



A Sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Günlük Buharlaşmanın Penman ve Linacre Modelleri ile Tahmini

Çağlar Özkan SEZER^{1*} Tekin ÖZTEKİN²

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara
*e-mail:caglarcasper55@gmail.com

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

Alındığı tarih (Received): 09.06.2016

Kabul tarihi (Accepted): 28.11.2016

Online Baskı tarihi (Printed Online): 08.12.2016

Yazılı baskı tarihi (Printed): 30.12.2016

Öz: A sınıfı buharlaşma kabının işletilmesi ve kurulmasındaki birtakım sıkıntılardan kurtulmak amacı ile kaptan olabilecek buharlaşmayı tahmin etmek için zaman içinde çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Samsun Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğünden 2012 ve 2013 yıllarına ait günlük iklim parametreleri, A sınıfı buharlaşma kabından oluşabilecek günlük buharlaşmayı tahmin etmede Penman ve Linacre modellerinde kullanılmış, modellerin performansları tahmin edilen değerler ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Bu iklim parametreleri seçilen modellere uygulanmış ve elde edilen sonuçlar günlük ve aylık (günlük toplamlar kullanılarak) zaman diliminde istasyonda gözlemlenen A sınıfı buharlaşma kabı değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarının düşük değerleri için modellerin genellikle yüksek; çok yüksek değerler için ise modellerin genellikle düşük buharlaşma miktarları tahmin ettikleri; Penman modelinin performansının Linacre modelinden daha iyi olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: A sınıfı buharlaşma kabı, buharlaşma, Penman, Linacre, model

Prediction of Daily Evaporation From Class A Evaporation Pan with the Use of Penman and Linacre Models

Abstract: In order to eliminate some problems in building and running Class A evaporation pan, various models have been developed in time to predict the evaporation that can occur from the pan. The daily climate parameters and Class A evaporation pan measurements of the years 2012 and 2013 taken from Samsun Meteorology 10th District Directory. The Samsun climate parameters were applied on the Penman and Linacre models and the values obtained via models were compared with the Class A evaporation pan measurements observed meteorology station in Daily and monthly (by using daily totals) periods of time. As a conclusion, for very low evaporation values the models estimates are usually high; for very high values evaporation from Class A evaporation pan the models estimate generally low amount of evaporation; the performance of the Penman model was found to be better than that of Linacre.

Keywords: Class A evaporation pan, evaporation, Penman, Linacre, model

1. Giriş

Giderek artan dünya nüfusu ile beraber giderek azalan sulama suyu kaynakları ve giderek daralan tarım arazilerinden dolayı birim alandan yüksek verim sağlamak zorunlu olmaktadır. Bu nedenle sulama programı yapmak çok önemlidir (Ertek ve ark., 2002). Su kaynaklarının planlanması ve yönetimi, su rezervlerinin projelenmesi, mevcut projelerin sulama etkinliğinin değerlendirilmesi,

gelecek için drenaj gereksinimlerinin belirlenmesi, mevcut su uygulamaları altında derine sızma kayıplarının belirlenmesi, önerilen sulama projeleri için su kaynağı gereksinimlerinin belirlenmesi ve nehirlerin taşkın tahmini gibi konularda buharlaşma kayıplarının değişimi ve büyüklüğün bilinmesi gerekmektedir (Xu ve Singh, 2001). Örneğin kap buharlaşma verisinin göller, su depolama yapıları ve diğer su

kütlelerinden buharlaşma tahmini için başarılı bir şekilde kullanılabildiği Rohwer (1931), Young (1945), Kohler (1954), Penman (1956), Sellers (1965), Hounam (1973), Abtew (2001), Irmak ve Haman (2003) taraflarından da özetlenmiştir. Ayrıca eğer A sınıfı kap uygun bir şekilde kurulmuş ve düzenli bir şekilde işletiliyor ise referans bitki su tüketimini, A sınıfı buharlaşma kabı ile güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir (Jacobs ve ark., 1998). Ancak, A sınıfı buharlaşma kabı ve içerisindeki mikrometreli derinlik ölçerin maliyeti, nitelikli ölçüm personeli ihtiyacı, ölçüm saatinde personelin uygun olmaması, konumlandırıldığı alandaki özel çevre isteği, yıllık bakımı, ölçümün yapılamadığı durum (suyun donması, suyun aşırı yağıştan taşması), ölçüm cihazının arıza yapması, otomatik ölçüm cihazlarının pahalı olması vb. gibi faktörler bu kabın her yerde ve her zaman kullanılmasını kısıtlamaktadır.

Xu ve Singh (2000), buharlaşmanın belirlenmesi için sekiz adet radyasyon tabanlı denklemi, beş adet genellenmiş form içinde değerlendirdiklerini belirtmişlerdir. Yazarlar, her biri genellenmiş bir formu temsil eden beş adet buharlaşma denklemini (Abtew, Hargreaves, Makkink, Priestley, Taylor ve Turc), İsviçre içindeki Changing istasyonunda ölçülen kap buharlaşması ile karşılaştırdıklarını belirtmişlerdir. Yazarlar, karşılaştırmayı ilk olarak her bir denklemin orjinal sabit değerlerini kullanarak yapmışlar ve ardından sabit değerleri tekrar kalibre ederek kullandıklarını ifade etmişler; sonuçların orijinal sabit değerler kullanıldığında, çoğu denklem için büyük hatalara yol açtığını gözlemlediklerini ifade etmişlerdir. Kalibre edilmiş değerler orjinal sabit değerler yerine kullanıldığında ise beş denklemden dördünün olumlu şekilde düzelmiş olduğunu ve tüm beş denklemin ortalama yıllık buharlaşmanın belirlenmesi için iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Yazarlar, ayrıca, çalışılan bölge için uygun şekilde belirlenen sabit değerler vasıtasıyla Makkink ve modifiye edilmiş Priestley ve Taylor denklemlerinin, kap buharlaşması ile çok yakın bir şekilde uyum sağladığını bulduklarını belirtmişlerdir. Ek olarak, yazarlar, basit Abtew

denkleminin diğer meteorolojik parametreler olmayıp sadece radyasyon verisi mevcut olduğunda bile kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Xu ve Singh (2001) ise, her biri tipik bir modeli temsil eden yedi adet sıcaklığa dayalı denklemi, buharlaşmayı belirlemek amacıyla Canada, Kuzey Batı Ontario içinde bulunan Rawson Gölü ve Atikokan isimli iki adet meteorolojik istasyondan alınan verilere uygulamışlardır. Yazarlar, ilk kıyaslamada her bir denklemin orijinal sabit değerlerini kullanarak yaptıklarını, ardından kullanılan sabit değerleri yeniden kalibre ettiklerini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, orijinal sabit değerler kullanıldığında her iki istasyon içinde denklemlerin birçoğunda büyük sapmalar ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Kalibre edilen sabit değerler orijinal sabit değerlerin yerine kullanıldığında ise yedi adet denklemin altı tanesinin iyileştiğini belirtmişlerdir. Sonuçta aylık buharlaşma değerleri için modifiye edilmiş Blaney-Criddle metodunun her iki istasyon için tüm aylar boyunca en az hata ürettiğini ve bu durumu Hargreaves ve Thornthwaite metodlarının takip ettiğini vurgulamışlardır. Yazarlar ayrıca Linacre, Kharrufa ve Hamon metodlarının her iki istasyon için de eylül ayında önemli bir ölçüde sapma gösterdiğini belirtmişlerdir. Sıcaklığa dayalı metodlar ile ilgilenildiğinde ise doğru bir şekilde belirlenen sabit değerler ile modifiye edilmiş Blaney-Criddle, Hargreaves ve Thornthwaite metodlarının çalışılan bölge içinde buharlaşma tahmini için tavsiye edilebilir olduğunu vurgulamışlardır.

Irmak ve Haman (2003), Florida'nın nemli iklim koşulları altında 23 yıl boyunca günlük ölçülen meteorolojik parametreleri, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmayı tahmin eden Penman (1948), Kohler-Nordenson-Fox (KNF) (1955), Christiansen (1968), Priestley ve Taylor (PT) (1972), ve Linacre (1977) olarak beş adet tahmin modeline uyguladıklarını belirtmişlerdir. Elde ettikleri sonuçları yine 23 yıl boyunca günlük ölçülen gerçek kap buharlaşma değerleri ile kıyasladıklarını bildirmişlerdir. Bu modelleri değerlendirmek amacıyla ortalama

karekök hatası (RMSE) değerinin $<0.5\text{mm/gün}$ için kabul edilebilir bir hata olarak uyguladıklarını ifade etmişlerdir. Yazarlar tahmin edilen ve ölçülen değerler arasında standart sapma (SD) değeri ve yüzde hata (%E) değerlerini de ayrıca modellerin başarı değerlendirmesi için uyguladıklarını vurgulamışlardır. Yazarlar ayrıca modellerin, kaptan olan buharlaşma tahminlerini günlük, aylık ve yıllık zaman dilimlerinde değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda KNF yönteminin en iyi kap buharlaşma tahmini sağladığı ve Linacre yönteminin ise düşük bir performans sergilediğini ifade etmişlerdir. Çalışmada sırasıyla ikinci, üçüncü ve dördüncü en iyi tahmin veren metod Penman, PT ve Christiansen' olduğunu da vurgulanmıştır. Kap buharlaşması değeri KNF modeli ile tahmin edildiğinde RMSE ve SD hata istatistiklerinin en düşük çıktığını belirtmişlerdir.

Terzi ve Keskin (2005), Türkiye'nin batısında göller bölgesinde yer alan Eğirdir Gölü yakınındaki otomatik ölçüm alan meteoroloji istasyonundan 2001 ve 2002 yılları için kaydedilmiş verileri kullanarak, günlük kap buharlaşma tahmini için uygun bir yapay sinir ağı (ANN) modeli geliştirmişler, çeşitli deneme ve hata modelleme çalışmalarından sonra gizli katman nöron sayısının üç adet, yeni geliştirdikleri modelin 2001 yılı için MSE değerinin 1.97 ve R^2 değerinin 0.75, 2002 yılı için ise MSE değerinin 1.61 ve R^2 değerinin 0.77 olduğunu ifade etmişlerdir.

Su kaynaklarını herhangi bir yöntemle herhangi bir şekilde tasarruflu kullanmak son derece önemlidir. Meteorolojik iklim faktörleri olan rüzgâr, sıcaklık, nemlilik, vb. nin birleştirilmiş bir etkisini sunan A sınıfı buharlaşma kapları ile hem açık su yüzeyinden (göller, barajlar, vb.) olan buharlaşma miktarının belirlenmesi hem de referans bitki su tüketimi etkin bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu amaçla dünyada olduğu gibi ülkemizde de A sınıfı buharlaşma kapları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma değerini meteorolojik parametreler vasıtasıyla tahmin eden Penman ve

Linacre modellerinin Samsun il merkezi koşulları için test ve değerlendirilmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan hem iklim verilerinin, hem de A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma değerlerinin ölçüldüğü Samsun ili, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer almaktadır. Samsun'da toplam yıllık yağış merkezde 687.3 mm'dir. Samsun, Bafra ve Çarşamba ovaları olmak üzere iki büyük delta ovasına sahiptir. Bunların büyüklükleri Bafra ovası 564 km^2 ve Çarşamba ovası 895 km^2 'dir. Bu ovalar delta ovalarıdır. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin taşıdığı sedimentlerin kıyıda istiflenmesi sonucunda oluşmuşlardır (Yılmaz, 2007). Samsun iklimi şehrin konumu ve coğrafyası nedeniyle sahil ve iç kesimlerde değişiklik gösterir. Sahil şeridi Karadeniz ikliminin etkisinde yazları sıcak ve nemli ve kışları serin olmasına karşın iç kesimler Akdağ ve Canik Dağları etkisi altında karasal iklime sahiptir. Kışlar soğuk, yağmurlu ve kar yağışlı yazları ise serindir. Sahil kesiminde kışın kar çok az görülürken iç kesimlerde kış aylarında kar nedeniyle ulaşım aksayabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan A sınıfı buharlaşma kabının günlük değerleri Samsun Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nün meteoroloji parkında ölçülmüştür. Buradaki buharlaşma kabı çelikten yapılmış olup, yuvarlak biçimde çapı 121 cm ve derinliği 25 cm'dir. Kap toprak seviyesinden 15 cm yukarıda ahşaptan yapılmış araları açık bir iskele platform üzerine oturtulmuştur. Kabın altına konulan iskele platform ise 5 cm kalınlığında sıkıştırılmış toprak üzerine oturtulmuştur. Kap tesviyeli olup iskele üzerine düz bir şekilde oturtulmuştur (Şekil 1). Ölçüm alınırken ise kap kenar yüksekliğinin 5 cm altına kadar su doldurulmuş ve su seviyesinin kap kenar yüksekliğinin 7.5 cm altından daha fazla aşağıya düşmesine izin verilmemiştir. Suyun aşırı bulanıklanmasını önlemek için kap içindeki su en az haftada bir kere yenilenmiştir. Kabın içinden herhangi bir hayvanın su içmesini engellemek için kabın üzerine siper konulmuştur. İstasyona herhangi bir hayvan müdahalesi olmaması için A

sınıfı buharlaşma kabını da içine alacak şekilde istasyonun etrafı çitle çevrilmiştir. Kap okumaları her gün sabah saat 9:00' da gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler bir mikrometreli derinlik ölçer ile yapılmış olup bu ölçer A sınıfı buharlaşma kabının ortasına yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Samsun 10. Bölge Meteoroloji Müdürlüğü istasyonundaki A sınıfı buharlaşma kabı

Figure 1. Class A pan evaporation vessel at Samsun 10th Regional Meteorology Department station

Çalışmada gerekli olan meteorolojik veriler yazar Çağlar Özkan Sezer'in yüksek lisans eğitiminin bir parçası olarak 2012 ve 2013 yılları için 41° 35' kuzey enleminde, 36° 25' doğu boylamında ve dört metre rakımında bulunan Samsun ili, Atakum ilçesi, Atakent mevkiinde bulunan Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğünden alınmıştır. İlgili meteoroloji istasyonunda ölçülen ve bu çalışmada kullanılan günlük meteorolojik parametreler; maksimum, ortalama, minimum hava sıcaklıkları; maksimum, ortalama, minimum bağıl nem; ortalama hava basıncı; yağış; rüzgâr hızı; ortalama bulutluluk; güneşlenme süresi; ve A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmadır. Bu meteoroloji istasyonunda rüzgâr hızı zeminden 10 m yükseklikte ölçülmektedir. Bu anlamda kullanılan modellere rüzgâr düzeltilmesi uygulanmıştır. Meteorolojik parametrelerin birleştirilmiş etkisini sunan buharlaşma kaplarında gün içerisinde havanın mevcut sıcaklığı ile su buharlaşabilirken yine aynı gün içerisinde yağmur yağması ile de buharlaşma kabında su birikebilmektedir. Bu anlamda kap okumaları üzerine yağmur etkisi, aynı saatlerde okunan günlük buharlaşma değerlerinden yağış miktarları çıkartılarak giderilmiştir.

Buharlaşma tahmini için geçmişten günümüze birçok model mevcuttur. Bu çalışmada ilgili buharlaşma modelleri seçilirken gereken verilerin mevcudiyeti, mevcut modellerin istediği verilerin birbirine yakın olması (modellerin birbiri ile sonuçlarının karşılaştırılabilir olmasını sağlar), gereken verilerin ilgili modellere fazla düzeltme olmadan direkt kullanılabilmesi (uygulama kolaylığı sağlar) dikkate alınarak Penman ve Linacre modelleri seçilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan Penman (1948) modeli aşağıdaki biçimdedir (Terzi, 2004; Kanber 2002):

$$E_{pan} = \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \times (R_n - A_h) + \left(\frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \right) \times \frac{6.43(1 + 0.53u_2)(e_s - e_a)}{\lambda} \quad (1)$$

Eşitlikte: E_{pan} : günlük kap buharlaşma miktarı (mm/gün), Δ : havanın mevcut sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi ($kPa/^\circ C$), γ : psikometrik sabit ($kPa/^\circ C$), R_n : günlük net radyasyon (mm/gün), A_h : su kütlesine yatay enerji transferi (mm/gün) (Harbeck (1954), genellikle sığ sularda ve günlük zaman diliminde depolanan sudaki ısı değişimi önemsiz olduğunu ifade ettiği için bu çalışmada $A_h = 0$ alınmıştır), λ : suyun gizli buharlaşma ısı sabiti (2.45 MJ/kg), u_2 : 2 m yükseklikteki günlük ortalama rüzgâr hızı (m/s), e_s : doymuş buhar basıncı (kPa), e_a : gerçek buhar

basıncı (kP_a). On metre yükseklikte ölçülen rüzgar hızını, 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızına dönüştürmek için kullanılan eşitlik (Allen ve ark., 1998);

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \quad (2)$$

Eşitlikte; u_2 : toprak yüzeyi üstünde 2 m yükseklikteki rüzgar hızı (m/s), u_z : toprak yüzeyi üstünde z m yükseklikte ölçülen rüzgar hızı (m/s), z: toprak yüzeyi üstündeki alınan ölçümün yüksekliğidir (m).

Linacre (1977), buharlaşma oranını tahmin amacıyla sadece hava sıcaklığı için iklim veri girdisini azaltarak Penman (1948) formülünü basitleştirmiştir. Bu çalışmada kullanılan Linacre (1977) modeli aşağıdaki biçimdedir:

$$E_{pan} = \frac{\left(\frac{700I_m}{100-A}\right) + 15(T - T_{dp})}{80 - T} \quad (3)$$

Eşitlikte; E_{pan} : günlük kap buharlaşma miktarı (mm/gün), A: enlem derecesi ($^{\circ}$), T: günlük ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), T_m : rakımla beraber azalan sıcaklık katsayısı olup Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır;

$$T_m = T - 0.006h \quad (4)$$

Eşitlikte; h: rakım (m), T_{dp} : günlük ortalama çiğlenme noktası sıcaklığı ($^{\circ}C$) olup Eşitlik 5 ile hesaplanmaktadır;

$$(T - T_{dp}) = 0.0023h + 0.37T + 0.53R + 0.35R_{ann} - 10.9 \quad (5)$$

Bu eşitlik hava sıcaklığı en az $4^{\circ}C$ ve aylık yağışı en az 5 mm/ay olan bölgelerden veri kullanılarak geliştirilmiştir (Linacre, 1977). Eşitlikte; R: günlük ortalama maksimum ve minimum sıcaklık arasındaki farkın ortalaması

($^{\circ}C$), R_{ann} : en sıcak ve en soğuk ayların ortalama sıcaklığı arasındaki farktır ($^{\circ}C$).

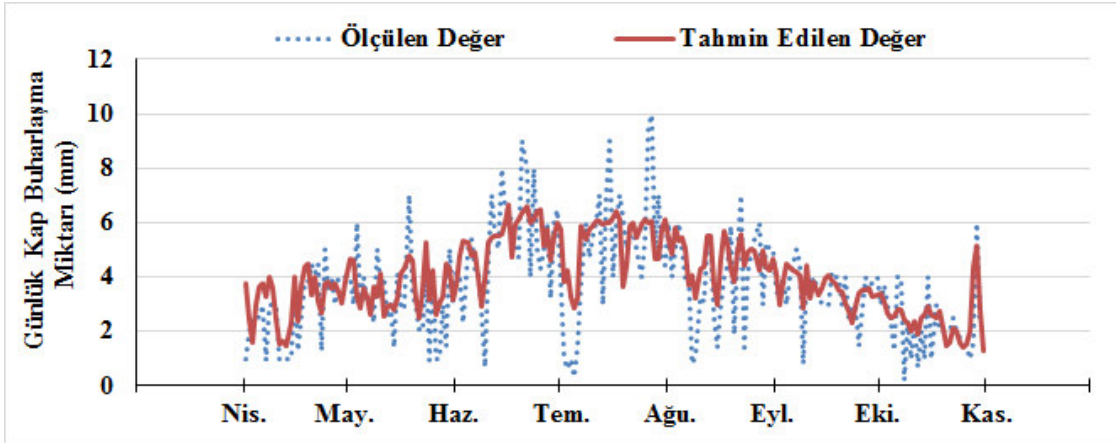
Modellerin performanslarını karşılaştırmak için sonuçlar üzerine istatistiki kontrol yöntemleri uygulanmıştır. Bu bağlamda ilgili model sonuçları ile gözlenen veriler arasında regresyon katsayısı (R^2), ortalama karekök hatası (RMSE), ortalamadan sapma (AD), ortalama kalan hata (MRE) ve ortalama nispi yüzde hata (ARPE) ve yeterlilik katsayısı (CE) istatistikleri kullanılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

2012 yılı için ölçülen ve Penman modeli ile tahmin edilen günlük A sınıfı kap buharlaşma miktarlarının değişimleri Şekil 2'de verilmiştir. Benzer bir şekil 2013 yılı içinde elde edilmiştir. Şekiller incelendiğinde, günlük Penman modeli sonuçlarının ölçülen buharlaşma hattını yakından takip etmesine rağmen, modelin özellikle çok yüksek ya da çok alçak buharlaşma miktarlarını doğru tahmin edemediği görülmüştür.

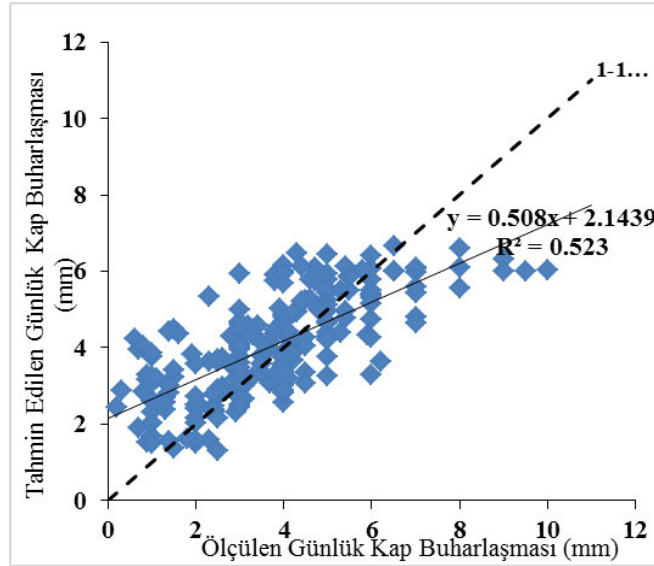
2012 yılı için Penman modeli ile tahmin edilen ve ölçülen günlük A sınıfı buharlaşma kabı değerlerine ait regresyon grafiği eşitliği ile birlikte Şekil 3'te verilmiştir. 2012 yılı için yaklaşık olarak ölçülen günlük, A sınıfı buharlaşma kabı değerleri ile Penman modeli tahmin değerlerinin % 52'lik bir kısmında doğrusal bir ilişkinin ($r = 0.72$ - orta seviyede bir ilişki) olduğu söylenebilir.

Şekildeki 1-1 doğrusundan anlaşıldığı üzere, ölçülen günlük A sınıfı buharlaşma kabı miktarlarının düşük (0-3 mm/gün) değerleri için Penman modeli, çoğunlukla yüksek buharlaşma miktarı tahmin etmiştir. Diğer taraftan günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarının çok yüksek (6-10 mm/gün) değerleri için ise modelin genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmektedir.



Şekil 2. 2012 yılı için Penman modeli ile tahmin edilen ve ölçülen A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma değerleri

Figure 2. Daily measured and Penman model estimated evaporation values from the class A evaporation pan for the year 2012



Şekil 3. 2012 yılı için Penman modeli ile tahmin edilen ve ölçülen A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma değerlerine ait regresyon grafiği

Figure 3. The regression graph between the daily measured and Penman model estimated evaporation values for the year of 2012

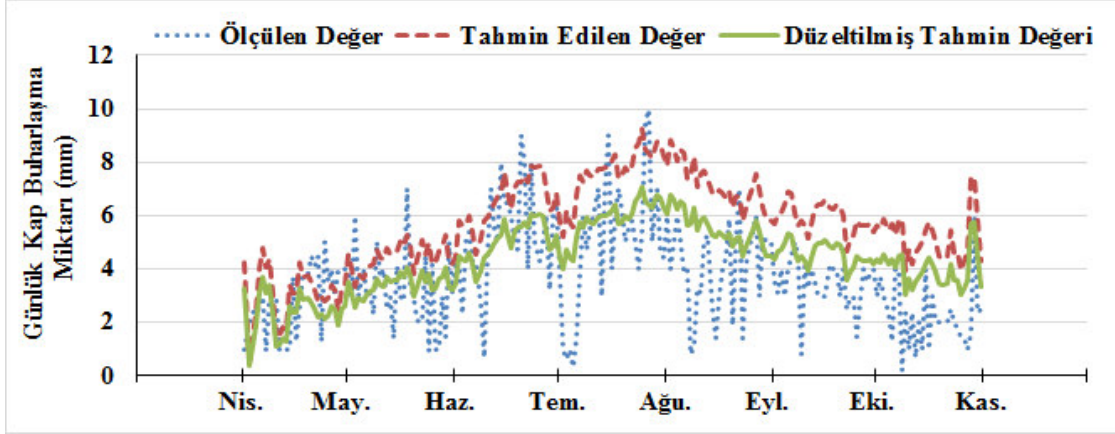
2013 yılı için ise yaklaşık olarak ölçülen günlük, A sınıfı buharlaşma kabı değerleri ile Penman modeli tahmin değerlerinin % 70'lik bir kısmında doğrusal bir ilişkinin ($r = 0.84$ - güçlü seviyede bir ilişki) olduğu bulunmuştur. Bu yıl için de günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarlarının düşük (0-4 mm/gün) değerleri için Penman modeli genellikle yüksek buharlaşma miktarları tahmin etmiştir. Diğer taraftan günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarının çok

yüksek (6-10 mm/gün) değerleri için ise modelin genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmüştür.

2012 yılı için Linacre modeli ile tahmin edilen ve ölçülen günlük A sınıfı kap buharlaşma değerlerinin değişimleri ise Şekil 4'te verilmiştir. Linacre, bu modeli Yeni Zelanda ve Avustralya ya ait verileri kullanarak geliştirmiştir. Bu modelde günlük ortalama sıcaklık ile çiğlenme noktası sıcaklık farkının en az 4 °C ve aylık

yağışın en az 5 mm olması gerektiğini vurgulamıştır. Samsun ilindeki aylık yağış bu gereksinimi karşılarsa da sıcaklık farkının 4 °C derece olması koşulu her zaman sağlanamamıştır. Bu anlamda modele girilen değerlerin yetersiz kalmasına rağmen Şekil 4'ten görüldüğü üzere

Linacre modeli yıl boyu genelde yüksek buharlaşma tahmin etmiştir. Özellikle yaklaşık 1 Mayıs'tan itibaren 30 Ekim'e kadar olan sürede devamlı aşırı yüksek buharlaşma tahmin edildiği görülmektedir.



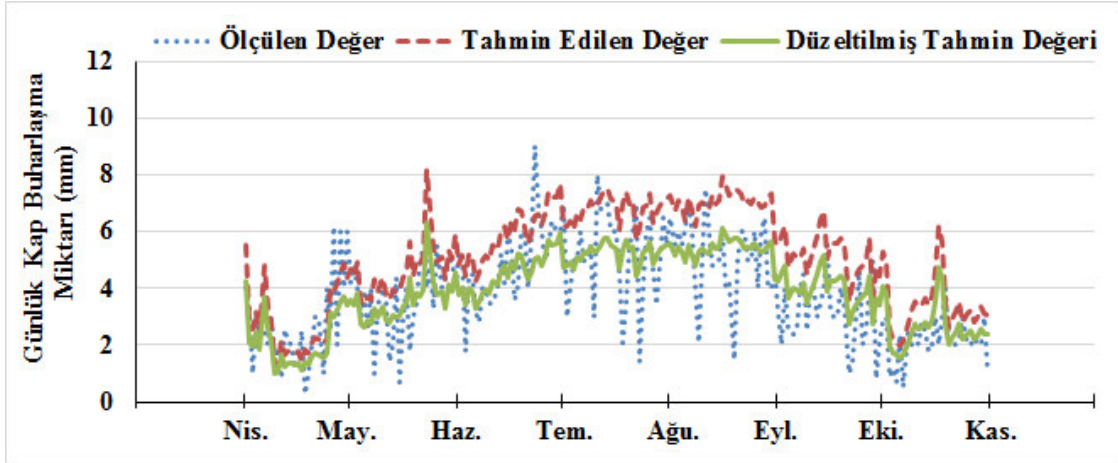
Şekil 4. 2012 yılı için Linacre modeli ile tahmin edilen ve ölçülen A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma değerleri

Figure 4. The measured and Linacre model estimated daily evaporation values for the year of 2012

Diğer taraftan Linacre modelinde herhangi bir düzeltme katsayı bulunmamaktadır (Eşitlik 3). Fakat Linacre modelinin ihtiyaç halinde kullanılabilmesi için bir katsayı düşünülmüştür. Bu anlamda Samsun ili için sulamanın etkin olarak ihtiyaç duyulduğu haziran, temmuz ve ağustos aylarında 2013 yılı için Linacre modeli vasıtasıyla ölçülen buharlaşma miktarlarının tahmin edilen değerlere bölünmesiyle ($147/176=0.83$, $161/210=0.76$, $160/218=0.73$) ortalama 0.77 değerinde bir katsayısı türetilmiş ve düzeltilmiş tahmin değeri adı altında eğim grafiği çizdirilmiştir. Bu türetilen katsayı 2012 yılı içinde kullanılmıştır.

2013 yılı içerisinde günlük olarak ölçülen ve Linacre modeli vasıtasıyla günlük tahmin edilen

A sınıfı kap buharlaşma miktarlarının değişimleri ise Şekil 5'te verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere Linacre modeli tahminleri 2013 yılında 2012 yılına göre nispeten ölçülen buharlaşma miktarına daha tutarlı yaklaşmaktadır. Ancak yine de yıl boyu ölçülene göre yüksek buharlaşma tahmin etmiştir. Özellikle bu modelin 2012 yılında olduğu gibi 2013 yılı için de buharlaşma tahmininin yaklaşık 1 Mayıs'tan itibaren yılsonuna kadar yüksek tahmin ettiği görülmektedir. Bu yılın verileri de 2012 yılında olduğu gibi düzeltme katsayısı olarak belirtilen 0.77 değeri ile çarpılmıştır.



Şekil 5. 2013 yılı için Linacre modeli ile tahmin edilen, düzeltilen ve ölçülen A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma miktarları

Figure 5. The Linacre model estimated, corrected model estimated, and measured daily evaporation values for the year 2013

Linacre modeli ile 2012 yılı için günlük, tahmin ve ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı değerlerine ait regresyon doğrusu eşitliği ile birlikte Şekil 6'da verilmiştir. 2012 yılı için yaklaşık olarak ölçülen günlük A sınıfı buharlaşma kabı değerleri ile Linacre modeli tahmin değerlerinin % 25'lik bir kısmında doğrusal bir ilişkinin ($r = 0.50$ - düşük seviyede bir ilişki) olduğu söylenebilir. Şekilden de görüldüğü üzere günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarının düşük (0-7 mm/gün) değerleri için Linacre modeli genellikle yüksek buharlaşma miktarı tahmin ederken; günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarının çok yüksek (8-10 mm/gün) değerleri için ise genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmektedir.

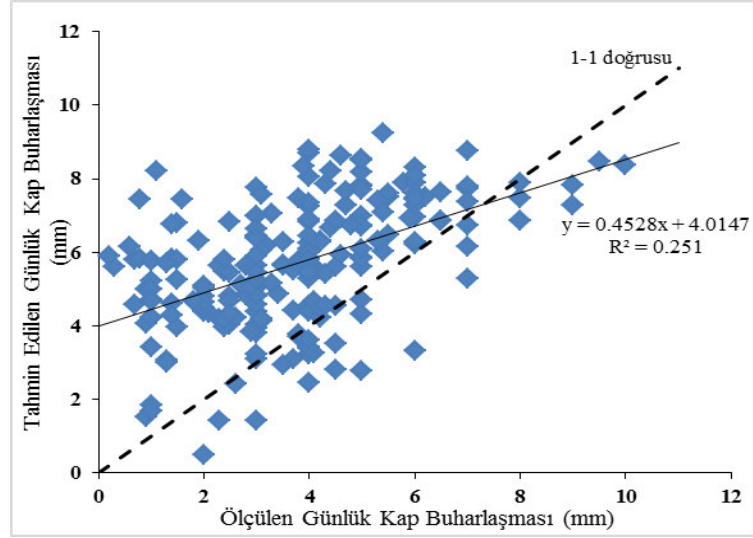
2013 yılı için yaklaşık olarak ölçülen günlük, A sınıfı buharlaşma kabı değerleri ile Linacre modeli tahmin değerlerinin % 48'lik bir kısmında doğrusal bir ilişki ($r = 0.69$ - orta seviyede bir ilişki) bulunmuştur. 2012 yılı sonuçlarına benzer olarak, günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarının düşük (0-7 mm/gün) değerleri için Linacre modeli genellikle yüksek; diğer taraftan günlük ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı

miktarının çok yüksek (7-10 mm/gün) değerleri için ise modelin genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmüştür.

Her iki yıl için her iki modelin günlük A sınıfı buharlaşma kabından olan tahmin performans istatistikleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Sonuçlar dikkate alındığında her iki modelin 2013 yılı performansının 2012 yılı performansından daha iyi olduğu; her iki yıl içinde Penman modelinin Linacre modelinden daha iyi bir performans gösterdiği bulunmuştur.

2012 yılı içerisinde günlük A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerleri toplamı ile elde edilen ve modeller ile tahmin edilen günlük değerler toplamı ile elde edilen aylık değerler değişimleri ise Şekil 7'de verilmiştir. Aylık Penman değerleri ölçüm değerleriyle örtüştüğü gözlenirken, Linacre modeli tahminlerinin ölçüm değerlerinden çok fazla olduğu, düzeltilmiş Linacre sonuçlarının da Temmuz ayı itibarıyla ölçüm değerleriyle örtüşmediği bulunmuştur. Benzer sonuçlar 2013 yılı için de elde edilmiştir.

Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde, modellerin performanslarının Irmak ve Haman (2003)'de belirtildiği biçimde performanslar gösterdiği bulunmuştur.



Şekil 6. 2012 yılı için Linacre modeli ile tahmin edilen ve ölçülen A sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma değerlerine ait regresyon grafiği

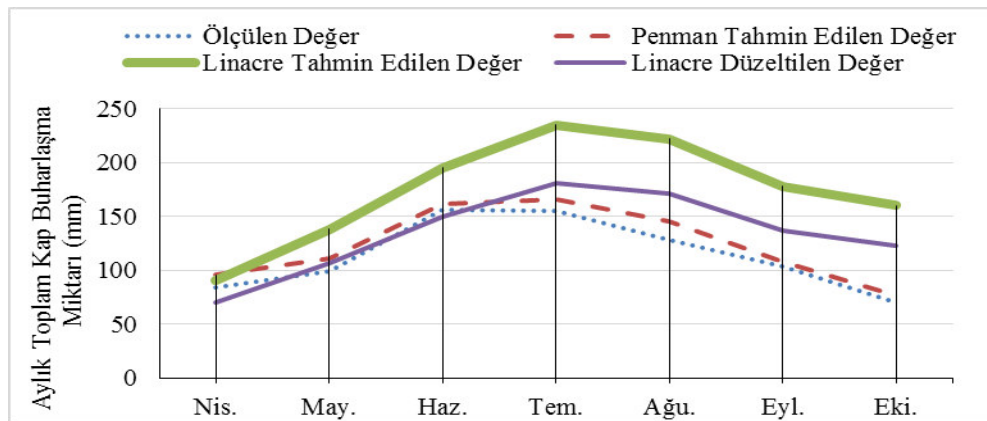
Figure 6. The regression graph between the Linacre model estimated and measured daily evaporation values for the year of 2012

Çizelge 1. 2012 ve 2013 yılları nisan-ekim ayları boyunca modellerin günlük A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma tahmin performans istatistikleri

Table 1. The model estimation performances for the daily class A pan evaporation values during April-October quarter of the years of 2012 and 2013

| Yıl | Model | İstatistik | | | | | |
|------|---------|------------------|-------|------|------|-------|-------|
| | | R ² * | MRSE* | AD* | MRE* | ARPE* | CE* |
| 2012 | Penman | 0.52 | 1.32 | 1.02 | 0.31 | 8.42 | 0.49 |
| | Linacre | 0.25 | 2.66 | 2.24 | 1.97 | 53.2 | -1.03 |
| 2013 | Penman | 0.70 | 0.97 | 0.75 | 0.23 | 6.0 | 0.68 |
| | Linacre | 0.48 | 1.86 | 1.51 | 1.27 | 33.21 | -0.14 |

*: R²: regresyon katsayısı, RMSE: ortalama karekök hatası, AD: ortalamadan sapma, MRE: ortalama kalan hatası, ARPE: ortalama nispi yüzde hata, CE: yeterlilik katsayısı (Öztekın, 2006).



Şekil 7. 2012 yılı için Ölçülen ve modeller ile tahmin edilen A sınıfı buharlaşma kabı değerlerinin aylık değişimi

Figure 7. Monthly changes of the models estimated and measured Class A pan evaporation values for the year of 2012

4. Öneriler

Günlük ve aylık zaman dilimlerinde yapılan bu çalışma, 2012 ve 2013 yılları Nisan-Ekim ayları arasında iki yıllık olarak yürütülmüştür. Alınan günlük meteorolojik parametreler, Penman (1948), Linacre (1977) modellerine uygulanarak günlük kap buharlaşma tahminleri elde edilmiştir. Modeller ile tahmin edilen günlük A sınıfı kap buharlaşma tahminleri, ölçülen günlük A sınıfı buharlaşma kabı değerleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca günlük A sınıfı buharlaşma kabı ölçüm ve tahminleri toplanarak, sırasıyla aylık ölçüm ve tahminler elde edilmiştir.

Samsun ili için 2012 yılı temmuz, ağustos ayları ve 2013 yılı ağustos ayı yağışlı geçmiştir, yani doğal olarak buharlaşma azalmaktadır. Diğer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da kullanılan ampirik modellerde en önemli girdi parametreleri güneşlenme ve sıcaklık tam da bu aylarda maksimum değere ulaşmaktadır. Bu kullandığımız ampirik modellere ise yağış verisi herhangi bir şekilde girilmemektedir. Modellerin başarısını değerlendirirken temmuz ve ağustos ayları bizim için karar verme noktasında en önemli aylardır. Bu durumda Penman modeli buharlaşmanın azalacağını tahmin edebilmiş iken; Linacre modeli bu durumu tahmin edemediği gibi bir de aşırı bir buharlaşma tahmin ettiği ilgili şekillerde görülmüştür.

Günlük zaman diliminde modeller değerlendirildiğinde, 2012 ve 2013 yılları için Penman modelinin, Linacre modeline göre performans istatistikleri daha iyi olarak elde edilmiştir. Bu durum, Linacre modelinin günlük ölçülen buharlaşma hattını Penman modeli kadar yakından takip edemediğini göstermektedir. Sonuç olarak günlük hazırlanacak bir sulama programı için Penman modeli tavsiye edilebilir. Aylık zaman dilimin de modeller değerlendirildiğinde 2012 ve 2013 yılları için Penman ve Linacre modelleri arasında istatistiksel sonuçlar anlamında yine büyük farklar ortaya çıkmıştır. Bu anlamda aylık olarak hazırlanacak bir sulama programı için Penman modeli tavsiye edilmektedir.

Samsun ilinde herhangi bir amaçla hem bitki su tüketimi, hem de gölden ya da barajdan

buharlaşma tahmini gerektiğinde ilgilenilen zaman adımı dikkate alınarak yukarıdaki verilen Penman modeli kullanılabilir. Diğer taraftan Linacre modeli zaten tropikal iklimler için geliştirilmiş bir model olduğundan Samsun ili ikliminde doğru sonuçlar verememiştir. Ancak Linacre modelinin günlük ve aylık grafiklerinde ölçülen değer ile tahmin edilen değer eğim çizgileri incelendiğinde simetrik gittiği görülmektedir. Bu anlamda Linacre modelinin tahmin ettiği değerler günlük, aylık ve yıllık grafiklerinde 0.77 katsayısı ile çarpılmış ve sonuç olarak modelin ölçülen değere yakın tahmin ettiği bulunmuştur.

Kaynaklar

- Abtew W (2001). Evaporation estimation for Lake Okeechobee in South Florida. *J. Irr. Drainage Eng. Amer. Soc. Civil Eng.*, 127:140-147.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M (1998). *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy.
- Burman RD (1976). Intercontinental comparison of evaporation estimates. *J. Irr. Drainage Div. Amer. Soc. Civil Eng.*, 102(IR1): 109-119.
- Burman RD and Pochop LO (1994). *Evaporation, Evapotranspiration and Climate Data. Developments in Atmospheric Science. Vol. 22*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Christiansen JE (1968). Pan evaporation and evapotranspiration from climatic data. *J. Irr. Drain. Div. Amer. Soc. Civil Eng.*, 94 (IR2): 243-265.
- Ertek A, Şensoy S, Yıldız M, Kabay T (2002). Açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanılarak sera koşullarında patlıcan bitkisi için en uygun sulama dozu ve aralığının belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Müh. Dergisi*, 5: 57-67.
- Harbeck GE (1954). *Water-loss Investigations: Lake Hefner Studies*, Technical Report. Geological Survey Professional Paper 269, United States Government Printing Office, Washington, USA.
- Hounam CE (1973). Comparison Between Pan and Lake Evaporation. *Tech. Note 126*, World Meteorol. Org., Geneva, Switzerland.
- Irmak S ve Haman DZ (2003). Evaluation of five methods for estimating class A pan evaporation in a humid climate. *Florida Agricultural Experiment Station Journal Series*, R-07895: 500-509.
- Jacobs AFG, Heusinkveld BG and Lucassen DC (1998). Temperature variation in a class A evaporation pan. *Journal of Hydrology*, 2: 75-83.
- Kanber R (2002). *Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: A-52*, Adana.
- Kohler MA (1954). *Lake and Pan Evaporation. Water Loss Investigations*, vol. 1. Lake Hefner Studies. U.S. Geol. Surv., Paper 269.

- Kohler MA, Nordenson TJ and Fox WE (1955). Evaporation from pans and lakes. U.S. Dept. Commerce Res. Paper 38.
- Linacre ET (1977). A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. *Agr. Meteorol.*, 18: 409-424.
- Özer Z (1990). Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Teknik Rehber, Ankara.
- Öztekin T (2006). A Model for Estimating the Parameters of Continuous Distributions, Ümit Ofset Matbaacılık, 205 s., Ankara.
- Penman HL (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Royal Soc. London, Mathematical and Physical Sciences*, 193: 120-145.
- Penman HL (1956). Evaporation. An introductory survey. *J. Agr. Sci.*, 4: 9-29.
- Priestley CHB and Taylor RJ (1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Rev.*, 100: 81-92.
- Rohwer C (1931). Evaporation from Free Water Surfaces. United States Department of Agriculture Washington. D. C., Technical Bulletin, No. 271, pp. 1-96.
- Sellers WO (1965). *Physical Climatology*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- Terzi Ö (2004). Eğirdir Gölü'ne Ait Buharlaştırma Modellerinin Geliştirilmesi ve Uygulanması. SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Isparta.
- Terzi Ö and Keskin ME (2005). Modelling of Daily pan evaporation. *Journal of Applied Sciences*, 5(2): 368-372.
- Xu CY and Singh VP (2000). Evaluation and generalization of radiation-based methods for calculating evaporation. *Hydrol. Process.* 14: 339-349.
- Xu CY and Singh VP (2001). Evaluation and generalization of temperature-based methods for calculating evaporation. *Hydrol. Process.* 15: 305-319.
- Yılmaz C (2007). Bafra Ovası'nın Beşeri ve İktisadi Coğrafyası. Kızılırmak Ofset Matbaacılık Tesisleri, Samsun.
- Young AA (1945). Evaporation Investigation in Southern California. U.S. Soc. Conserv. Serv., Div. Irr. Water Conserv. Davis, California, USA.