

ET Gauge ve A Sınıfı Buharlaşma Kap Ölçümlerinin Karşılaştırılması

İsmail TAŞ^{1*}, Fatih Cem KUZUCU², Seyid Ahmet BECAN³

¹Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

³Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Çanakkale, Türkiye

*Sorumlu Yazar: tas_ismail@yahoo.com

Geliş Tarihi: 22.02.2020 Düzeltme Geliş Tarihi: 09.03.2020 Kabul Tarihi: 11.03.2020

Özet

Sulama suyu miktarının bilinmesi, sulama programlarının oluşturulması, sulama sistemlerinin planlanması ve projelendirilmesi başta olmak üzere birçok alanda hayati öneme sahip bir bilgidir. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında en basit ve kullanışlı olanların başında, A sınıfı buharlaşma kabı (Apan) gelmektedir. Son yıllarda çok sayıda yöntem ve teknolojik alet/ekipman geliştirilmiş olmasının yanında yenileri de zaman içerisinde eklenmektedir. Son birkaç on yıllık dönemde kullanımı giderek artan ekipmanların başında ET Gauge ekipmanı gelmektedir. Yapılan bu çalışmada, ET Gauge ekipmanından elde edilen değerler ile A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerleri karşılaştırılmıştır. Ölçüm yapılan 5 aylık dönemde ET Gauge okumalarının ortalaması 4.7 mm/gün, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın (Apan) ortalaması 7.2 mm/gün ve düzeltilmiş Apan'ın ortalama değeri 5 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, ölçümlerin standart sapmaları ise ET Gauge 2.803, Apan'ın 3.787 ve düzeltilmiş Apan'ın ise 2.651 olarak hesaplanmıştır. ET Gauge ile Apan okumaları arasındaki korelasyon pozitif yönlü olup katsayısı 0.825'dir. Ayrıca, iki parametrenin arasındaki kuvvetli bir ilişki ortaya koymakta olup regresyon katsayısı (R^2) ise 0.9991 olarak belirlenmiştir. Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda ET Gauge ekipmanı, sulama programlamalarında pratik olarak rahatlıkla kullanılabilceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sulama, ET Gauge, A Sınıfı Buharlaşma Kabı, Korelasyon, Regresyon

Comparison of ET Gauge and Class-A Pan Evaporation Measurements

Abstract

Amount of irrigation water reveals vital information for many areas including creation of irrigation programs, planning and design of irrigation systems. There are many methods to determine the amount of irrigation water. One of the simplest and most useful of these methods is the Class-A Pan evaporation (Apan). In recent years, many methods and technological tools/equipment have been developed and new ones have been added over time. ET Gauge equipment is one of the equipment that has been increasingly used in the last few decades. In this study, the values obtained from ET Gauge equipment and the evaporation values from Class-A pan were compared. The average of ET Gauge readings in the 5-month period was 4.7 mm/day, the average of evaporation (Apan) from Class-A pan was 7.2 mm/day and the average value of the corrected Apan was 5 mm/day. In addition, standard deviations of the measurements were calculated as 2.803 for ET Gauge, 3.787 for Apan and 2.651 for corrected Apan. The correlation between ET Gauge and Apan readings was positive (0.825). In addition, it revealed a strong relationship between two parameters and the regression coefficient (R^2) was 0.999. As a result of the analyses and evaluations, it has been determined that ET Gauge equipment could easily be used in irrigation programming.

Keywords: Irrigation, ET Gauge, Class A Pan Evaporation Cup, Correlation, Regression

Giriş

Yağışların yetersiz olduğu yerlerde, bitkilerin gelişimini sağlamak veya verimi arttırmak amacıyla, eksik olan suyun sulama yoluyla tamamlanması gerekir. Uygulanacak sulama suyu miktarının doğru bir şekilde ve pratikte kullanılabilir bir yöntemle belirlenebilmesi ve uygulanması bitkisel üretimde verim ve kalitenin artırılmasında büyük etkiye sahiptir. Ayrıca sulamadan kaynaklanacak çevresel tahribatın önlenmesi için de büyük önem arz etmektedir. Hali hazırda ülkemiz üreticileri yaygın şekilde geçmişteki deneyimlerine dayanarak sulama işlemini gerçekleştirmektedir. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde dünyada olduğu gibi ülkemizde de A-sınıfı buharlaşma kabı (Apan) kullanılabilirliği konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bilindiği gibi, Apan günlük rüzgar koşullarından, ortalama bağıl nemden ve buharlaşma kabının yerleştirildiği konumdan büyük oranda etkilenmektedir. Rüzgârı ve bağıl nemi ölçmek kolay olsa da, kabın yerleştirildiği konumdan kaynaklanan etkinin doğru şekilde belirlenmesi güçtür. Özellikle şiddetli yağış veya sulama uygulamalarından sonra, kap çevresinde bağıl nem artar, ancak alan kurdukça hızlı bir şekilde azalır. Bu nedenle de sürekli bir değişkenlik söz konusudur. Buna bağlı olarak da ölçümlerden elde edilen sonuçların doğruluk düzeyleri ve güvenilirlikleri etkilenmektedir.

Buharlaşmanın doğru bir şekilde tahmin edilmesi, havza su yönetimi ve özellikle sulama projelerinin tasarımı, planlanması ve işletilmesi açısından çok önemlidir. Buharlaşma, su dengesi ve hidrolojik çevirimin ana unsurlarından bir tanesidir ve doğru bir şekilde ölçülmesi ve temin edilmesi, sulama ve hidroloji gibi bir çok bilim dalı için çok büyük bir ihtiyaçtır (Jensen ve Criddle, 1966). Kırnak ve ark. (2001), Atatürk baraj gölünden 1993-2000 yılları arasında, aylık buharlaşma değerlerini Kohler-Nordenson-Fox, Linacre ve Priesley-Taylor eşitliklerini kullanarak tahmin etmiş ve çalışma sonunda, göl buharlaşma miktarının sıcaklık, enlem ve yükseklik değerleri vasıtasıyla belli güven sınırları içerisinde hesaplanabilmesinin zorluğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, yarı kurak iklim bölgeleri için en iyi tahmin Priestley-Taylor eşitliğinin kullanılması ile elde edileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Chen ve Robinson (2009), ABD'nin Kuzey Carolina eyaletinde, Penman-Monteith denkleminin gerektirdiği verilerin ölçüldüğü mevcut 19 meteorolojik istasyonunda ET Gauge ağı oluşturmuşlardır. ET Gauge ekipmanının, Penman-Monteith yöntemine göre basit bir alt yapı olarak kullanılıp kullanılmayacağını test etmek ve farklılıkları ortaya çıkarmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. ET Gauge ekipmanı ile ölçülen üç

yıllık günlük buharlaşma değerleri, 19 meteorolojik istasyondan elde edilen iklim parametrelerinden yararlanılarak ASCE Standardize Penman-Monteith yöntemi kullanılarak hesaplanan referans evapotranspirasyon (ET_r) değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında ölçülen günlük ET Gauge değerleri, hesaplanan ET_r değerlerinden ortalama %21 oranında daha düşük olarak bulunmuşlardır. Ayrıca, ET Gauge ile ET_r ilişkisinde, iklim elamanlarından nem, radyasyon ve sıcaklıkla parametrelerine göre, yağış ve rüzgar hızı parametrelerinin daha büyük oranda etkili olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında, rüzgar hızı genellikle düşük olmasına karşılık, yüksek rüzgar hızının olduğu dönemlerde ET Gauge, büyük oranda düşük ölçümler yaptığı saptanmıştır. Rüzgar hızı 1 m/s iken mutlak hata %17 seviyelerinde iken bu oran rüzgar hızının 5 m/s'den yüksek olduğu dönemlerde %64'e kadar yükseldiği hesaplanmıştır. Öte yandan da yağışların, ET_r gauge buharlaşmalarını geçici olarak olumsuz etkilediği dile getirilmiştir. Ölçümlere yapılan regresyon analizinde regresyon katsayısı (R²) 0.75 olarak hesaplanmıştır.

Son yıllarda, ET gauge markası altında nispeten basit bir modifiye Bellani plaka atom metresi (Altenhofen, 1985), popülerlik kazanmıştır. Damıtılmış su ile doldurulmuş silindirik bir rezervuarın üstüne monte edilmiş ıslak, gözenekli bir seramik kap ve rezervuarın tabanına uzanan bir emme borusundan oluşmaktadır. Alet, düz veya dışbükey şekilli seramik kap yüzeyine sahip ve yüzeyi yeşil bir bezle kaplıdır. Söz konusu bu yüzeyden difüzyon ile oluşan buharlaşma, çim ya da yoncaya ait referans evapotranspirasyonunu simüle etmektedir. Yeşil bezle seramik kap arasında, yağmur suyunun seramik kaptan aşağı sızmasını önlemek için bir politetrafloroetilen (PTFE) membranda yer almaktadır. ET Gauge tasarım yapısı itibarıyla, 0.054 inç (0.254 mm) çözünürlüğe sahiptir. Diğer bir ifadeyle ±%1'lik oranda hataya sahiptir. Rezervuarın kapasitesi 304.8 mm'dir. Çalışmalar, ET Gauge'ler arasında küçük farklılıkların olduğunu göstermektedir (Broner ve Law, 1991; Irmak ve ark., 2005; Chen ve Robinson, 2009). ET Gauge'lerin kullanımının, uygun yerel regresyon denklemlerinin geliştirildiği Penman veya Penman-Monteith denklemlerini kullanarak hesaplamalara uygulanabilir ve pratik bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır (Broner ve Law, 1991; Alam ve Trooien, 2001; Magliulo ve ark., 2003; Irmak ve ark., 2005; Alam ve Elliot, 2003; Blanco ve Folegatti, 2004). Bununla birlikte, ıslak havalarda performansları ile ilgili endişeler bulunmaktadır (Irmak ve ark., 2005; Chen ve Robinson, 2009).

ET Gauge ekipmanları hem yonca referans evapotranspirasyonu (ET_r) hem de çim referans evapotranspirasyonu (ET_o) simüle etmek için tasarlanmıştır. ET Gauge'den okunan değerler uygun bitki katsayısı (K_c) ve varsa su stresi (K_s) değerleriyle düzeltilerek bitki su ihtiyacının belirlenmesinde kullanılabilir. Toprak yüzeyinin tamamen yeşil bitkiyle kaplandığı yani diğer bir ifadeyle gölgelemenin tam olduğu ve su stresinin olmadığı koşullarda ET Gauge'den okunan değerler tahıl ve yem bitkileri yetiştiriciliği için pratik olup gerçek evapotranspirasyona (ET_a) eşittir (Andales ve ark., 2011).

Yapılan bu çalışmada, ET Gauge ekipmanından elde edilen değerler ile A-sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerleri arasındaki ilişki incelenmiş ve analiz edilmiştir. Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda ET Gauge ekipmanının sulama programlamalarında kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.



a) A sınıfı buharlaşma kabı

Şekil 1. Araştırmada kullanılan ekipmanlar

ET Gauge temelde silindirik bir su haznesinin üstüne monte edilmiş ıslak, gözenekli bir seramik kaptan oluşur (Şekil 1b). Seramik kabın üstü yeşil bir kumaşla kaplıdır. Rezervuardan emilen su, seramik kısımdan buharlaşmaktadır. Seramik kısım yağmur geçirmez özelliğe sahip bir membranla kaplıdır. Cihazın ön yüzünde su haznesindeki suyun seviyesini gösteren bir gösterge bulunmaktadır. Söz konusu gösterge su seviyesinin ölçülmesini sağlamaktadır.

Çalışmanın yapıldığı alana ait bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalaması Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi en sıcak ay Temmuz ayı (25.1 °C) olup onu Ağustos ayı

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışma, Çanakkale ili Meteoroloji Şube Müdürlüğü gözlem ve ölçüm alanında yürütülmüştür. Araştırmada, A-sınıfı buharlaşma kabı, Doorenbos ve Pruitt (1992)'de verilen esaslara uygun kurulmuş ve kabın altına ahşaptan yapılmış ızgara ayak yerleştirilmiştir (Şekil 1a). ET Gauge ekipmanı ise 1.5 m uzunluğunda 10x10 cm boyutlarındaki ahşap kalasa monte edilmiştir (Şekil 1b). Ekipman kullanım kılavuzundaki esaslara göre kurulmuş ve gerekli düzenlemeleri yapılmıştır. Ölçümler yaklaşık 5 ay süresince her gün sabah saat 9.00'da alınmıştır.



b) ET Gauge

(24.9 °C) takip etmektedir. En soğuk ay Ocak ayı (6.2 °C) olup onu Şubat ayı (6.6 °C) takip etmektedir. Yağış değerleri incelendiğinde, büyük bölümünün kışa aylarında düştüğü görülmektedir. En fazla yağış Aralık ayında 106.7 mm düşerken onu Ocak ayı 91.7 mm ile takip etmektedir. En yüksek ortalama rüzgar hızı Şubat ayında 4.7 m/s olarak ölçülürken onu Ocak ayı 4.5 m/s ile takip etmektedir. Nispi nem açısından en yüksek değer Aralık ayında %80.3 olarak ölçülmüş olup onu %80.0 ile Ocak ayı takip etmektedir. Ortalama güneşlenme süresi dikkate alındığında 11.8 saat ile Temmuz ayı en yüksek olup onu 11.2 saatlik ortalamayla Ağustos ayı takip etmektedir.

Çizelge 1. Çalışma alanına ait uzun yıllar (1929-2018) iklim verileri (Anonim, 2020)

Aylar	Tort (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Ort. Toplam Yağış (mm)	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Nem (%)
1	6.2	9.5	3.1	3.5	4.5	91.7	20	-11	80.0
2	6.6	10.2	3.3	4.3	4.7	72.1	21.3	-11.5	78.5
3	8.3	12.4	4.7	5.4	4.3	66.1	27.3	-8.5	77.0
4	12.6	17.2	8.3	7.3	3.8	44.7	30.8	-1.6	75.0
5	17.5	22.6	12.7	9.5	3.4	30.1	39	2.3	73.2
6	22.3	27.7	16.5	11.1	3.3	23.8	36.8	6.6	67.6
7	25.1	30.7	19.2	11.8	3.8	10.9	39	11.2	62.9
8	24.9	30.6	19.5	11.2	4.0	6.3	39.1	9.4	63.3
9	20.9	26.3	15.9	8.9	3.7	23.4	35.8	5.9	68.0
10	16.1	20.7	12.1	6.4	3.7	53.6	31.7	0.4	74.3
11	11.9	15.9	8.4	4.4	3.9	87.3	26.2	-7	78.7
12	8.3	11.6	5.2	3.2	4.4	106.7	22.6	-10.5	80.3
Ort./Yıllık	15.1	19.6	10.7	87	4.0	616.7	39.1	-11.5	73.2

Çalışmanın yapıldığı döneme ait bazı iklim parametreleri ise Çizelge 2’de gösterilmiştir. Söz konusu Çizelgeden de görüleceği gibi en sıcak ay ortalama 27.5 °C ile Ağustos ayıdır. En soğuk ay ise ortalama 7.1 °C ile Şubat’tır. En fazla yağış Ocak ayında 92.9 mm olarak ölçülürken onu Nisan ve Mayıs ayları 86.6 mm ile takip etmişlerdir. En yüksek ortalama rüzgar hızı Şubat ayında 4.1 m/s olarak ölçülmüştür. Nispi nem değeri bakımından en yüksek değer, Ocak ayında %76.1 olarak

ölçülmüştür. Ortalama güneşlenme süresi dikkate alındığında Temmuz ayında 11.4 saat iken onu Ağustos ayı 11.1 saat ile takip etmiştir. Yağışlı gün sayısı dikkate alındığında, Ocak ayında 19 gün ve Şubat ayında ise 13 gün yağışlı gün olarak gerçekleşmiştir. En az ise Eylül ayı 2 gün, Temmuz ve Ağustos ayları ise 3 gün yağışlı gün olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çalışma yapıldığı yıla ilişkin ortalama iklim verileri (Anonim, 2020)

Aylar	Tort (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Ort. Nisbi Nem (%)	Ort. Toplam Yağış (mm)	Yağışlı Gün Sayısı
1	7.7	10.3	5.1	1.8	4.0	76.1	92.9	19
2	7.1	10.5	4.0	4.8	4.1	73.0	68.4	13
3	10.8	15.3	6.9	7.9	3.9	69.3	64.5	1
4	13.1	17.8	9.2	7.5	3.1	68.9	86.6	9
5	19.6	24.7	15.0	7.8	3.1	64.7	86.6	9
6	25.8	31.5	20.2	10.4	2.9	56.4	56.8	7
7	26.7	32.8	21.0	11.4	3.1	52.2	19.6	3
8	27.5	33.4	22.6	11.1	3.8	52.6	10.5	3
9	23.4	29.3	18.5	9.4	3.3	52.4	1	2
10	19.4	24.5	14.7	7.4	2.7	67.5	34.8	4
11	17.5	21.6	13.6	3.7	3.0	71.4	18.8	9
12	11.1	14.5	7.8	1.8	3.2	71.8	47.2	10
Ort./Yıllık	17.5	22.2	13.2	7.1	3.4	64.7	587.7	7.4

Yöntem

Çalışmada, Apan kabı katsayısı (Kp) olarak Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) Sulama Suyu Yönetimine ilişkin kılavuzunda, söz konusu değer 0.35 ile 0.85 arasında değiştiği ve ortalama değerin 0.70 olarak dikkate alınabileceği belirtilmektedir

(Brouwer ve Heibloem, 1986). Araştırmada, A-sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerleri, söz konusu ortalama değer ile düzeltilerek düzeltilmiş Apan değerleri hesaplanmıştır. Karşılaştırmada ET Gauge ile Apan değerinin hem ham ölçümleri hem de düzeltilmiş ölçümleri karşılaştırılmıştır.

Korelasyon Katsayısı

Korelasyon, iki rasgele değişken arasında anlamlı bir ilişkinin varlığını saptama amacıyla kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Korelasyon katsayısının sıfır olması iki değişken arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını gösterir. Ayrıca, iki değişken arasındaki ilişkinin mantıklı olup olmadığı da dikkate alınmalıdır. Zira aralarında mantıklı bir ilişkinin bulunmayan seriler için de tesadüfen korelasyon katsayısı yüksek çıkabilir. Yine korelasyon katsayısının mutlak değerinin 1 olması veya 1'e yaklaşması değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğunu gösterir. Korelasyon hesabında, değişkenlerin ortalamadan sapmaları dikkate alınarak değişimleri buna göre bulmak da mümkündür. Bu takdirde önce ortalamadan sapmalar hesaplanırsa (Görmüş, 2013),

$$X_i - \bar{X} = x_i \quad Y_i - \bar{Y} = y_i$$

X_i ve Y_i sapmalarının aynı yönde değişimleri halinde işaretleri aynı olacak, işaretleri zıt ise değişkenlerin zıt yönde değiştikleri sonucuna varılacaktır. Ortalamadan sapmalara göre bulunacak korelasyon katsayısı ise şu formül yardımıyla hesaplanır:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}}$$

X_i ve Y_i : Değişken değerleri.

\bar{X} ve \bar{Y} : Değişken ortalamaları.

Regresyon analizi

Regresyon analiziyle bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişkinin varlığı; eğer bir ilişki varsa bu ilişkinin gücü; değişkenler arasındaki ilişki türü; bağımlı değişkene ait ileriye dönük değerlerin tahmin edilmesi; belirli koşulların kontrol edilmesi durumunda özel bir değişken veya değişkenler grubunun, diğer değişken veya değişkenler üzerindeki etkileri ve nasıl değişmekte gibi sorulara cevap bulunabilir. Tek değişkenli regresyon analizi bir bağımlı değişken ve bir

bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceler. Tek değişkenli regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkiyi temsil eden bir doğrunun denklemi formüle edilir (Anonim, 2018).

$$Y = \alpha + \beta X + \epsilon$$

şeklinde bir bağımlı ve bir de bağımsız değişken içeren bir modeldir.

Burada;

Y ; bağımlı (sonuç) değişken olup belli bir hataya sahip olduğu varsayılır.

X ; bağımsız (sebebe) değişkeni olup hatasız ölçüldüğü varsayılır.

α ; sabit olup $X=0$ olduğunda Y 'nin aldığı değerdir.

β ise regresyon katsayısı olup, X 'in kendi birimi cinsinden 1 birim değişmesine karşılık Y 'de kendi birimi cinsinden meydana gelecek değişme miktarını ifade eder.

Bulgular ve Tartışma

ET Gauge ve A-sınıfı kaptan olan buharlaşma değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla tanımlayıcı istatistiklerle birlikte korelasyon ve regresyon analizi yapılmıştır. Araştırma dönemi boyunca, Çizelge 3'den de görüleceği gibi 163 ölçüm yapılmıştır. ET Gauge'de okunan maksimum değer 10.0, minimum değer 0.1 ve ortalama değer 4.7 mm/gün olarak belirlenmiştir. Ölçümlerin standart sapması 2.776 olarak belirlenmiştir. Apan'dan alınan ham ölçüm değerlerinde durum ise şöyledir; maksimum değer 13.5, minimum değer 0.4 ve ortalama değer 7.2 mm/gün olarak belirlenmiştir. Ölçümlerin standart sapması 3.775 olarak hesaplanmıştır. Ölçülen Apan değerlerine Brouwer ve Heibloem (1986) önerileri doğrultusunda düzeltme uygulanmıştır. Düzeltilmiş Apan değerleri ile ET Gauge ölçümlerinin daha fazla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Düzeltilmiş Apan değerlerinin maksimum değer 9.5, minimum değer 0.3 ve ortalama değer 5.0 mm/gün olarak belirlenmiştir. Ölçümlerin standart sapması ise 2.643 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Tanımlayıcı istatistikler

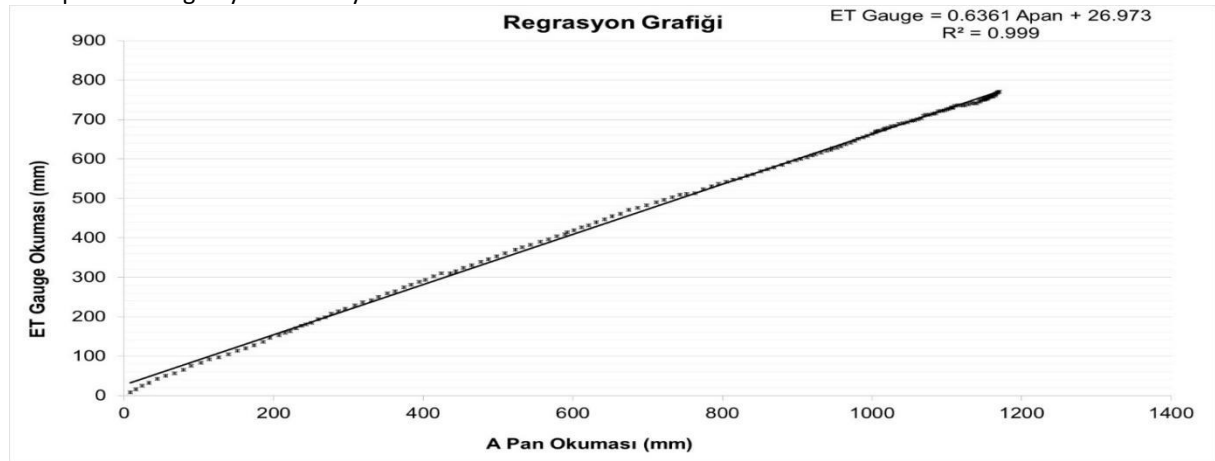
Parametre	ET Gauge	Apan	Düzeltilmiş Apan
Gözlem Sayısı (n)	163	163	163
Maksimum (mm/gün)	10.0	13.5	9.5
Minimum (mm/gün)	0.1	0.4	0.3
Ortalama (mm/gün)	4.7	7.2	5.0
Standart Sapma	2.776	3.775	2.643
Korelasyon Katsayısı		0.828	0.828
Regresyon Katsayısı		0.999	0.999

ET Gauge ile Apan ölçümlerine yapılan korelasyon analizi sonucunda söz konusu iki ölçüm arasında pozitif yönlü bir korelasyon belirlenmiştir. Ayrıca, söz konusu iki ölçüm arasındaki korelasyonun katsayısı 0.828 olup kuvvetli bir korelasyonun varlığını işaret etmektedir. Benzer durum düzeltilmiş Apan ölçümlerinde de bulunmaktadır. ET Gauge ile düzeltilmiş Apan ölçümlerine yapılan korelasyon analizinde, pozitif yönlü bir korelasyon saptanmıştır. Öte yandan, söz konusu iki ölçüm arasındaki korelasyonun katsayısı da 0.828 olarak hesaplanmış ve buna bağlı olarak da ET Gauge ile düzeltilmiş Apan okumaları arasında da kuvvetli bir korelasyonun varlığı saptanmıştır.

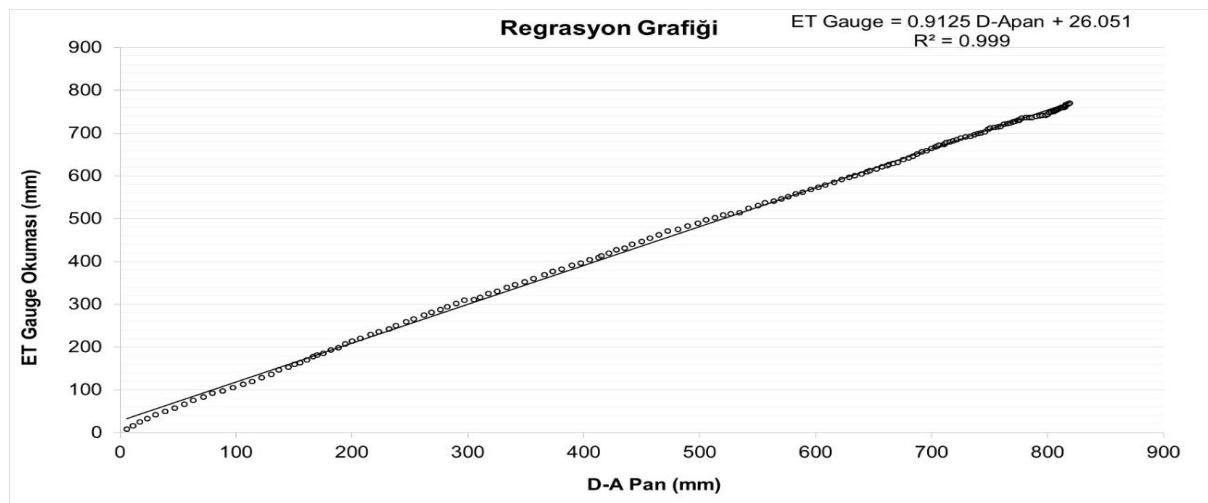
Korelasyon analizinde belirlenen benzer durum regresyon analizinde de görülmektedir. ET Gauge ile Apan ölçümlerinin yığılımlı değerleri kullanılarak regresyon grafikleri hazırlanmıştır. Hazırlanan grafikten hesaplanan regresyon denklemi ve regresyon katsayısı Şekil 2’de gösterilmiştir. Hesaplanan regresyon katsayısı 0.999’dur. Bu

değerden de görüleceği üzere iki değişken arasındaki ilişki, korelasyonda olduğu gibi kuvvetli olup pozitif yönlüdür. Benzer durum düzeltilmiş Apan ölçümlerinde de bulunmaktadır (Şekil 3). ET Gauge ile düzeltilmiş Apan okumalarına yapılan analizde hesaplanan regresyon katsayısı 0.999’dur ve iki değişkenini ilişkisi pozitif yönlüdür.

A-sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma değerlerinden yararlanılarak sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi ve sulama programlarının oluşturulması konusunda çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır. Ülkemiz de yapılan çalışmalar da dahil, en yaygın uygulama, yığılımlı buharlaşma değerlerinin farklı seviyelerinin uygulanması şeklinde olup buradan hareketle, sulama programları oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bazı çalışmalarda söz konusu buharlaşma değerleri bitki katsayıları (Kc) ile düzeltilirken bazılarında ise pratik kullanım olması açısından doğrudan buharlaşma değerlerinin farklı oranları uygulanmaktadır.



Şekil 2. ET Gauge ile Apan okumaları arasındaki regresyon ilişkisi



Şekil 3. ET Gauge ile düzeltilmiş Apan okumaları arasındaki regresyon ilişkisi

Çalışmada, ET Gauge ile Apan değerlerinin hem ham ölçümleri hem de düzeltilmiş ölçümleri karşılaştırılmıştır. Literatür dikkate alındığında düzeltilen Apan değerleri referans evapotranspirasyon olarak da kabul edilebilmektedir. Bu bakımdan düzeltilmiş Apan değerleri ile ET Gauge'den elde edilen değerler karşılaştırıldığında, bu açıdan farklı iki yöntemle belirlenen referans evapotranspirasyon değerlerinin karşılaştırılması olarak da kabul edilebilir. Bu yönden de elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, ET Gauge ekipmanı referans evapotranspirasyonun belirlenmesinde güvenli şekilde kullanılabilir olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, Andales ve ark. (2011); Chen ve Robinson (2009); Irmak ve ark. (2005); Blanco ve Folegatti (2004); Alam ve Elliot (2003); Alam ve Trooien (2001) ve Broner ve Law (1991) gibi araştırmacıların farklı bölge, iklim ve koşullarda yapmış oldukları çalışmalarla uyum göstermektedir. Diğer bir ifadeyle çalışmada elde edilen bulgular, söz konusu araştırmacıların elde ettikleri bulgularla benzerlik göstermektedir. Bitkisel üretimde sulama, hayati öneme sahip bir işlem olmasının yanında süreklilik arz eden de bir eylemdir. Sulamada en önemli konuların başında, uygulanacak sulama suyu miktarının bilinmesi gelmektedir. Son yıllarda çok sayıda yöntem ve teknolojik alet/ekipman geliştirilmiş olmasının yanında, yenileri de zaman içerisinde eklenmektedir. Ancak, söz konusu alet ve ekipmanların büyük bölümünün ölçümlerinin doğruluğu, bilimsel açıdan uygunluğu ve özellikle de kullanım karmaşası gibi nedenlerden dolayı uygulamada kullanılabilirliği kısıtlı kalmaktadır. Kullanımı kolay ve aynı zamanda pratikte de benimsenmiş olan A-sınıfı buharlaşma kap yöntemi, hali hazırda bu özelliğini korumaktadır. Anılan yöntemde bazı kısıtlılıkları (büyük alan işgal etmesi, rüzgar gibi olumsuz hava şartlarından büyük oranda etkilenmeleri, kap içerisindeki suyun kirlenmesi ve buna bağlı olarak ölçümlerde ciddi oranlarda hataların yapılması v.b.) söz konusudur. Son birkaç on yıllık dönemde kullanımı giderek artan ekipmanların başında ET Gauge ekipmanı gelmektedir. Söz konusu ekipman gerek pratikte kullanım kolaylığının yanı sıra, diğer yöntemlere göre çok sayıda avantajlara sahiptir. Ayrıca söz konusu ekipmanın sulama otomasyonuna uygun olarak üretilmekte olup, olası otomasyon uygulamaları içinde avantajlara sahiptir. Genel olarak değerlendirildiğinde ET Gauge ekipmanından elde edilen sonuçlar Apan ölçümleri ile paralellik göstermektedir. Ölçümler güvenilirlik bakımından değerlendirildiğinde Apan ölçümleri ile aynı olduğu belirlenmiştir. Her iki yöntemden elde

edilen sonuçlar karşılaştırıldığında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve aynı zamanda benzer sonuçlar verdiği saptanmıştır. Sonuç olarak ET Gauge ekipmanı sulama suyu miktarının belirlenmesinde ve sulama programlarının oluşturulmasında güvenle kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenen FBA-2018-2653 nolu projeden sağlanmıştır. Proje kapsamında yapmış oldukları desteklerinden dolayı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alam M., Elliott J., 2003. Validating the use of an atmometer as an irrigation management tool. Paper No: 032142, American Society of Agricultural Engineers, Las Vegas.
- Alam M., Trooien T.P. 2001. Estimating reference evapotranspiration with an atmometer. *Appl. Eng. Agric.*, 17, 153-158.
- Altenhofen J. 1985. A modified atmometer for on farm ET determination. *Advances in Evapotranspiration: Proc., National Conf. on Advances in Evapotranspiration*, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich., 177-184.
- Andales A. A., Chavez J. L., Bauder T. A., 2011. Irrigation Scheduling: The Water Balance Approach. Colorado State University Extension fact sheet no: 4.707.
- Anonim, 2020. Meteorolojik Veriler. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara
- Anonim, 2018. Regreasyon Analizi. Web sayfası. (<http://w3.balikesir.edu.tr>) Erişim Tarihi: 20.06.2018
- Blanco F.F., Folegatti M.V., 2004. Evaluation of evaporation- measuring equipments for estimating evapotranspiration within a greenhouse. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental*, 8, 184–188.
- Broner I., Law R.A.P. 1991. Evaluation of a modified atmometer for estimating reference ET. *Irrig. Sci.*, 12, 21–26.
- Brouwer C., Heibloem H. 1986. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. Irrigation Water Management Training Manual No. 3. Land and Water Development Division FAO Via delle Terme di Caracalla 00100 Rome, Italy

- Chen, F., Robinson P.J. 2009. Estimating reference crop evapotranspiration with ET Gauge. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Vol. 135, No. 3, pp. 335-342.
- Doorenbos J., Pruitt W.O. 1992. *Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 156 p
- Irmak S., Dukes M. D., Jacobs J.M., 2005. Using modified Bellani plat evapotranspiration gauges to estimate short canopy evapotranspiration. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 131, 164-175.
- Jensen M.E., Criddle W.D. 1966. The role of evapotranspiration in farm and project planning and management. *Evapotranspiration and its role in water resources management*, (ed) American Society of Agricultural Engineers conference proceedings, Chicago, USA, 1-12.
- Kırnak H., Tas İ., Berekatoğlu K. 2001. Atatürk Baraj Gölünden Olan Buharlaştırmanın Ampirik Eşitliklerle Tahmin Edilmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* No:1-2 Cilt 5. s. 1-8.
- Magliulo V., d'Andria R., Rana G. 2003. Use of the modified atmometer to estimate reference evapotranspiration in Mediterranean environments. *Agric. Water Manage.*, 63, 1-14.