık ortalama sıcaklıklar ve gün ışığı saatleri arasındaki korelasyona dayalı olarak geliştirilmiştir. Ölçme işlemi gerektiren meteorolojik parametrelerden sadece hava sıcaklığına ihtiyaç duyan bu yöntemde, hava sıcaklığının yanında enleme bağlı olarak değişen yıllık gündüz saatlerinin günlük ortalama yüzdesi de giriş parametresi olarak kullanılmaktadır (Blaney ve Criddle, 1962). Bu nedenle, Blaney & Criddle yöntemi solar radyasyonun yaklaşık olarak beşte üçünü kullanan evapotranspirasyonu en iyi düzeyde yansıtabilmektedir (Wang ve Dickinson, 2012; Pan ve ark., 2019; Jagosz ve ark., 2020).

Bu çalışmada, enlem ve hava sıcaklığı parametrelerine dayalı olarak günlük ortalama ET_o tahminlerinde kullanılan Blaney & Criddle yönteminin yarı kurak – kurak Van ili iklim ve çevre koşullarındaki kullanılabilirlik ve güvenilirlik düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesi sınırları içerisinde bulunan Van ili, 37° 43' – 39° 26' kuzey enlemleri ile 42° 40' – 44° 30' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Rakımı 1726 m olan ilin yıllık ortalama günlük hava sıcaklığı 9.50 °C, nem oranı %58.67, güneşlenme süresi 7.90 saat gün^{-1}, solar radyasyon yoğunluğu 15.32 MJ m^{-2} gün^{-1} ve yıllık toplam yağış miktarı 395.10 mm düzeyindedir.

Blaney & Criddle (BC) yönteminin günlük ortalama ET_o tahminlerindeki kullanılabilirlik düzeyini belirlemek amacıyla yapılan testlerde, 2024 yılı Nisan – Ekim dönemi günlük ortalama hava sıcaklığı (T), oransal nem (RH), solar radyasyon (R_s) ve zemin yüzeyinden 2 metre yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (U_2) verileri kullanılmıştır (Şekil 1). Bu verilerin aylık ortalamaları Tablo 1'de verilmiştir (DMİ, 2025).



Şekil 1. Van ili iklim verileri (2024 yılı Nisan – Ekim dönemi)

Çalışma, il genelinde ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılan tarımsal ürünlerin ekim – dikim dönemleri ve gelişim dönemi uzunlukları dikkate alınarak Nisan – Ekim dönemi için yürütülmüştür (TAGEM, 2022).

Tablo 1. Van ili aylık ortalama iklim verileri (2024 yılı Nisan – Ekim dönemi)

Aylar	T (°C)	RH (%)	U_2 (m s^{-1})	R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})
Nisan	10.89	54.20	2.28	16.47
Mayıs	15.48	48.44	3.01	20.33
Haziran	19.67	37.92	2.95	23.16
Temmuz	22.40	43.82	3.04	24.92
Ağustos	21.80	43.30	3.02	24.42
Eylül	17.31	44.34	2.86	21.16
Ekim	11.41	55.24	2.59	16.78
Ortalama	17.00	46.75	2.82	21.03

BC yöntemine ait orijinal formül Eşitlik (1) ile verilmiştir (Blaney ve Criddle, 1962). Enlem ve hava sıcaklığına dayalı ET_o tahminlerinde kullanılan bu eşitliğin bileşenlerinden biri olan "yıllık gündüz saatlerinin günlük ortalama yüzdesi" (P) Van ilinin enlemine (38.45°) bağlı olarak Tablo 2 üzerinde yapılan enterpolasyonla Nisan için 0.297, Mayıs için 0.317, Haziran için 0.334, Temmuz için 0.327, Ağustos için 0.307, Eylül için 0.280 ve Ekim için 0.250 olarak alınmıştır (Allen ve ark., 1998).

$$ET_o = P \times (0.46 \times T + 8) \quad (1)$$

Eşitlikte; ET_o, günlük ortalama referans evapotranspirasyon miktarı (mm gün^{-1}); T, günlük ortalama hava sıcaklığı (°C) ve P, yıllık gündüz saatlerinin günlük ortalama yüzdesini ifade etmektedir.

Tablo 2. Yıllık gündüz saatlerinin günlük ortalama yüzdesi (P)

Enlem (Kuzey)	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
45°	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24
40°	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25
35°	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25
30°	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26

Çalışma kapsamında değerlendirilen BC yöntemi kullanılarak 2024 yılı Nisan – Ekim dönemi için tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerleri, standart FAO-56 PM eşitliği (Eşitlik 2) kullanılarak aynı dönem için belirlenen ve çalışma kapsamında gerçek değerler olarak kabul edilen günlük ortalama ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. FAO-56 PM eşitliğinin alt bileşenleri FAO tarafından hazırlanan 56 sayılı Sulama ve Drenaj Yayını kullanılarak belirlenmiştir (Allen ve ark., 1998).

$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \left(\frac{900}{T+273}\right) \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)} \quad (2)$$

Eşitlikte; ET_o, günlük ortalama referans evapotranspirasyon miktarı (mm gün^{-1}); Δ, doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); R_n, bitki yüzeylerine etki eden günlük ortalama net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); G, günlük ortalama topraktaki ısı akısı değişimi (MJ m^{-2} gün^{-1}); γ, psikometrik sabit (kPa °C^{-1}); T, günlük ortalama ortalama hava sıcaklığı (°C); U_2, zemin yüzeyinden 2 m yükseklikte ölçülen günlük ortalama rüzgâr hızı (m s^{-1}); e_s ve e_a, sırasıyla doygun ve gerçek buhar basınçlarını (kPa) ifade etmektedir.

BC ve FAO-56 PM yöntemleri ile belirlenen ET_o değerlerinin karşılaştırılmasında; ortalama mutlak hata (Eşitlik 3), ortalama mutlak göreceli hata oranı (Eşitlik 4), karekök ortalama karesel hata (Eşitlik 5) ve Nash–Sutcliffe etkinlik katsayısı (Eşitlik 6) istatistiksel ölçütlerinden faydalanılmıştır (Nash ve Sutcliffe, 1970; Lewis, 1982).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i:1}^{n} | X_i - Y_i | \quad (3)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{X_i - Y_i}{X_i} \right| \times 100 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i:1}^{n} (X_i - Y_i)^2} \quad (5)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2} \quad (6)$$

Eşitliklerde; MAE, ortalama mutlak hata (mm gün^{-1}); MAPE, ortalama mutlak göreceli hata oranı (%); RMSE, karekök ortalama karesel hata (mm gün^{-1}); NSE, Nash–Sutcliffe etkinlik katsayısı; X_i, FAO-56 PM yöntemi kullanılarak belirlenen günlük ortalama ET_o değerleri (mm gün^{-1}); Y_i, BC yöntemi kullanılarak tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerleri (mm gün^{-1}); $\bar{X}$, FAO-56 PM yöntemi kullanılarak belirlenen günlük ortalama ET_o değerlerinin ortalaması (mm gün^{-1}) ve n, gözlem sayısını ifade etmektedir.

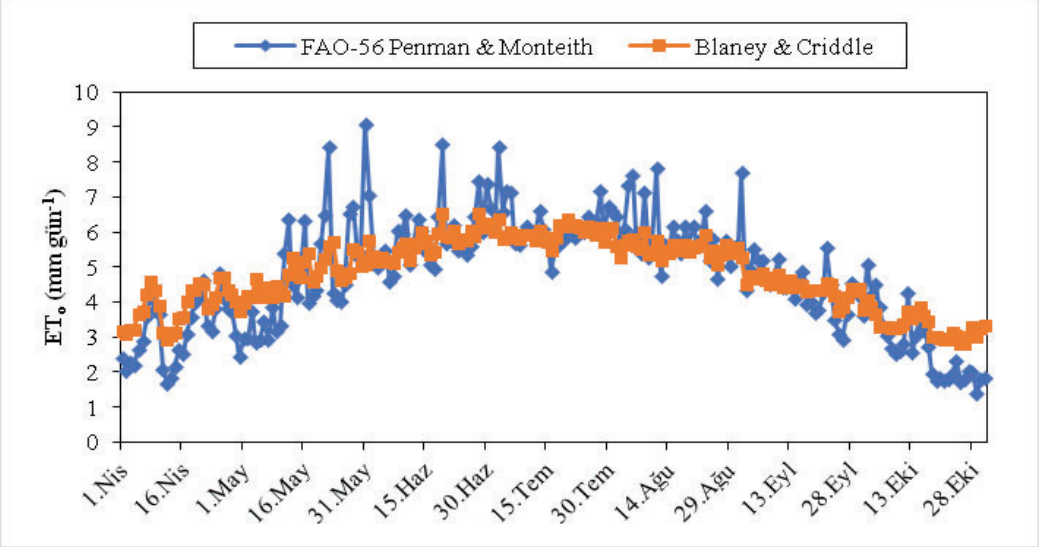
BC yöntemi kullanılarak tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerlerinin doğruluk düzeyleri Tablo 3'de verilen MAPE ve NSE doğruluk düzeyi yaklaşımlarına göre değerlendirilmiştir (Lufi ve ark., 2020).

Tablo 3. MAPE ve NSE doğruluk düzeyi yaklaşımları

MAPE (%)	Doğruluk düzeyi	NSE	Doğruluk düzeyi
MAPE ≤ 10	Çok iyi	NSE ≤ 0.36	Uyumsuz
10 < MAPE ≤ 20	İyi	0.36 < NSE ≤ 0.75	Kabul edilebilir
20 < MAPE ≤ 50	Kabul edilebilir	NSE > 0.75	İyi
MAPE > 50	Uyumsuz		

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Standart FAO-56 Penman & Monteith (PM) ve Blaney & Criddle (BC) yöntemleri kullanılarak belirlenen 2024 yılı Nisan – Ekim dönemi günlük ortalama ET_o değerleri Şekil 2'de, bu değerlerin aylık ortalamaları Tablo 4'de ve günlük ortalama ET_o değerleri arasındaki sapma miktarlarının bir göstergesi olarak hesaplanan MAE, MAPE, RMSE ve NSE karşılaştırma ölçütleri ise Tablo 5'de verilmiştir.



Şekil 2. FAO-56 PM ve BC yöntemleri ile belirlenen günlük ortalama ET_o Değerleri

Standart FAO-56 PM yöntemi kullanılarak 2024 yılı Nisan – Ekim dönemi için belirlenen günlük ortalama ET_o değerleri 1.38 – 9.08 mm gün^{-1} arasında değişmiştir. Nisan – Ekim dönemi ortalama ET_o değeri ise 4.73 mm gün^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Aynı dönemde BC yöntemi kullanılarak 2.80 – 6.51 mm gün^{-1} arasında değişen günlük ortalama ET_o değerleri tahmin edilmiştir. Dönemlik ortalama ET_o değeri ise 4.81 mm gün^{-1} olarak elde edilmiştir (Şekil 2). BC yöntemi günlük ortalama ET_o değerlerini Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında olması gerekenden daha yüksek tahmin etmiştir. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise olması gerekenden daha düşük tahmin etmiştir. Aylık ortalama ET_o, aylık ortalama hava sıcaklığının maksimum düzeye (22.40 °C) yükseldiği Temmuz ayında en yüksek seviyeye (6.23 mm gün^{-1}) ulaşırken, hava sıcaklığının minimum düzeye (11.41 °C) gerilediği Ekim ayında en düşük seviyeye (2.70 mm gün^{-1}) gerilemiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Aylık ortalama günlük ET_o değerleri

Aylar	ET_o (mm gün^{-1})	
	FAO-56 Penman & Monteith	Blaney & Criddle
Nisan	3.15	3.86
Mayıs	4.73	4.79
Haziran	5.87	5.69
Temmuz	6.23	5.98
Ağustos	5.90	5.54
Eylül	4.50	4.47
Ekim	2.70	3.31
Ortalama	4.73	4.81

Hava sıcaklığına dayalı ET_o tahminlerinde kullanılan BC yöntemi en iyi ve en kötü tahmin performanslarını sırasıyla Temmuz (MAE= 0.45 mm gün^{-1}, MAPE= %6.72, RMSE= 0.62 mm gün^{-1}, NSE= 0.86) ve Ekim (MAE= 0.83 mm gün^{-1}, MAPE= %38.83, RMSE= 0.92 mm gün^{-1}, NSE= 0.83) aylarında göstermiştir. Bu yöntem kullanılarak Temmuz ayında %93.28 (MAPE= %6.72) oranı ile çok iyi (MAPE ≤ 10) düzeyde doğruluğa sahip günlük ortalama ET_o değerleri tahmin edilirken, Ekim ayında %61.17 (MAPE= %38.83) oranı ile kabul edilebilir (20 < MAPE ≤ 50) düzeyde doğruluğa sahip günlük ortalama ET_o değerleri tahmin edilmiştir. BC yönteminin Van ili iklim ve çevre koşullarında ay bazındaki tahmin performansları en iyiden en kötüye doğru: Temmuz, Haziran, Ağustos, Eylül, Mayıs, Nisan ve Ekim şeklinde sıralanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5: Blaney & Criddle yönteminin günlük ortalama ET_o tahminlerindeki performansı

Aylar	MAE (mm gün^{-1})	MAPE (%)	RMSE (mm gün^{-1})	NSE	Doğruluk düzeyi	
					MAPE	NSE
Nisan	0.73	28.30	0.81	0.80	Kabul edilebilir	İyi
Mayıs	1.09	24.15	1.35	0.27	Kabul edilebilir	Uyumsuz
Haziran	0.46	7.22	0.63	0.81	Çok iyi	İyi
Temmuz	0.45	6.72	0.62	0.86	Çok iyi	İyi
Ağustos	0.47	7.34	0.70	0.75	Çok iyi	Kabul edilebilir
Eylül	0.42	9.25	0.62	0.52	Çok iyi	Kabul edilebilir
Ekim	0.83	38.83	0.92	0.83	Kabul edilebilir	İyi
Ortalama	0.64	17.44	0.84	0.73	İyi	Kabul edilebilir

BC yöntemi ile tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerlerinin doğruluk düzeyleri MAPE yaklaşımına göre, Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında kabul edilebilir (20 < MAPE ≤ 50), diğer aylarda çok iyi (MAPE ≤ %10) olarak belirlenmiştir. NSE doğruluk düzeyi yaklaşımına göre ise, Mayıs ayında uyumsuz (NSE ≤ 0.36), Ağustos ve Eylül aylarında kabul edilebilir (0.36 < NSE ≤ 0.75) ve diğer aylarda iyi (NSE > 0.75) olarak belirlenmiştir. Nisan – Ekim dönemi ortalamaları dikkate alındığında BC yöntemi ile tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerlerinin doğruluk düzeyleri; MAPE yaklaşımına göre %17.44 MAPE değeri ile iyi (10 < MAPE ≤ 20), NSE yaklaşımına göre ise 0.73 NSE değeri ile kabul edilebilir (0.36 < NSE ≤ 0.75) olarak gerçekleşmiştir. Hava sıcaklığına dayalı BC yönteminin tahmin performansı, aylık toplam yağış miktarının ve buna bağlı olarak oransal nemin daha yüksek düzeylerde gerçekleştiği Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında diğer aylara göre daha düşük olmuştur. Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında sırasıyla %54.20, %48.44 ve %55.24 düzeylerinde gerçekleşen nem oranı, diğer aylarda %37.92 – 44.34 aralığında değişmiştir.

Günlük ortalama ET_o tahminlerinde kullanılan ampirik modellerin farklı iklim ve çevre koşullarındaki kullanılabilirlik ve güvenilirlik düzeylerinin test edilmesi ve gerekiyorsa kalibrasyonlarının yapılması amacıyla yürütülen çalışmalarda, en fazla tercih edilen karşılaştırma ölçütlerinin başında NSE etkinlik katsayısı

gelmektedir (Li ve ark., 2024). NSE etkinlik katsayısı 0.75'den büyük olan tahmin modellerinin yüksek güvenilirlik düzeyine sahip olduğu belirtilmektedir (Duc ve Sawada, 2023). Buna ek olarak, ampirik modeller ile tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerleri için kabul edilebilir MAE hata üst sınırı olarak 0.52 mm gün^{-1} değeri önerilmektedir (Moratiel ve ark., 2020). Van ili iklim ve çevre koşullarında test edilen Blaney & Criddle yönteminin Nisan (NSE= 0.80), Haziran (NSE= 0.81), Temmuz (NSE= 0.86) ve Ekim (NSE= 0.83) aylarında 0.75'den büyük NSE katsayılarına sahip olduğu görülmektedir. Ancak güvenilirlik düzeyinin belirlenmesinde NSE tek başına yeterli değildir. Güvenilirliğin MAE ile doğrulanması gerekmektedir. Nisan ve Ekim aylarında NSE > 0.75 olmasına rağmen, MAE hataları kabul edilebilir üst sınırı (MAE ≤ 0.52) aşmaktadır. Bu aylar için sırasıyla 0.73 mm gün^{-1} ve 0.83 mm gün^{-1} olarak belirlenen MAE hataları Blaney & Criddle yönteminin güvenilirliğini azaltmaktadır. NSE ve MAE kriterlerinin aynı anda sağlandığı aylar sadece Haziran (NSE= 0.81, MAE= 0.46 mm gün^{-1}) ve Temmuz (NSE= 0.86, MAE= 0.45 mm gün^{-1}) olmuştur. Ağustos ayında ise NSE (0.75) katsayısı sınırda kalırken, MAE (0.47 mm gün^{-1}) önerilen üst sınırın (MAE ≤ 0.52) altında kalmıştır. Mayıs ayında hem NSE (0.27) ve hem de MAE (1.09 mm gün^{-1}) kriterleri sağlanamamıştır. Eylül ayında ise MAE (0.42 mm gün^{-1}) önerilen üst sınırın (MAE ≤ 0.52) altında kalırken, NSE (0.52) yüksek güvenilirlik düzeyine (NSE > 0.75) ulaşamamıştır. Genel olarak, Blaney & Criddle yöntemi ile Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yüksek güvenilirlik düzeyine (NSE > 0.75) sahip günlük ortalama ET_o değerleri tahmin edilebilirken, diğer aylarda güvenilirlik düzeyinin düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hava sıcaklığına dayalı Blaney & Criddle ET_o tahmin yönteminin yarı kurak – kurak Van ili koşullarındaki kullanılabilirlik – güvenilirlik düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Meteoroloji yer gözlem istasyonundan temin edilen 2024 yılı Nisan – Ekim dönemi günlük iklim verileri ile kullanılarak yapılan testler kapsamında, bu yöntemle tahmin edilen günlük ortalama ET_o değerleri standart FAO-56 Penman & Monteith yöntemi ile belirlenen günlük ortalama ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. Blaney & Criddle yönteminin günlük ortalama ET_o tahminlerindeki performansı dört istatistiksel yaklaşıma (MAE, MAPE, RMSE ve NSE) göre değerlendirilmiştir. Bu yöntem kullanılarak, Nisan – Ekim dönemi boyunca 215 günlük süre için ortalama %82.56 (MAE= 0.64 mm gün^{-1}, MAPE= %17.44, RMSE= 0.84 mm gün^{-1}, NSE= 0.73) doğruluk oranına sahip günlük ortalama ET_o değerleri tahmin edilmiştir. Blaney & Criddle yönteminin tahmin performansı, yöre koşullarında hava sıcaklığının maksimum düzeylere ulaştığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında diğer aylara göre daha yüksek olmuştur. Bitki su tüketimi ve dolayısıyla sulama suyu ihtiyacının maksimum düzeylere ulaştığı bu aylarda standart FAO-56 Penman & Monteith yöntemi için gerekli olan verilerin tamamının ölçülemediği veya temin edilemediği durumlarda, sadece hava sıcaklığı verilerine ihtiyaç duyan Blaney & Criddle yönteminin alternatif olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bitki, toprak ve iklim özelliklerine bağlı çok sayıda parametreye dayalı olarak geliştirilen ampirik ET_o tahmin modellerinin kullanılabilirlik ve güvenilirlik düzeyleri iklim ve çevre koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle kullanılacakları yerel koşullarda test edilmeleri ve gerekiyorsa kalibre edilmeleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Allen, R. G., Pereire, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. https://www.fao.org/4/X0490E/X0490E00.htm (erişim tarihi: 18 Temmuz 2023).

Blaney, H. F., & Criddle, W. D. (1962). Determining consumptive use and irrigation water requirements. United States Department of Agriculture (USDA) Technical Bulletin 1275, Beltsville.

DMİ, (2025). Van İli İklim Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara

Dorigo, W., Dietrich, S., Aires, F., Brocca, L., Carter, S., Cretaux, J.-F., & et al. (2021). Closing the water cycle from observations across scales:Where do we stand? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(10), E1897-E1935. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0316.1

Duc, L., & Sawada, Y. (2023). A signal-processing-based interpretation of the Nash–Sutcliffe efficiency. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(9), 1827-1839. https://doi.org/10.5194/hess-27-1827-2023

Elnashar, A., Wang, L., Wu, B., Zhu, W., & Zeng, H. (2021). Synthesis of global actual evapotranspiration from 1982 to 2019. *Earth System Science Data*, 13(2), 447-480. https://doi.org/10.5194/essd-13-447-2021

Grismer, M. E., Orang, M., Snyder, R., & Matyac, R. (2002). Pan evaporation to reference evapotranspiration conversion methods. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128(3), 180-184.

Jacobs, J. M., Anderson, M. C., Friess, L. C., & Diak, G. R. (2004). Solar radiation long wave radiation and emergent wetland evapotranspiration estimates from satellite data in Florida. *Hydrological Sciences*, 49(3), 461-476.

Jagosz, B., Rolbiecki, S., Stachowski, P., Ptach, W., Łangowski, A., Kasperska-Wołowicz, W., Sadan, H. A., Rolbiecki, R., Prus, P., & Kazula, M. J. (2020). Assessment of water needs of grapevines in western Poland from the perspective of climate change. *Agriculture*, 10, 1-16. https://doi.org/10.3390/agriculture10100477.

Lewis, C. D. (1982). Industrial and Business Forecasting Methods. London, England: Butterworths Publishing, 1982, pp. 40-142.

Li, Z., Li, Y., Yu, X., Jia, G., Chen, P., Zheng, P., Wang, Y., & Ding, B. (2024). Applicability and improvement of different potential evapotranspiration models in different climate zones of China. *Ecological Processes*, 13, 20. https://doi.org/10.1186/s13717-024-00488-7

Lufi, S., Ery, S., & Rispiningtati, R. (2020). Hydrological analysis of TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) data in Lesti sub watershed. *Civil and Environ. Science Journal*, 3(1), 18-30.

Monteith, J. L. (1965) Evaporation and the environment. *19th Symposia of the Society for Experimental Biology,* 19, 205-234

Moratiel, R., Bravo, R., Saa, A., Tarquis, A. M., & Almorox, J. (2020). Estimation of evapotranspiration by the Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) Penman–Monteith temperature (PMT) and Hargreaves–Samani (HS) models under temporal and spatial criteria – a case study in Duero basin (Spain). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(3), 859-875. https://doi.org/10.5194/nhess-20-859-2020

Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282-290.

Pan, S., Xu, Y. P., Xuan, W., Gu, H., & Bai, Z. (2019). Appropriateness of potential evapotranspiration models for climate change impact analysis in Yarlung Zangbo river basin, China. *Atmosphere*, 10. https://doi.org/10.3390/atmos10080453.

Peker, F., Bayhan, H., & Akkoyunlu, A. (2021). Global gerçek evapotranspirasyon (ETa) haritalarından arazi kullanım sınıflarına ait ETa kayıplarının tahmini. European Journal of Engineering and Applied Sciences, 4(1), 18-26.

Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Phy. Sciences*, 193(1032), 120-145.

Senay, G. B., Bohms, S., Singh, R. K., Gowda, P. H., Velpuri N. M., Alemu, H., & Verdin, J. P. (2013). Operational evapotranspiration mapping using remote sensing and weather datasets: A new parameterization for the SSEB approach. *Journal Of The American Water Resources Association*, 49(3), 577-591.

TAGEM, (2022). Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. Available at https://www.tarim orman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf. (Erişim tarihi: 26 Mayıs 2022).

Trajković, S., & Gocić, M. (2010). Comparison of some empirical equations for estimating daily reference evapotranspiration. *Facta Universitatis – Series Architecture and Civil Engineering*, 8(2), 163-168. https://doi.org/10.2298/FUACE1002163T

Wang, K., & Dickinson, R. E. (2012). A review of global terrestrial evapotranspiration: observation, modeling, climatology and climatic variability. *Reviews of Geophysics*, 50 (2), 1-54.