

**Araştırma Makalesi**  
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2018, 55 (4):379-388  
DOI: 10.20289/zfdergi.414100

Çağlar Özkan SEZER<sup>1</sup>  
Tekin ÖZTEKİN<sup>2</sup>  
Esra KUTLU SEZER<sup>3</sup>

**A-Sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Buharlaşma Miktarının Penman ve Priestley-Taylor (PT) Modelleri ile Tahmini\***

Prediction of Class-A Pan Evaporation By Using Penman and Priestley-Taylor (PT) Models

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Dışkapı-Ankara  
<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat  
<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Dışkapı-Ankara

\*Bu makale, 19-23 Haziran 2018 tarihlerinde Uluslararası Katılımlı 9. Ekoloji Kongresinde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

**sorumlu yazar / correspondence:**

Çağlar Özkan SEZER, caglarsezerziraat@gmail.com

**Alınış** (Received): 29.05.2017

**Kabul tarihi** (Accepted): 10.04.2018

**Anahtar sözcükler:**

A-sınıfı buharlaşma kabı, Penman, Priestley-Taylor, PT, model, denklem.

**ÖZ**

**Amaç:** Bu çalışmada; çok yıllık meteorolojik veriler mevcut olmadığında, daha önce meteoroloji istasyonu olmayan bir yere yeni bir istasyon kurulduğunda ya da ivedi olarak günlük buharlaşma verisi gerektiğinde buharlaşma modellerinin günlük iklim verileri kullanılarak gerçekleştirilen tahminleme süreçleri iki yıllık bir zaman periyodunda araştırılmıştır.

**Materyal ve Metot:** Buharlaşma miktarını veren Penman (1948) ve Priestley-Taylor (PT) (1972) olarak seçilen iki model kullanılmıştır. A sınıfı buharlaşma kabı (Epan)'ndan oluşan buharlaşma miktarını tahmin eden bu modeller Samsun'un nemli iklim koşulları altında 2012 ve 2013 yıllarında sınanmıştır. Çalışmanın yapıldığı 2012 ve 2013 yılları iklim özellikleri, çok yıllık ortalamadan farklı ve aşırı yağışlı geçmiştir. Regresyon testi (R2), ortalama karekök hatası (RMSE), ortalamadan sapma (AD), ortalama nispi yüzde hatası (ARPE), yeterlilik katsayısı (CE) olarak verilen istatistiksel değerlendirme yöntemleri istasyonda ölçülen ve modeller yardımıyla tahmin edilen Epan değerlerinin başarısını belirlemek için kullanılmıştır. Modellerden elde edilen Epan değerlerinin performansı günlük ve aylık (günlük toplamlar kullanılarak) olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca istasyonda Epan'ın kurulu olduğu aylar (nisan-ekim ayları) istasyonda ölçülen ve tahmin edilen tüm Epan değerleri dikkate alınarak da bir değerlendirme yapılmıştır.

**Bulgular:** Hem Penman hem de PT modellerinin sonuçları iyi bir Epan tahmini sağlamıştır. Bununla birlikte Penman modeli ile daha iyi istatistiksel sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı 2012 ve 2013 yıllarında Penman modeliyle sırasıyla günlük R2 değerleri 0.52 ve 0.70 ve aylık R2 değerleri ise 0.98 ve 0.96 olarak elde edilmiştir.

**Sonuç:** Samsun ili gibi nemli iklime sahip yerlerde baraj, göl ya da herhangi bir su kütlesinden buharlaşma miktarı tahmin edilmek isteniyorsa Penman modelinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

**Keywords:**

Class-A evaporation pan, Penman, Priestley-Taylor, PT, model, equation.

**ABSTRACT**

**Objective:** This study researched for two years; how evaporation models with daily climate data will predict when weather station is new installed somewhere that does not have a weather station previously, when there is no meteorological data for many years or when daily immediately evaporation data are needed.

**Material and Methods:** Two models chosen as Penman (1948) and Priestley-Taylor (PT) (1972), which give the amount of evaporation, were used for this study. These models estimated the amount of evaporation from the A class evaporation pan (Epan) were tried under the humid climate conditions of Samsun in years 2012 and 2013. In terms of climatic characteristics, 2012 and 2013 were different from long time periods annual averages and extremely rainy. Statistical methods given as regression test (R2), root mean square error (RMSE), average deviation (AD), average relative percentage error (ARPE), coefficient of efficiency (CE) were used to find out the success of Epan values measured in the station and predicted by models. The performance of Epan values of the models were evaluated daily and monthly (by using daily totals). Epan in the weather station installed for six months (from April – to October). During this time, total Epan values measured in the station and total predicted by models were compared.

**Results:** The results of both Penman and PT models gave the good Epan prediction. In addition, Penman models gave the very good statistical results. 2012 and 2013 Penman model gave the daily values of 0.52 and 0.70 R2, the monthly values of 0.98 and 0.96 R2 respectively.

**Conclusion:** Finally, use of Penman model for evaporation estimate from dam, lake or any water mass is recommended in places with a humid climate such as Samsun.

## GİRİŞ

A-sınıfı buharlaşma kapları, meteorolojik parametrelerinin buharlaşma üzerindeki birleşik etkisini yansıtmaktadır. Bu bağlamda A-sınıfı buharlaşma kapları; göller, barajlar gibi açık su yüzeylerinden olan buharlaşma miktarının belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçla dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de A-sınıfı buharlaşma kapları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat A-sınıfı buharlaşma kabı ve içerisindeki mikrometreli derinlik ölçerinin maliyeti, nitelikli ölçüm personeli ihtiyacı, ölçüm saatinde personelin uygun olmaması, konumlandırıldığı alandaki özel çevre isteği, aletin yıllık ve haftalık bakımı, ölçümün yapılamadığı durum (suyun donması, suyun aşırı yağıştan taşması), ölçüm cihazının arıza yapması, otomatik ölçüm cihazlarının pahalı olması gibi faktörler bu kabın her yerde ve her zaman kullanılmasını kısıtlamaktadır. Bu durumlara ek olarak çeşitli çalışmalarda ihtiyaç duyulan günlük kap buharlaşma okumaları bazı sebepler nedeniyle alınamamış olabilmektedir. Bu tip durumlarda buharlaşma değerinin meteorolojik parametreler vasıtasıyla tahmin edebilen bir modelin bilinmesi çok faydalı olacaktır (Doorenbos ve Pruitt, 1977; Terzi, 2004). Bununla birlikte A-sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarının ölçümünün el ile yapılması nedeniyle hem fazla zaman almakta hem de ölçüm hassasiyetinin düşük olmasına neden olmaktadır (Sezer ve ark., 2017a). A-sınıfı buharlaşma kabının kurulması ve işletilmesindeki bu tür sıkıntılardan kurtulmak amacı ile kaptan olabilecek buharlaşmayı tahmin etmek için zaman içinde çeşitli modeller geliştirilmiştir.

Rohwer (1931), Young (1945), Kohler (1954), Penman (1956), Sellers (1965), Hounam (1973), Abtew (2001) taraflarından kap buharlaşma verisinin göller, su depolama yapıları ve diğer su kütlelerinden buharlaşma tahmini için başarılı bir şekilde kullanılabildiği bildirilmiştir.

Winter ve Rosenberry (1995), Minnesota da Williams Gölü'nden oluşan buharlaşmayı hesaplamak amacıyla 11 modeli, enerji bütçesi modeli ile kıyasladıklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, sırasıyla modifiyeli Penman, modifiyeli Priestley-Taylor ve kalibrasyon yaptıkları DeBruin-Keijman modellerinin verdiği aylık buharlaşma sonuçlarının, enerji bütçesi modelinin sonuçları ile çok yakın bir şekilde uyduğunu ifade etmişlerdir.

Xu ve Singh (2000), İsviçre deki Changing istasyonunda ölçülen kap buharlaşma miktarını Makkink (1957), Turc (1961), Priestley-Taylor (1972), Hargreaves (1975) ve Abtew (1996), modellerinin sonuçlarını ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, modellerin sahip olduğu katsayıları kalibre ettiklerinde beş modelden dördünün olumlu şekilde düzelmiş olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuçta kalibre edilmiş Makkink ve kalibre edilmiş Priestley-Taylor modellerini tavsiye etmektedirler.

Irmak ve Haman (2003), Florida'nın 23 yıl boyunca günlük ölçülen meteorolojik parametrelerini, 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 uygulamışlardır. Sonuçta en iyi buharlaşma kabı tahmini sağlayan ilk üç modelin sırasıyla KNF, Penman ve PT olduğunu ifade etmişlerdir.

Tan ve ark. (2007), radyasyon tabanlı modelleri, sıcaklık tabanlı modelleri ve kütle transfer modellerini ilgili başlıkları altında bir araya toplamışlardır. Ayrıca bu modeller yardımı ile yapay sinir ağı modelleri geliştirerek değerlendirmeye kattıklarını belirtmişlerdir. Sonuçta ekvatorial iklim için radyasyon tabanlı modellerin gündüz çok iyi ve birbirine yakın sonuçlar verdiğini ancak gece buharlaşmayı doğru tahmin edemediklerini belirtmişlerdir. Bu noktadaki açığı ise kütle transfer ve sıcaklık tabanlı modellerinin kapattığını ancak bunların güvenilmez olduğunu belirtmişlerdir. Ürettikleri yapay sinir ağı modelinin ise her durumda olumlu sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Terzi (2011), günlük kap buharlaşmasını tahmin etmek için Gen İfade Programlaması (GEP) ve Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağı (RBFN) modellerini geliştirdiğini belirtmiştir. Kap buharlaşmasının hidrolojik ve meteorolojik çalışmalar için önemli bir parametre olduğunu vurgulamıştır. Araştırmacı, çalışmanın sonucunda GEP modelinde  $R^2$  nin (0.812) olduğunu ve RBFN modelinde ise  $R^2$  nin (0.794) olduğunu belirtilmiş ve her iki modelin de günlük kap buharlaşma ölçümü için bir alternatif olarak önerilebileceği ifade etmiştir.

Sezer ve Öztekin (2016), A-sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşmayı tahmin etmek için Penman (1948) ve Linacre (1977) modellerini kullanmışlardır. Modellerin performanslarını, tahmin edilen değerler ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması ile gerçekleştirmişlerdir. Penman modelinin, Linacre modeline göre çok daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir.

Sezer ve ark. (2017b), A-sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşma miktarını tahmin etmek için Christiansen (1968) ve Kohler-Nordenson-Fox (KNF, 1955) modellerini kullanmışlardır. Modellerin performansları, istasyonda ölçülen buharlaşma miktarları ile modeller yardımıyla tahmin edilen değerlerin karşılaştırılmasıyla gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta Christiansen modelinin aşırı yüksek buharlaşma tahmin ettiğini, KNF modelinin ise istasyonda ölçülen değere daha yakın tahmin sağladığını ifade etmişlerdir.

A-sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Günlük Buharlaşmanın Modellerle Tahmini isimli yüksek lisans tezinden yararlanılarak hazırlanan bu makalede amaç, uzun yıllar verisi olmadığı tek yıllık verileri kullanarak

Penman ve Priestley-Taylor modelleri yardımıyla tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  değerlerinin birbiriyle uyumluluğunun Samsun İl merkezi koşulları için test ve değerlendirilmesidir.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma Samsun ilinde yapılmıştır. Samsun ili, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz bölümünde yer almaktadır. Sahil şeridi Karadeniz ikliminin etkisinde yazları sıcak ve nemli ve kışları serin olmasına karşın iç kesimlerde kışlar soğuk ve kar yağışlı yazları ise serindir. Samsun, alüvyal tarım ovaları olan Çarşamba ve Bafra ovalarına sahiptir (Anonim, 2016a). Meteorolojik istatistiklere göre Samsun ili uzun yıllar (1950-2015) toplam yıllık yağış ortalaması 706.3 mm'dir (Anonim, 2016b).

Bu çalışmada kullanılan A-sınıfı buharlaşma kabındaki buharlaşma miktarları ve diğer meteorolojik verilerin günlük değerleri  $41^{\circ} 35'$  kuzey enleminde,  $36^{\circ} 25'$  doğu boylamında ve deniz seviyesinden 4 m yükseklikte konumlandırılmış bulunan Samsun ili, Atakum ilçesi, Atakent mevkiinde bulunan Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Bu çalışma 2012 ve 2013 yıllarının Nisan-Ekim ayları boyunca toplamda 428 gün boyunca sürdürülmüştür. Çalışmada kullanılan günlük meteorolojik parametreler; maksimum, ortalama, minimum hava sıcaklıkları; maksimum, ortalama, minimum bağıl nem; ortalama hava basıncı; rüzgâr hızı; güneşlenme süresi; A-sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarıdır. Kullanılan A-sınıfı buharlaşma kabı çelik malzemeden, yuvarlak biçimde olup çapı 121 cm ve derinliği 25 cm'dir. Kap, yüksekliği 10 cm olan ve ahşaptan yapılmış araları açık bir iskele platform üzerine oturtulmuştur. İskele platform ise, 5 cm kalınlığında sıkıştırılmış toprak üzerine oturtulmuştur. Kap, iskele platform üzerine tesviyeli bir şekilde oturtulmuştur. 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 bulanıklaşmasını önlemek için kap içindeki su en az haftada bir kere yenilenmiştir. Kabın içinden herhangi bir hayvanın su içmesini engellemek için kabın üzerine tel siper konulmuştur. İstasyona herhangi bir hayvan müdahalesi olmaması için A sınıfı buharlaşma kabını da içine alacak şekilde istasyonun etrafı çitle çevrilidir. Meteoroloji istasyonunda, kap buharlaşma miktarı ölçümleri her gün sabah saat 9:00' da gerçekleştirilmiştir.

Buharlaşma tahmini için geçmişten günümüze birçok model mevcuttur. Bu çalışmada Penman ve PT modellerinin birbiri ile karşılaştırılması şu nedenledir. Penman (1948) modeli enerji ve aerodinamik olarak iki ifadeden oluşmuştur. PT (1972) modeli aslında, Penman modelinde aerodinamikliği ifade eden kısmın silinmesi ile oluşturulmuş ve bu ifade yerine  $\alpha$  olarak değeri değişebilen bir katsayı konulmuştur. Dolayısı ile PT

modeli daha az veri girdisiyle, Penman modeli düzeyinde tahmin sağlayıp ya da sağlamayacağı da bu çalışma vesilesi ile ifade edilmiş olacaktır.

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),  $\Delta$ : havanın mevcut sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi ( $kP_a / ^{\circ}C$ ),  $\gamma$ : psikometrik değer ( $kP_a / ^{\circ}C$ ),  $R_n$ : günlük net radyasyon (mm/gün),  $A_h$ : su kütlesi içinde yatay enerji transferi (mm/gün) (Harbeck (1954), genellikle sığ sulara suda depolanan ısının günlük değişiminin önemsiz olduğunu ifade ettiği için bu çalışmada  $A_h = 0$  alınmıştır),  $\lambda$ : suyun buharlaşma gizli ısı (2,45 MJ/kg),  $U_2$ : 2 m yükseklikteki günlük ortalama rüzgar hızı (m/s),  $e_s$ : doymuş buhar basıncı ( $kP_a$ ),  $e_a$ : gerçek buhar basıncı ( $kP_a$ ),  $e_s - e_a$ : buhar basıncı açığıdır ( $kP_a$ ).

Bu çalışmada veri olarak kullanılan rüzgâr hızı meteoroloji istasyonunda 10 metre yükseklikte ölçülmüştür. Bu nedenle istasyonda ölçülen rüzgâr 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 rüzgâr hızı (m/s),  $u_z$ : toprak yüzeyi üstünde z m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m/s), z: toprak yüzeyi üstündeki alınan ölçümün yüksekliğidir (m).

Bu çalışmada kullanılan Priestley ve Taylor (1972) modeli aşağıdaki biçimdedir:

$$E_{pan} = \alpha \left( \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R_n - G) \quad (3)$$

Eşitlikte:  $E_{pan}$ : günlük kap buharlaşma miktarı (mm/gün),  $\alpha$ : birimsiz bir katsayı (1,26) (PT tarafından önerilen değerdir.),  $\gamma$ : psikometrik değer ( $kP_a / ^{\circ}C$ ), G: toprak ısı akışı ( $mm/cm^2/gün$ ), (Günlük zaman dilimi için 0 olduğu varsayılmıştır.),  $R_n$ : günlük net radyasyon eşdeğer buharlaşması (mm/gün),  $\Delta$ : havanın mevcut sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimidir ( $kP_a / ^{\circ}C$ ),

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (4)$$

Eşitlikte:  $R_{ns}$ : güneşten yayılan net kısa dalga radyasyonu ( $Mj/m^2/gün$ ),  $R_{nl}$ : dünyadan yayılan net uzun

dalga radyasyonu ( $Mj/m^2/gün$ ).

Yukarıda verilen her iki model kendi içinde birçok ayrı denklem ve parametreden oluşmaktadır. Bu denklem ve parametrelerin, hesaplanmaları ve varsayımlarında Allen ve ark. (1998) tarafından tanımlanan ilkeler kullanılmıştır.

Modellerin mantıklı ve doğru sonuçlar verip vermediğini anlamak ayrıca modellerin hangisinin daha iyi tahmin sağladığını bulmak için günlük ve aylık 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 nispi yüzde hata (ARPE) ve yeterlilik katsayısı (CE) istatistikleri hesaplanmıştır.

A) Regresyon testi ( $R^2$ ):

$$R^2 = \frac{E_0 - E}{E_0} \quad (5)$$

$$E_0 = \sum_{i=1}^n (E_{pan(i)} - E_{ort})^2 \quad (6)$$

$$E = \sum_{i=1}^n (E_{pan(i)} - E_{pan(i)(M)})^2 \quad (7)$$

Burada;

$E_{pan(i)}$ : ölçülen kap buharlaşma miktarı (mm/gün, mm/ay),

$E_{ort}$ : ölçülen kap buharlaşma değerlerinin ortalama miktarı (mm/gün, mm/ay),

$E_{pan(i)(M)}$ : model ile tahmin edilen kap buharlaşma miktarıdır (mm/gün, mm/ay).

İki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan test yöntemidir. Regresyon katsayısı ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edine bilinir (Anonim, 2016c).

B) Ortalama karekök hatası (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - X_i)^2}{n}} \quad (8)$$

Burada;

n: toplam veri sayısı,

İ: i. veri (gün, ay),

$X_i$ : i. tahmin edilen kap buharlaşma değeri (mm/gün, mm/ay),

$O_i$ : i. ölçülen kap buharlaşma değeri (mm/gün, mm/ay).

Ölçüm ile tahmin değerleri arasındaki farkın standart sapmasını temsil etmektedir (Anonim 2016d). Ortalamadan sapma yönteminden farkı hata miktarını büyütmesidir. Bu yöntemde sonuç negatif (-) değer

alamaz sonuç sıfır değeri alırsa karşılaştırılan veriler arasında hata oranı yok yani tahmin mükemmel demektir.

C) Ortalamadan sapma (AD):

$$AD = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - o_i|}{n} \quad (9)$$

Burada;

n: toplam veri sayısı,

İ: i. veri (gün, ay),

$X_i$ : i. tahmin edilen kap buharlaşma değeri (mm/gün, mm/ay),

$O_i$ : i. ölçülen kap buharlaşma değeridir (mm/gün, mm/ay).

Bu yöntem model tahmininin ortalamadan sapma miktarını göstermektedir. Bu yöntemde negatif (-) sonuç çıkamaz sonuç hep pozitif (+) değerlidir. Ancak buradan modellerin hep fazla tahmin ettiğini sonucu çıkarılmamalıdır. Yöntem sonucunda alınan sapma miktarı sapmanın şiddetini vermektedir. Bu sapma negatif (-) ya da pozitif (+) yönlü olabilmektedir (Öztekin, 2006).

D) Ortalama nispi yüzde hata (ARPE):

$$ARPE = 100x \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - o_i)}{\sum_{i=1}^n o_i} \quad (10)$$

Burada;

n: toplam veri sayısı,

İ: i. veri (gün, ay),

$X_i$ : i. tahmin edilen kap buharlaşma değeri (mm/gün, mm/ay),

$O_i$ : i. ölçülen kap buharlaşma değeridir (mm/gün, mm/ay).

Yüzde olarak sonuç vermektedir. Sonuç pozitif (+) çıkıyorsa model fazla buharlaşma tahmin ediyor demektir. Pozitif (+) değerinin yanındaki rakam ise modelin fazla tahmininin şiddetini vermektedir. Sonuç negatif (-) çıkıyorsa model düşük buharlaşma tahmin ediyor demektir. Negatif (-) değer yanındaki rakam ise modelin düşük tahmininin şiddetini vermektedir (Öztekin, 2006).

E) Yeterlilik katsayısı (CE):

$$CE = 100x \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - o)^2 - \sum_{i=1}^n (x_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - o)^2} \quad (11)$$

Burada;

n: toplam veri sayısı,

İ: i. veri (gün, ay),

$X_i$ : i. tahmin edilen kap buharlaşma değeri (mm/gün, mm/ay),

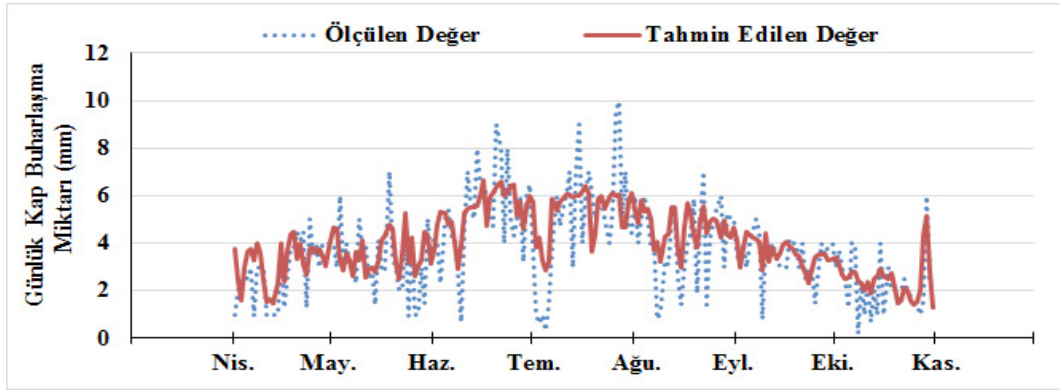
$O_p$ : ölçülen kap buharlaşma değeridir (mm/gün, mm/ay),

$O$ : Ölçülen kap buharlaşma ortalama değeridir (mm/gün, mm/ay).

CE testi ölçülen ile tahmin edilen buharlaşma arasındaki doğal varyasyonun yüzde olarak hatasını değerlendirmektedir. CE testi 1 değeri aldığı anda yapılan tahmin mükemmel demektir. CE testi 0 değeri aldığı anda gözlemlenen ile tahmin edilen veriler arasında tesadüfi ilişki var demektir. CE testi negatif (-) değerini aldığı anda yapılan tahminin düşük kaldığını, negatif (-) değerinin yanındaki rakam ise bunun şiddetini vermektedir (Öztekın, 2006).

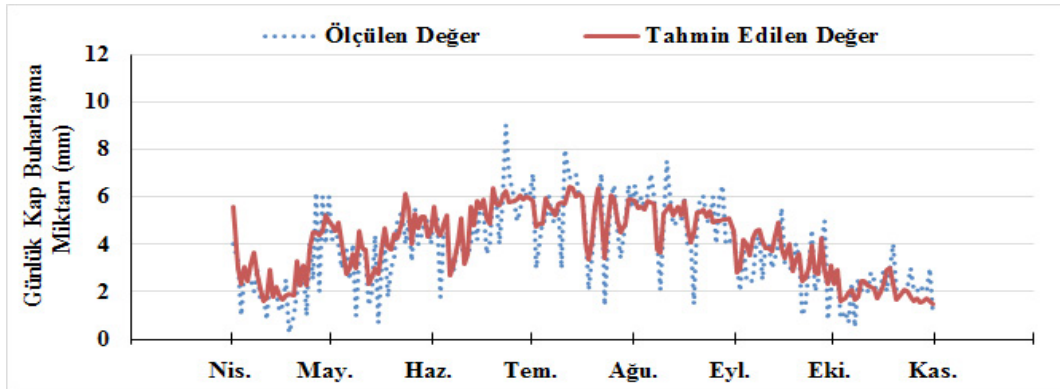
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen A-sınıfı buharlaşma kabı değeri değişimleri Şekil 1 ve 2’de verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde, Penman modeli sonuçlarının ölçülen buharlaşma hattını yakından takip etmesine rağmen, modelin özellikle çok yüksek ya da çok düşük buharlaşma miktarlarını doğru tahmin edemediği görülmektedir.



**Şekil 1.** 2012 yılı için Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerleri (Sezer ve Öztekın, 2016)

**Figure1.**  $E_{pan}$  daily values predicted with Penman model and measured in the station for the year 2012 (Sezer ve Öztekın, 2016)

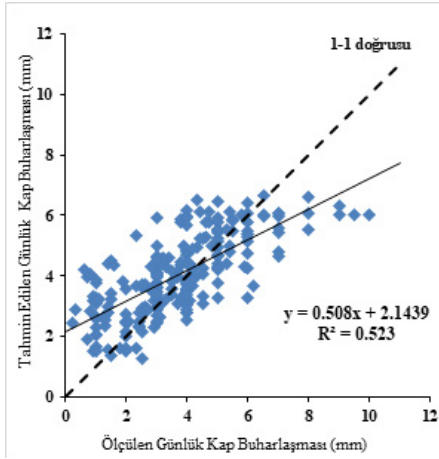


**Şekil 2.** 2013 yılı için Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerleri

**Figure2.**  $E_{pan}$  daily values predicted with Penman model and measured in the station for the year 2013

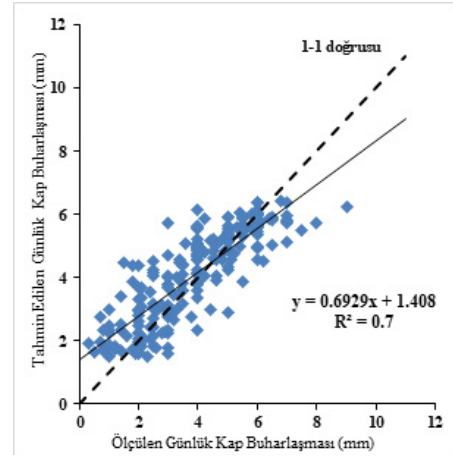
Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  değerlerine ait regresyon grafikleri eşitlikleri ile birlikte Şekil 3 ve 4’te verilmiştir. Şekil 3’de 2012 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen  $E_{pan}$  değerlerinin % 52’lik bir kısmında pozitif doğrusal yönlü bir ilişkinin ( $r=0.72$  – orta seviyede bir ilişki) olduğu bulunmuştur. Şekil 4’de 2013 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen  $E_{pan}$  değerlerinin % 70’lik bir kısmında pozitif doğrusal yönlü bir ilişkinin ( $r = 0.84$  - yüksek

seviyede bir ilişki) olduğu bulunmuştur. Şekil 3 ve 4’de 1-1 doğrusundan anlaşıldığı üzere, ölçülen günlük  $E_{pan}$  miktarları’nın düşük (0-3 mm/gün) değerleri için Penman modeli genellikle yüksek buharlaşma miktarları tahmin etmiştir. Diğer taraftan günlük ölçülen  $E_{pan}$  çok yüksek (6-10 mm/gün) değerleri için ise modelin genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmektedir. Bununla birlikte Penman modeline ait istatistiksel değerlendirme sonuçlarının tamamı Çizelge 1’de verilmiştir.



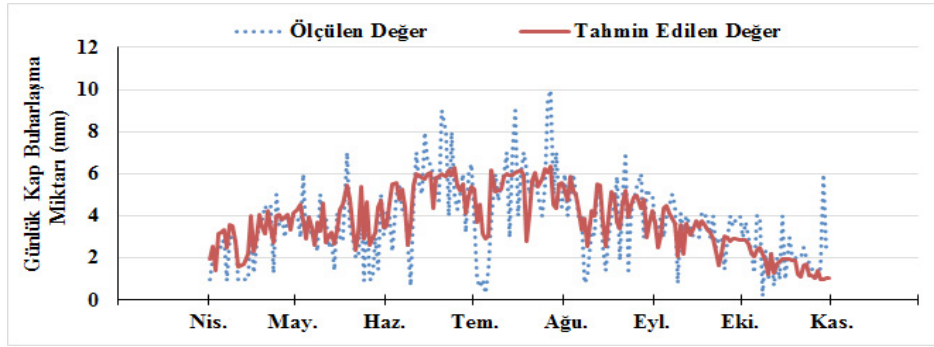
**Şekil 3.** 2012 yılı Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerlerine ait regresyon grafiği (Sezer ve Öztekin, 2016)

**Figure 3.**  $E_{pan}$  daily values the regression graph between predicted with the Penman model and measured in the station for the year of 2012 (Sezer ve Öztekin, 2016)



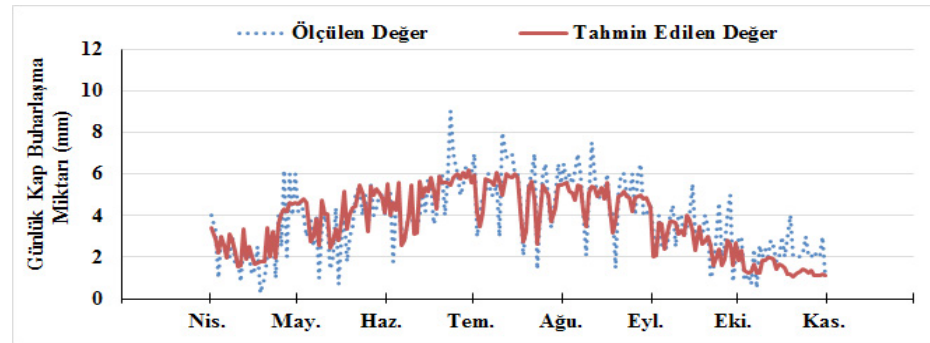
**Şekil 4.** 2013 yılı Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerlerine ait regresyon grafiği

**Figure 4.**  $E_{pan}$  daily values the regression graph between predicted with the Penman model and measured in the station for the year of 2013



**Şekil 5.** 2012 yılı için PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerleri

**Figure 5.**  $E_{pan}$  daily values predicted with PT model and measured in the station for the year 2012



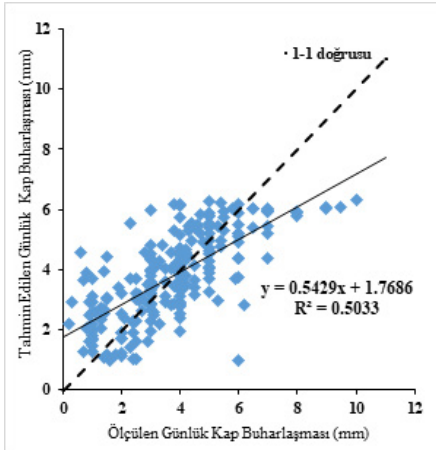
**Şekil 6.** 2013 yılı için PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerleri

**Figure 6.**  $E_{pan}$  daily values predicted with PT model and measured in the station for the year 2013

Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen A-sınıfı buharlaşma kabı değer değişimleri Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde, PT modeli sonuçlarının ölçülen buharlaşma hattını yakından takip etmesine rağmen, modelin özellikle çok yüksek ya da çok düşük buharlaşma miktarlarını doğru tahmin edemediği görülmektedir.

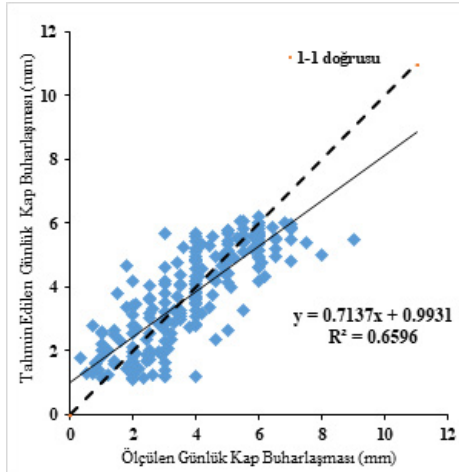
Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  değerlerine ait regresyon grafikleri eşitlikleri ile birlikte Şekil 7 ve 8'de verilmiştir. Şekil 7' de 2012 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen  $E_{pan}$  değerlerinin % 50'lik bir kısmında pozitif doğrusal yönlü bir ilişkinin ( $r = 0.70$  – orta seviyede bir ilişki) olduğu bulunmuştur.

Şekil 8’de 2013 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen  $E_{pan}$  değerlerinin % 65’lik bir kısmında pozitif doğrusal yönlü bir ilişkinin ( $r = 0.81$  – yüksek seviyede bir ilişki) olduğu bulunmuştur. Şekil 7 ve 8’de 1-1 doğrusundan anlaşıldığı üzere, ölçülen günlük  $E_{pan}$  miktarlarının düşük (0-4 mm/gün) değerleri için PT modeli genellikle yüksek buharlaşma miktarları tahmin etmiştir. Diğer taraftan günlük ölçülen  $E_{pan}$  yüksek (5-10 mm/gün) değerleri için ise modelin genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmektedir. Bununla birlikte PT modeline ait istatistiksel değerlendirme sonuçlarının tamamı Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 7. 2012 yılı PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerlerine ait regresyon grafiği

Figure 7.  $E_{pan}$  daily values the regression graph between predicted with the PT model and measured in the station for the year of 2012



Şekil 8. 2013 yılı PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  günlük değerlerine ait regresyon grafiği

Figure 8.  $E_{pan}$  daily values the regression graph between predicted with the PT model and measured in the station for the year of 2013

Çizelge 1. 2012 ve 2013 yılları günlük olarak, Penman modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  istatistik sonuçları (Sezer ve Öztekin, 2016)

Table 1. Daily  $E_{pan}$  statistical results, predicted with Penman Model and station measured for the years 2012 and 2013 (Sezer ve Öztekin, 2016)

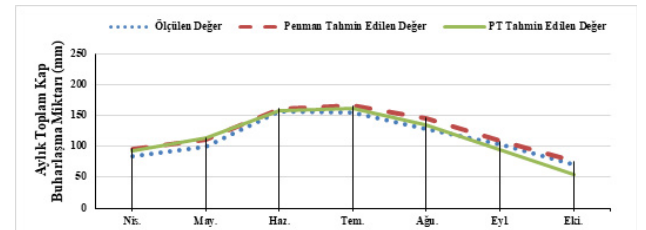
Yıl	Model	İstatistik				
		R <sup>2</sup>	RMSE	AD	ARPE	CE
2012	Penman	0.52	1.32	1.02	8.42	0.49
2013	Penman	0.70	0.97	0.75	6.0	0.68

Çizelge 2. 2012 ve 2013 yılları günlük olarak, PT modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen  $E_{pan}$  istatistik sonuçları

Table 2. Daily  $E_{pan}$  statistical results, predicted with PT model and station measured for the years 2012 and 2013

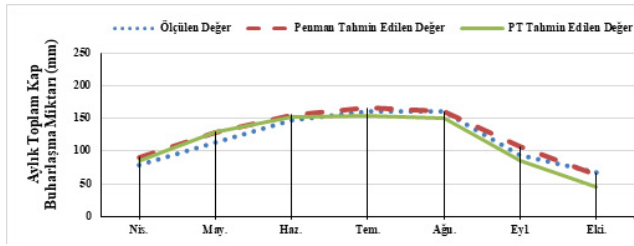
Yıl	Model	İstatistik				
		R <sup>2</sup>	RMSE	AD	ARPE	CE
2012	PT	0.50	1.32	1.02	1.83	0.49
2013	PT	0.65	1.02	0.80	-2.7	0.65

Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yılları için, Penman ve PT modelleri ile tahmin edilen (günlük tahminler toplanarak) ve istasyonda ölçülen A-sınıfı buharlaşma kabı miktarlarının (günlük ölçümler toplanarak) aylık değer değişimleri Şekil 9 ve 10’da verilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde görüldüğü üzere: Penman modeli nisan, mayıs, temmuz ve ağustos aylarında fazla buharlaşma tahmin etmiştir. PT modeli ise nisan ve mayıs aylarında fazla buharlaşma tahmin etmiş iken eylül ve ekim aylarında ise düşük buharlaşma tahmin etmiştir. Şekil 10 incelendiğinde görüldüğü üzere: Penman modeli nisan, mayıs, eylül aylarında fazla buharlaşma tahmin etmiştir. PT modeli ise nisan ve mayıs aylarında fazla buharlaşma tahmin etmiş iken eylül ve ekim aylarında ise düşük buharlaşma tahmin etmiştir. Sonuçta her iki yıl ve her iki modelin küçük farklarla da olsa ölçülen  $E_{pan}$  değerine yakın ya da birebir sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durumdan günlük olarak çalıştırılan modellerin aylık olarak da iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Aylık sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi ise Çizelge 3’de verilmiştir.



Şekil 9. 2012 yılı için istasyonda ölçülen ve modeller ile tahmin edilen  $E_{pan}$  aylık değerleri değişimi

Figure 9.  $E_{pan}$  monthly value changes measured in the station and predicted with the models for the year 2012



**Şekil 10.** 2013 yılı için istasyonda ölçülen ve modeller ile tahmin edilen  $E_{pan}$  aylık değerleri değişimi

**Figure 10.**  $E_{pan}$  monthly value changes measured in the station and predicted with the models for the year 2013

**Çizelge 3.** 2012 ve 2013 yılları nisan-ekim ayları boyunca tahmin edilen ve ölçülen  $E_{pan}$  aylık istatistiksel değerlendirme sonuçları (İlgili modellerin regresyon grafikleri verilmemiş bunun yerine sonuçları verilmiştir.)

**Table 3.** Monthly  $E_{pan}$  statistical valuation results predicted and measured during the months from April to October for the years 2012 and 2013. (Regression graphs of the related models were not given, instead, the results were given).

Yıl	Model	İstatistik				
		R <sup>2</sup>	RMSE	AD	ARPE	CE
2012	Penman	0.98	10.54	9.58	8.42	0.88
	PT	0.93	9.97	8.81	1.83	0.89
2013	Penman	0.96	9.75	8.34	6.0	0.92
	PT	0.91	12.14	10.66	-2.73	0.88

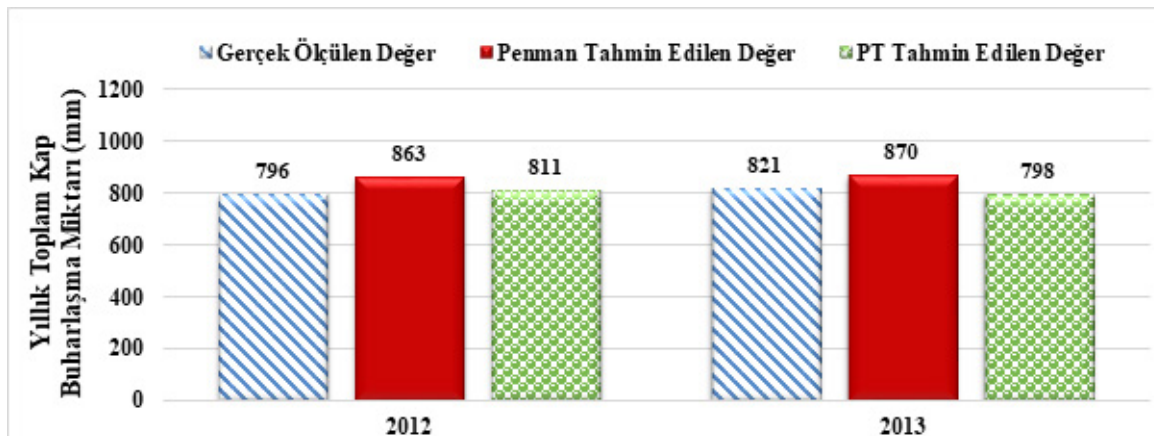
Çalışmanın yürütüldüğü 2012 ve 2013 yılları için, istasyonda buharlaşma kabının kurulu olduğu nisan-ekim ayları boyunca Penman ve PT modelleri ile tahmin edilen (günlük tahminler toplanarak) ve istasyonda

ölçülen A-sınıfı buharlaşma kabı miktarlarının (günlük ölçümler toplanarak) toplam tahmin ve toplam ölçümlerin ne derece uyumlu olduğu irdelenmiştir. Bu bağlamda ilgili değerler karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 11’de verilmiştir. Şekil 11’den görüldüğü üzere tahmin edilen toplam değerler ile ölçülen toplam değerler birbiri ile son derece uyumludur.

## SONUÇ

Bu çalışma ile yapay sinir ağı çalışmaları için de faydalı olabilecek Penman ve PT modelleri tekrardan gün ışığına çıkartılmıştır. Diğer taraftan, modelleri değerlendirirken 2012 yılı için Şekil 1 ile Şekil 5 ve 2013 yılı için ise Şekil 2 ve Şekil 6’nın birlikte incelenmesi tavsiye edilmektedir. Çünkü her iki yıl birbirinden bağımsızdır. Samsun ili için 2012 yılı temmuz, ağustos ayları ve 2013 yılı ağustos ayı oldukça yağışlı geçmiştir. Yani doğal olarak buharlaşma azalmaktadır. Bu kullanılan ampirik modellere yağış verisi girilmemesine rağmen, her iki modelde de buharlaşmanın azalacağı öngörülmesi büyük bir başarı olarak düşünülmektedir.

Günlük zaman diliminde modeller değerlendirildiğinde, 2012 ve 2013 yılları için Penman modelinin, regresyon ve CE istatistik değerleri PT modellerine göre çok az bir miktar yüksek çıktığı görülmektedir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Bu durum Penman modelinin, günlük ölçülen buharlaşma hattını daha yakından takip ettiğini göstermektedir (Şekil 1, Şekil 5 ve Şekil 2, Şekil 6). Bununla beraber ARPE istatistik değerlerinden anlaşıldığı üzere PT modeline göre Penman modeli biraz fazla buharlaşma tahmin etmektedir. Diğer taraftan AD ve RMSE istatistik değerlerinin her iki model için de neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Yani her iki model için bu iki ayrı istatistik yöntemi net bir ayırım yapmamaktadır. Genel olarak istatistik yöntemlerinin



**Şekil 11.** 2012 ve 2013 yılları nisan-ekim ayları boyunca Penman ve PT modelleri ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen toplam  $E_{pan}$  değerleri

**Figure 11.**  $E_{pan}$  total values measured in the station and predicted with Penman and PT models during the months from April to October for the years 2012 and 2013.



sonuçlarına bakıldığında, aslında her iki modelin aynı mantık doğrultusunda çalıştığı görülmektedir. Sonuç olarak günlük hesaplanacak bir buharlaşma tahmini için, istatistiksel olarak daha iyi regresyon değeri verdiği için Penman modeli tavsiye edilmektedir. Ancak isteyen uygulayıcılar Penman modeline yakın istatistiksel değerler veren PT modelini de tercih edebilirler. Çünkü bazı uygulayıcılara daha az veri istemesi ve modelin daha basit olması nedeniyle PT modeli daha pratik gelebilir.

ARPE ve yüzde hata (%E) istatistiksel olarak birbirine benzemektedir. Irmak ve Haman (2003), 23 yıllık ortalama veri üzerinde yaptıkları bir çalışmada, günlük %E' yi Penman modelinde %19, PT modelinde %-24 gibi yüksek bir hata oranında bulmuşlardır. Yapılan bu çalışmada ARPE değeri Penman modelinde; 2012 yılı için %8.4, 2013 yılı için %6'dır. PT modelinde ise; 2012 yılı için %1.83, 2013 yılı için %-2.7'dir. Ancak Irmak ve Haman (2003)'ün kullandığı Penman modeli, Jensen ve ark. (1990) tarafından tanımlanan şeklidir. Günlük RMSE hatasının ise Penman modeli için 0.75, PT modeli için 0.97 olduğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan Irmak ve Haman (2003), çalışmalarında maksimum buharlaşmanın Mayıs ayında meydana geldiğini ve bunu Penman modelinin tahmin ettiğini, PT modelinin ise tahmin edemediğini ifade etmişlerdir. Bu durumun modellerin başarılı ya da başarısız olarak yorumlanmasında kolaylık sağladığı belirtilmiştir. Bu çalışmanın yapıldığı Samsun ilinde maksimum  $E_{pan}$  Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Her iki modelde de Temmuz ayında maksimum buharlaşma tahmin edildiği için, bu çalışmada böyle bir fark gözlenmemiştir.

Aylık zaman diliminde modeller değerlendirildiğinde, 2012 ve 2013 yılları için Penman ve PT modellerinin, regresyon ve CE istatistik sonuçları çok yüksek çıkmıştır (Çizelge 3). Bu durum, her iki modelin aylık ölçülen buharlaşma hattını yakından takip edebildiğini göstermektedir (Şekil 9 ve 10). Ayrıca her iki modelin de %90'ın üzerinde bir regresyon katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum şu şekilde yorumlanabilir; aylık buharlaşma tahmini yapılırken, meteorolojik parametrelerin aylık ortalama değerleri yerine, ilgili ay boyunca modeller günlük değerlere göre çalıştırılarak aylık ortalamaya ulaşmak daha doğru sonuçlar vermektedir. Diğer taraftan PT modeli özellikle 2013 yılı için buharlaşmayı bir miktar düşük tahmin etmiştir (Şekil

10). Bu düşük buharlaşma tahmini ARPE istatistiğinde de görülmektedir (Çizelge 3). Bununla beraber Penman modelinin ise buharlaşmayı biraz yüksek tahmin ettiği yine ARPE istatistiği ile anlaşılmaktadır. Son zamanlarda önemi giderek artan iklim değişimi ve küresel ısınma tahmin edilemeyen sorunları karşımıza çıkarmaktadır. Eğer söz konusu olan, rezervuar suyunun buharlaşma ile kaybını hesaplamak ise, biraz daha fazla buharlaşma tahmini yapan Penman modelini seçmek, rezervuar kapasitesini biraz daha artırmak ve kurak döneme önceden hazırlık demektir. Sonuç olarak, aylık olarak hazırlanacak bir buharlaşma tahmin haritalaması için Penman modeli tavsiye edilmektedir.

Winter ve Rosenberry (1995) birer yıllık veri ile toplamda 5 yıl yürüttükleri buharlaşma üzerine bir çalışmada en iyi sonucu veren ilk üç denklemin sırasıyla Penman, DeBruin-Keijman ve Priestley-Taylor (PT) olduğunu vurgulamışlardır. Bahsedilen araştırmacıların kullandığı Penman modeli, Jensen ve arkadaşlarının (1974) tanımladığı modeldir. PT modeli ise Stewart and Rouse' nin (1976) tanımladığı modeldir. Bahsedilen araştırmacıların kendi çalışmalarında kullandıkları modeller ve istatistiksel yöntemler bu çalışmadan farklı olduğundan bu çalışma ile karşılaştırma yapılamamıştır.

Samsun ilinde herhangi bir amaçla göller, su depolama yapıları ve diğer su kütlelerinden buharlaşma tahmini gerektiğinde yukarıdaki veriler ışığında Penman modeli tavsiye edilmektedir. Diğer taraftan Penman modeli günlük ölçümler için her ne kadar ortalama değerleri tahmin etmiş olsa da günlük çok yüksek ya da çok düşük buharlaşma değerlerini tahmin edememiştir. Bu durumun, Penman modelinde Ah olarak belirtilen katsayının girilmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü A-sınıfı buharlaşma kabındaki suyun derinliği ve kütlesi az olduğu için geceleri soğumakta veya yaz aylarında dahi hava bir gün bile soğusa soğuyabilmektedir. Bu bağlamda günden güne artan bir termal iletkenlikten bahsedilemediği için bu veri modele girilememiştir. Winter ve Rosenberry (1995) tarafından gerçekleştirildiği gibi, büyük bir su kütlelerinde su termal iletiminin belirlenerek Ah katsayısının da modele girilmesi ve bunun farklı bir çalışmada geliştirilmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR/REFERENCE

- Anonim, 2016a. Samsun ili, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Samsun#Co.C4.9Frafya> (21.11.2016).
- Anonim, 2016b. Samsun ili uzun yıllar toplam yıllık yağış ortalama miktarı, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAMSUN> (21.11.2016).
- Anonim, 2016c. Regresyon Testi (R<sup>2</sup>), [http://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon\\_analizi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon_analizi) (21.11.2016).
- Anonim, 2016d. Ortalama karekök hatası (RMSE), [https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square\\_deviation](https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square_deviation) (21.11.2016).
- Abtew W. (1996). Evapotranspiration measurement and modeling for three wetland systems in South Florida. *Water Resources Bulletin* 32, 466-473.
- Abtew, W., (2001). Evaporation estimation for Lake Okeechobee in South Florida. *J. Irr. Drainage Eng. Amer. Soc. Civil Eng.* 127(3), 140-147.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M., (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and drainage paper 56*. Rome, Italy: FAO
- Christiansen, J.E., (1968). Pan evaporation and evapotranspiration from climatic data. *J. Irr. Drain. Div. Amer. Soc. Civil Eng.*, No.94 (IR2), 243-265.
- DeBruin, H.A.R., & Keijman, J. Q. (1979). The Priestley-Taylor evaporation model applied to a large, Shallow Lake in the Netherlands. *J. Appl. Meteorol.*, 18, 898-903.
- Doorenbos, J. & Pruitt, W. O., (1977). *crop water requirements, food and agriculture organization of the United Nations. Irrigation and drainage paper 24*. Rome, Italy: FAO.
- Hargreaves GH. (1975). Moisture availability and crop production. *Transactions of the ASAE* 18: 980-984.
- Harbeck, G.E., (1954). *Water-loss investigations: Lake Hefner studies, technical report. Geological survey professional paper 269*. Washington, USA: United States Government Printing Office.
- Hounam, C.E., (1973). *Comparison between pan and lake evaporation. Tech. note 126*. Geneva, Switzerland: World Meteorol. Org.
- Irmak, S. ve Haman, D. Z., (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.
- Jensen, M.E., (1974). Consumptive use of water and irrigation water requirements. Tech. Rpt. Com. Irr. Water Requirements, Irr. Drainage Div., Amer. Soc. Civil Eng., Davis, Calif.
- Jensen, M.E., Burman R.D. & Allen R.G., (1990). Evapotranspiration and irrigation water requirements. Amer. Soc. Civil Eng.(New York). Manual Rpt. Eng. Practices No.70.
- Kanber, Rıza. (2002). *Sulama. Çukurova Üniv. Zir. Fak. Ders Kitapları*. Yayın No: A-52/174
- Kohler, M.A., (1954). Lake and pan evaporation. Water loss investigations, vol. 1., Lake Hefner studies. U.S. Geol. Surv., Paper 269.
- Kohler, M.A., Nordenson T.J. & Fox, W.E., (1955). Evaporation from pans and lakes. U.S. Dept. Commerce Res. Paper 38.
- Linacre, E.T., (1977). A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. *Agr. Meteorol.*, 18, 409-424.
- Makkink GF., (1957). Testing the Penman formula by means of lysimeters. *Journal of the Institution of Water Engineers*, 11, 277-88.
- Öztekin, T., (2006). *A model for estimating the parameters of continuous distributions*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 205 s., Tokat.
- Penman, H.L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Royal Soc. London, Mathematical and Physical Sciences*, Vol. 193, No.1032, 120-145.
- Penman, H.L., (1956). Evaporation. An introductory survey. *Netherlands J. Agr. Sci.*, 4, 9-29.
- Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J., (1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Rev.*, 100 (2), 81-92.
- Rohwer, C., (1931). Evaporation from free water surfaces. *United States Department of Agriculture Washington. D. C., Technical Bulletin*. No. 271, 1-96.
- Steward, R. B., & W.R. Rouse, (1976). A simple equation for determining the evaporation from Shallow Lakes and Ponds. *Water Resour. Res.* 12, 623-628.
- Sellers, W.O., (1965). *Physical climatology*. Chicago: Univ. Chicago Press.
- Sezer, Ç.Ö., (2015). *A-sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşmanın modellerle tahmini*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, GÖÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat).
- Sezer, Ç.Ö. & Öztekin, T., (2016). A-sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşmanın Penman ve Linacre modelleri ile tahmini. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3), 137 – 147
- Sezer, Ç.Ö., Öztekin, T. & Cömert, M. M., (2017a). A-sınıfı buharlaşma kabından olan anlık buharlaşma miktarının ultrasonik derinlik ölçer ile belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(1), 1 – 7.
- Sezer, Ç.Ö., Öztekin, T. & Kutlu Sezer, E., (2017b). A-sınıfı buharlaşma kabından olan günlük buharlaşmanın Kohler-Nordenson-Fox (KNF) ve Christiansen modelleri ile tahmini. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD), Özel Sayı*, (6), 184 – 196
- Tan, S.B.K., Shuy, E.B. & Chua, L.H.C., (2007). Modelling hourly and daily open-water evaporation rates in areas with an equatorial climate. *Hydrological Processes*, 21, 486-499.
- Terzi, Ö., (2004). Eğirdir Gölü'ne ait buharlaşma modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması (Doktora Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta).
- Terzi, Ö., (2011). Modeling of daily pan evaporation of lake Eğirdir using data-driven techniques. Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, No:978-1-61284-922-5, 320-325.
- Turc, L., (1961). Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climatic formula evolved up to date. *Annals of Agronomy*, 12, 13-49
- Winter, T.C. and Rosenberry, D.O., (1995). Evaluation of 11 equations for determining evaporation for a small lake in the north central United States. *Water Resources Research*, 31(4), 983-993.
- Xu, C.Y. and Singh, V. P., (2000). Evaluation and generalization of radiation-based methods for calculating evaporation. *Hydrol. Process*, 14, 339-349.
- Young, A. A., (1945). Evaporation investigation in southern California. U.S. Soc. Conserv. Serv., Div. Irr. Water Conserv. Davis, Calif.