# ANKARA İLININ AYLIK VE MEVSIMSEL BITKI SU TÜKETIMININ DEGISIMININ ANALIZI

**Yard. Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA[1] Doç. Dr. Kadri YÜREKLI[2] Dr. Alper Serdar ANLI[3] İnci ÖRS[4]**
[1]unlukara@erciyes.edu.tr, Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi T.Y.S. Bölümü, KAYSERİ
[2]kadriyurekli@yahoo.com, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi T.Y.S. Bölümü, TOKAT
[3]asanli@agri.ankara.edu.tr, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi T.Y.S. Bölümü, ANKARA
[4]inciors@hotmail.com, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi T.Y.S. Bölümü, TOKAT

**ÖZET**

Bu çalışma, Ankara ili için FAO Penman-Monteith yöntemine göre tahmin edilen aylık ve mevsimsel referans bitki su tüketimlerinin (ETo) değişimini saptamak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, Ankara meteoroloji istasyonunda 1975-2006 yıllarında ölçülmüş olan meteorolojik unsurlara göre elde edilen aylık ve mevsimsel ETo değerlerine parametrik (Birim Kök) ve non-parametrik (Mann-Kendal) testler uygulanmıştır. Mann-Kendal testine göre aylık ve mevsimsel ETo değerlerinde trend saptanmamıştır. Birim Kök yaklaşımına göre ise Haziran ayı hariç diğer aylarda trend gözlenmemiştir. Ancak mevsimsel ETo değerlerinde birim kök testine göre trend bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler;** Aylık yağmur, referans bitkim su tüketimi, birim kök, Mann-Kendal

## ANALYZING OF ANKARA PROVINCE MONTHLY AND SEASONAL CROP WATER CONSUMPTION CHANGING

**ABSTRACT**

This study was aimed to determine the change of monthly and seasonal referance evapotranspirations (ETo) based on FAO Penman-Monteith relationship. In this reason, the parametric (Unit Root) and non-parametric (Mann-Kendal) tests were applied to the monthly and seasonal ETo values from meteorological components measured from 1975 to 2006 in Ankara meteorology station. According to Mann-Kendal test, there was no trend in monthly and seasonal ETo values. There is no trend in monthly ETo values for all months, except 7$^{th}$ month (june) according to Unit Root approach. But, seasonal ETo values applied unit root test had trend.

**Key Words;** Monthly rainfall, referance evapotranspiration, unit root, Mann-Kendal

## GİRİŞ

Son zamanlarda gerek ülkemiz gerekse dünya gündemini oldukça meşgul eden küresel ısınmanın ülkemizi de kuraklık anlamında önemli oranda etkileyeceği ön görülmektedir. Özellikle Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin ciddi anlamda yağış eksikliği yaşayacağı tahmin edilmektedir. Zaten adı geçen bölgelerin geçmiş yıllardaki yıllık yağış ortalamalarına bakıldığında oldukça düşük değerlere sahip olduğu bilinmektedir. Dolayısı ile bu bölgelerin var olan kurak doğal bir iklim yapısına sahip olmasının yanında birde küresel ısınma tehdidi, hem tarımsal üretim hem de diğer ihtiyaçlar için gerekli olan su talebinin karşılanması anlamında önemli sorun oluşturacaktır. Ülkemizin yıllık kullanılabilir yerüstü ve yeraltı su potansiyelinin (112 milyar m$^3$) yaklaşık %75' i tarım sektöründe kullanıldığı düşünüldüğünde ülkemizde yaşanması muhtemel gözüken kuraklığın da tarım sektörünü ne anlamda etkileyeceğini kestirmek güç değildir. Bu anlamda karar vericilerin ve uygulayıcıların sudan optimal şekilde faydalanılmasının farkında olması, günümüzde daha da önemini artırmıştır. Bu durumda yukarıda adı geçen bölgelerde işletmeye açılan ya da açılacak sulama sistemlerinin doğru planlanması kadar ve işletilmeleri de o oranda önemlidir. Özellikle suyun kısıtlı olduğu bölgelerde su uygulama randımanı yüksek olan sulama yöntemleri seçilmeli, suyu ekonomik kullanan alternatif bitki desenleri göz önüne alınmalıdır.

Kuraklık, taşkın ve fırtına gibi ani olarak ortaya çıkmamasına rağmen, diğer doğal afetlerden daha fazla insanı tehdit eden ve yıllık genel zararı ortalama olarak 8–10 milyar doları bulan dünyanın en yüksek maliyetli afetlerindendir (Wilhite, 2000). Su kaynaklarının kısıtlı oluşuna karşın, hızlı nüfus artışı ve bunun bir sonucu olarak da suya olan talepteki artış, kuraklığın etkisini daha da artırmaktadır. Kuraklığı tam olarak tanımlamak mümkün olmasa da, tarımsal, hidrolojik ve meteorolojik kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle kuraklık denilince meteorolojik

kuraklık akla gelmektedir. Bunun nedeni ise diğer kuraklıkların da asıl nedeninin yağış eksikliğinden kaynaklanıyor olmasıdır. Bunun bir sonucu olarak kuraklık ile ilgili çalışmaların çoğunda yağış en önemli parametre olmuştur. Küresel ısınma tehdidinden en fazla etkilenecek olan tarım sektöründe ihtiyaç duyulan suyun karşılanamaması yanında, küresel ısınmayla birlikte bitki su ihtiyacında da ciddi artış olacağı kaçınılmazdır. Bu anlamda bitkinin aleyhine işleyen böylesine önemli bir sürecin zaman içindeki değişimlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Bitki su tüketimi tahmininde kullanılan FAO Penman-Monteith yönteminde atmosfer şartlarındaki değişim referans bitki su tüketimiyle ($ET_0$) ifade edilirken bitkilere göre değişen şartlar ise bitki katsayılarıyla ifade edilmektedir. Bu nedenle iklim veya atmosferik şartlarda meydana gelen değişim doğrudan referans bitki su tüketimine yansıyacaktır. Allen et al., (1998), atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi veya referans evapotranspirasyonun ($ET_0$), yılın farklı dönemlerinde karşılaştırmalar yapılabilmesine izin verdiği gibi başka bölgeler arasında da karşılaştırmalar yapılabilmesine imkân tanıyan bir standart olduğunu bildirmiştir. FAO Penman-Monteith Yöntemi'nde tek bitki katsayısı ($k_c$) veya çift bitki katsayısı ($k_e + k_{cb}$) ile referans bitki su tüketimi düzeltildikten sonra bitkilerin su tüketimleri ($ET_c$) belirlendiği gibi kuraklık, tuzluluk, hastalık ve diğer etmenlerden kaynaklanan çeşitli stresler nedeniyle bitki su tüketiminde meydana gelen değişim de stres katsayısı ($k_s$) kullanılarak belirlenebilmektedir (Allen et al., 1998).

Bu çalışma ülkemizin yıllık yağış ortalamasının en düşük olduğu (Tuz Gölü civarı) Orta Anadolu bölgesi içerisinde yer alan Ankara ilinin, Penman-Moteith ilişkisinden yararlanılarak aylık bitki su tüketimlerinin her ay için gözlem süresi boyunca meydana gelen değişiminin ortaya konulması amacıyla yapılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma kısıtlı su kaynaklarımızdan etkin bir şekilde faydalanmak ve yeni üretim politikalarının saptanmasında oldukça faydalı olacağı gibi iklim değişikliğinin bitki su tüketimi üzerine etkisi de belirlenmiş olacaktır.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada dikkate alınan Ankara ili 39º57' kuzey enlemi, 32º53' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Toplam yüzölçümü 25706 $km^2$ olan Ankara ilinin 12840 $km^2$'si (%49.95) tarım alanı, 4307.8 $km^2$'si (%16.76) çayır-mera, 3579.6 km2' si (%13.93) orman-fundalık ve 4978.6 $km^2$'si (%19.36) tarım dışı alandır (Anonymous, 2007). Denizden ortalama yüksekliği 890 m olan Ankara'nın uzun yıllar yıllık yağış ortalaması 395.2 mm, ortalama nemi %61.25, ortalama sıcaklığı 11.8°C ve ortalama rüzgar hızı 1.92 m/s dir (Anonymous, 2010).

Referans bitki su tüketimi hesaplanmasında Ankara ili 1975-2006 yılları arası kaydedilen meteorolojik verilerden aylık ortalamalar olarak maksimum ve minimum sıcaklıklar, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır. Hesaplamalarda Microsoft Office Excel 97-2003 programı kullanılmıştır. Atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi ($ET_o$) ise Allen et al. (1998)'de belirtilen yöntemler takip edilerek aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$ET_0 = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \dfrac{900}{T + 273}\; u_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,u_2)} \qquad (1)$$

Eşitlikte;

$ET_0$ : Referans evapotranspirasyon (mm $gün^{-1}$),
$R_n$ : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ $m^{-2}$ $gün^{-1}$),
G : Toprak ısı akış yoğunluğu (MJ $m^{-2}$ $gün^{-1}$),
T : 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı (°C),
$U_2$ : 2 m yükseklikte rüzgar hızı (m $s^{-1}$),
$e_s$ : Doygun buhar basıncı (kPa),
$e_a$ : Gerçek buhar basıncı (kPa),
$e_s$-$e_a$ : Doygun buhar basıncı açığı (kPa),
$\Delta$ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa $°C^{-1}$),
$\gamma$ : Psikrometrik sabit (kPa $°C^{-1}$).

Ankara merkez istasyonunda gözlem süresi boyunca (32 yıl) her ay için ölçülen aylık meteorolojik unsurlara göre, Penman-Monteith (Eşitlik1) ilişkisinden saptanan aylık ve mevsimsel referans bitki su tüketimlerinin ($ET_o$) oluşturduğu serilerin zamana bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin saptanması amacıyla non-parametrik ve parametrik trend analiz yöntemleri kullanılmıştır. Aylık seriler gözlem süresi boyunca her ay için hesaplanan ETo'lardan oluşmaktadır. Mevsimsel seriler ise gözlem süresi boyunca k-referans periyotları ((k1, Ocak-Mart; k2, Ocak-Haziran; k3, Ocak-Eylül; k4, Ocak-Aralık) için kümülatif ETo'lardan oluşmaktadır. Aylık ve mevsimsel olarak elde edilen serilerin trend analizleri, non-parametrik bir test olan Mann-Kendal ve parametrik bir test olan birim kök testi ile yapılmıştır. Bu testlere ait matematiksel ilişkiler aşağıda verilmiştir.

**Mann-Kendall**

Aylık ve mevsimsel $ET_o$ serisindeki trendin varlığını saptamak için kullanılan non-parametrik olan Mann-Kendall testi aşağıdaki ilişkide verilmiştir ( Hirsch et al.,1982).

$x_i$ zamana göre dizilmiş gözlem değerleri olmak üzere,

$$u_c = \frac{S + m}{\sqrt{V(S)}} \tag{2}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} z_k \tag{3}$$

$$\begin{aligned} z_k &= 1 \qquad \text{if } x_j > x_i \\ z_k &= 0 \qquad \text{if } x_j = x_i \\ z_k &= -1 \qquad \text{if } x_j < x_i \end{aligned} \tag{4}$$

$$V(S) = 18^{-1}(n^2 - n)(2n + 5) - \sum_{i=1}^{t} e_i (e_i - 1)(2e_i + 5) \tag{5}$$

$$\begin{aligned} m &= 1 \qquad \text{if } S < 0 \\ m &= 0 \qquad \text{if } S = 0 \\ m &= -1 \qquad \text{if } S > 0 \end{aligned} \tag{6}$$

Bir serideki trendin varlığını saptamak için, Eşitlik 2'de verilen $u_c$ istatistiğinin standart normal dağılımın (z-kritik değeri) kritik değeriyle karşılaştırılması gerekmektedir. Elde edilen $u_c$ istatistiği %5 güven aralığı içinde kalıyorsa (standart normal dağılım tablosundan elde edilen), göz önüne alınan veride trendin olmadığına karar verilir. Yani veride artan yada azalan yönde %5 önem seviyesinde trendin varlığı ile ilgili hipotez red edilir. Tersi durumda hesaplanan $u_c$ istatistiği standart normal dağılımın tablo değerinden % 5 önen seviyesi için belirlenen kritik değerden daha büyük olması durumunda incelenen verinin trende sahip olduğu yönünde karar verilir. Bu durumda Eşitlik 2'den hesaplanan $u_c$ istatistiği pozitif işaretli ise, trendin artan yönde olduğu, negatif işaretli ise trendin azalan yönde olduğuna karar verilir. Eşitlik 5'de verilen ilişkide $, \sum_{i=1}^{t} e_i (e_i - 1)(2e_i + 5)$ terimi, verilerde benzer değerler (bağ durumu) varsa kullanılır. Aksi durumda bu kısım ilişkide göz önüne alınmaz. Yukarıda verilen ilişkilerde, x; serideki her bir değeri, n; gözlem sayısını, $e_i$; serideki aynı değeri (bağ değerleri) ifade etmektedir.

**Birim Kök Testi**

Bir verinin ortalama ve varyansı zaman içinde değişim gösteriyor ise veri artan yada azalan yönde bir trende sahiptir. Böyle veri serileri durağan olamayan seri olarak belirtilmektedir (Greene, 2000). Bu nedenle herhangi bir verinin durağanlığını saptamak için kullanılan ve parametrik olan yöntemlerden biride birim kök testidir (Dickey and Fuller, 1981). Bu test Dickey and Fuller (DF) veya Augmented Dickey-Fuller (ADF) test olarak bilinmektedir. ADF testi aşağıda verilmiştir.

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \beta t + \alpha_1 Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{P} d_i \Delta Y_{t-i} + u_t \qquad (7)$$

Enders (1995) de Dickey and Fuller test için hataların (error) bağımsız ve hataların varyansının sabit olması gerektiğini belirtiyor. Bu durumda, hatalarda otokorelatif ilişki bulunuyorsa, Dickey and Fuller test regresyonuna hatalardaki otokorelasyonu gidermek için $\theta_j \sum_{j=1}^{p-1} \Delta y_{t-j}$ teriminin eklenmesi gerektiğini bildirmiştir.

$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ (t ve t-1 anındaki gözlemlerin farkı), $\alpha_0$; sabit, (regresyon doğrusunda doğrunun ordinatı kestiği nokta), t; zaman trendi, $\beta$; zaman trendinin katsayısını, d; katsayı, u; hata terimi, P, lag sayısını göstermektedir.

Eğer $|\alpha_1| = 0$ ise seride trendin olduğuna birim kökün olduğuna karar verilir. Hipotezin birim kök vardır şeklinde kurulması durumunda ($H_0$: $\alpha_1 = 0$), $\alpha_1$ parametresi için saptanan ADF istatistiği, ADF ($\alpha_1$), MacKinnon (1990)'da verilen tablo değeri ($\tau_1$) ile karşılaştırılır. Hesaplanan ADF istatistiği tablo değerinden büyük olması koşulunda hipotez red edilir. Yani veride birim kökün olmadığına (trendin) karar verilir.

**Araştırma Bulguları**

Ankara ili merkez meteoroloji istasyonunda 1975-2006 yıllarında ölçülen meteorolojik unsurlara göre Penman-Monteith ilişkisinden tahmin edilen aylık ve mevsimsel ETo serilerindeki değişimi belirlemek amacıyla yukarıda açıklanan trend analiz yöntemleri uygulanmıştır. Tablo1 de verilen Mann-Kendal testine göre, Ankara ili için tahmin edilen aylık ve mevsimsel ETo serilerinde trend gözlenmemiştir. Mann-Kendal testine göre aylık ve mevsimsel ETo serilerine ait test sonuçları ($u_c$), standart normal dağılımın %5 anlamlılık düzeyi için elde edilen tablo kritik değeri olan (±1.96) değeri ile karşılaştırıldığında hesaplanan $u_c$ istatistiği oldukça küçük değerler çıkmıştır (Tablo 1). İstatistikçiler tarafından parametrik testlerin non-parametrik testlerden daha sağlıklı sonuçlar verdiği bildirilmektedir.

Parametrik test yöntemlerinden olan birim kök yaklaşımına göre, Ankara ili için elde edilen aylık ETo serilerinde Haziran ayı hariç diğer aylarda trend olmamıştır (Tablo 2). Haziran ayı için hesaplanan birim kök testi (ADF) sonuçlarına göre yani birim kök vardır şeklinde kurulan hipoteze göre ($H_0$: $\alpha_1 = 0$), $\alpha_1$ parametresi için saptanan ADF istatistiği, ADF ($\alpha_1$), tablo kritik değeri olan, TKD ($\tau_1$)'den daha küçük olmuştur. Dolayısıyla hipotez kabul edilmiştir. Yani Haziran ayında trend vardır. İlginçtir ki k-referans periyotları (k1,Ocak- Mart; k2, Ocak-Haziran; k3, Ocak-Eylül; k4, Ocak-Aralık) için hesaplanan mevsimsel ETo serilerinde de trendin olduğu uygulanan birim kök testinden ortaya çıkmıştır.

Tablo 1. Ankara İli ETo Non-Parametrik Test Sonuçları

| | Mann-Kendal | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Aylar** | **S** | **m** | **V(S)** | **$u_c$** |
| **1** | -3 | 1 | 380.7 | -0.032 |
| **2** | -5 | 1 | 380.7 | -0.065 |
| **3** | -1 | 1 | 380.7 | 0.000 |
| **4** | 1 | -1 | 380.7 | 0.000 |
| **5** | 3 | -1 | 380.7 | 0.032 |
| **6** | -3 | 1 | 380.7 | -0.032 |
| **7** | -1 | 1 | 380.7 | 0.000 |
| **8** | -3 | 1 | 380.7 | -0.032 |
| **9** | -5 | 1 | 380.7 | -0.065 |
| **10** | 1 | -1 | 380.7 | 0.000 |
| **11** | -5 | 1 | 380.7 | -0.065 |
| **12** | -1 | 1 | 380.7 | 0.000 |
| **k1** | -3 | 1 | 380.7 | -0.032 |
| **k2** | -1 | 1 | 380.7 | 0.000 |
| **k3** | -1 | 1 | 380.7 | 0.000 |
| **k4** | -3 | 1 | 380.7 | -0.032 |

$u_c$, %5 güven aralığında tablo değerinden, (± 1.96), daha küçük olduğundan trent yoktur.

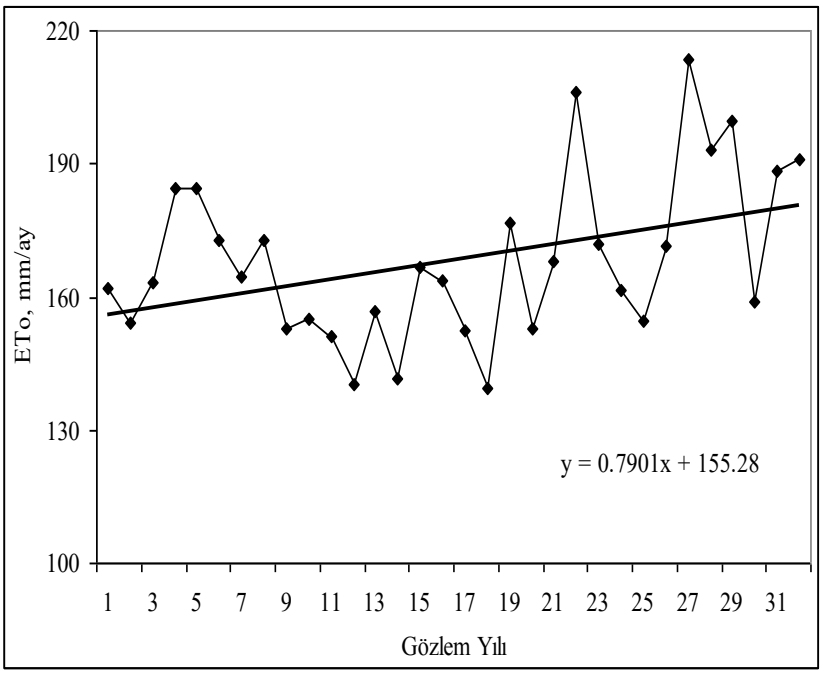
Şekil 1 Haziran ayı için ETo değerlerinin gözlem yılları boyunca göstermiş olduğu değişimi sunmaktadır. Şekil 2-5 ise mevsimsel ETo değerlerinin zaman içinde göstermiş olduğu değişimi vermektedir. Elde edilen bu şeklerde yukarıda varılan hükmü doğrulamaktadır. Şekiller üzerinde gösterilen doğrunun eğimi, son yıllara doğru artan bir eğilim göstermiştir. Zaten şekillerden anlaşılacağı üzere son yıllarda ETo değerlerinde de bir artış mevcuttur.

Tablo 2. Birim Kök Testi Sonuçları

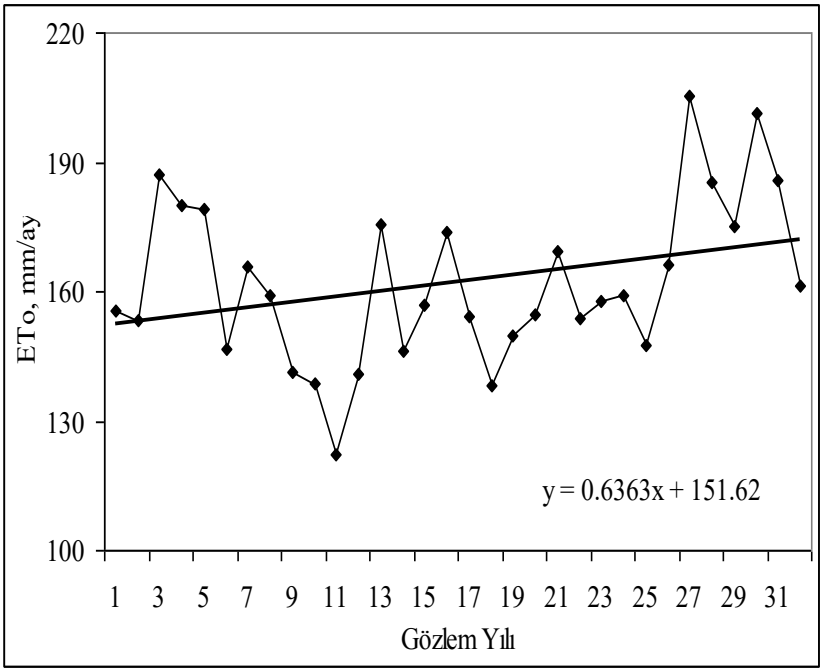
| **AYLAR** | ADF | TKD |
|---|---|---|
| **1** | -4.33 | -3.56 |
| **2** | -5.05 | -3.58 |
| **3** | -3.71 | -3.56 |
| **4** | -3.94 | -3.57 |
| **5** | -5.47 | -3.63 |
| **6** | **-2.16** | **-3.58*** |
| **7** | -4.74 | -3.56 |
| **8** | -3.64 | -3.61 |
| **9** | -4.11 | -3.58 |
| **10** | -4.93 | -3.56 |
| **11** | -2.94 | -3.57 |
| **12** | -5.16 | -3.56 |
| **k1** | **-2.46** | **-3.58*** |
| **k2** | **-2.92** | **-3.56*** |
| **k3** | **-3.03** | **-3.56*** |
| **k4** | **-2.82** | **-3.56*** |

**ADF**, Augmented Dickey-Fuller test istatistik değeri,
**TKD**, MacKinnon (1990)'da %5 güven aralığı için verilen tablo değeri ($\tau_1$)
*, Bu serilerde trendin olduğunu göstermektedir

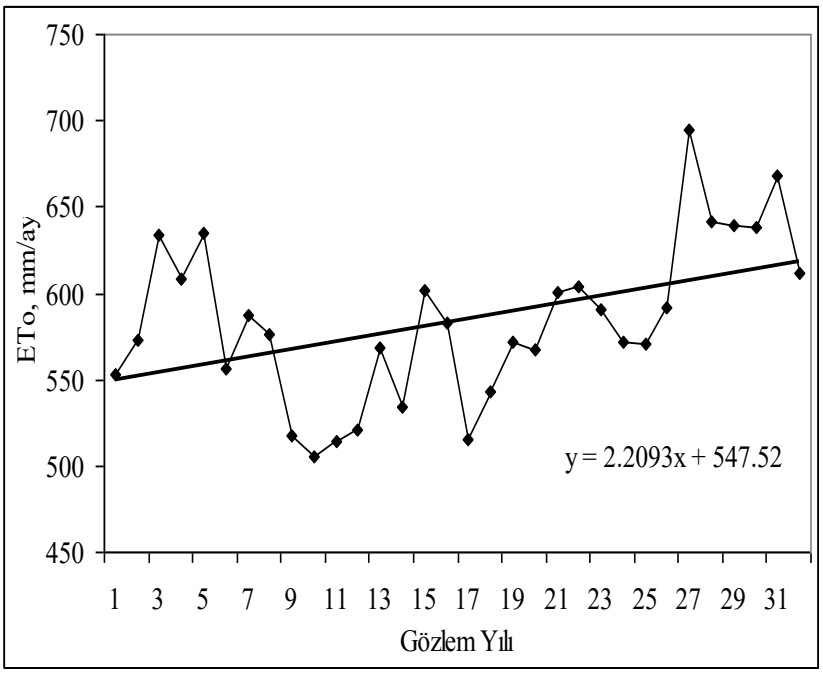
Sonuç olarak söylenebilir ki, aylık ve mevsimsel ETo değerlerinde zaman içindeki artış, son yüzyılda ekositemi tehdit eden küresel ısınmanın muhtemel bir sonucu olabilir. Küresel tehditten ülkemizin kuraklık olarak etkileneceği tahmin edilmektedir. Bu anlamda olması muhtemel iklim değişimi üzerinde daha çok yağışlar değerlendirilmektedir. Ancak aylara göre yağışların değerlendirilmesi durumunda özellikle Temmuz ve Ağustos ayları doğal olarak kurak olduklarından, bazı yıllarda meydana gelen şiddetli yağışlardan dolayı bu aylarda trend meydana gelmektedir. Bu ayların doğal yapısını bir anlamda tam yansıtmamaktadır. Gerçekte bu aylar oldukça kurak geçmesine rağmen meydana gelen şiddetli yağışlar özellikle non-parametrik testlerde trende neden olmaktadır. Bu anlamda bu çalışma ile küresel ısınmanın yada diğer faktörlerin iklim elemanları üzerindeki etkisini anlamada ETo değerlerinin kullanılması daha doğru sonuç vermektedir.



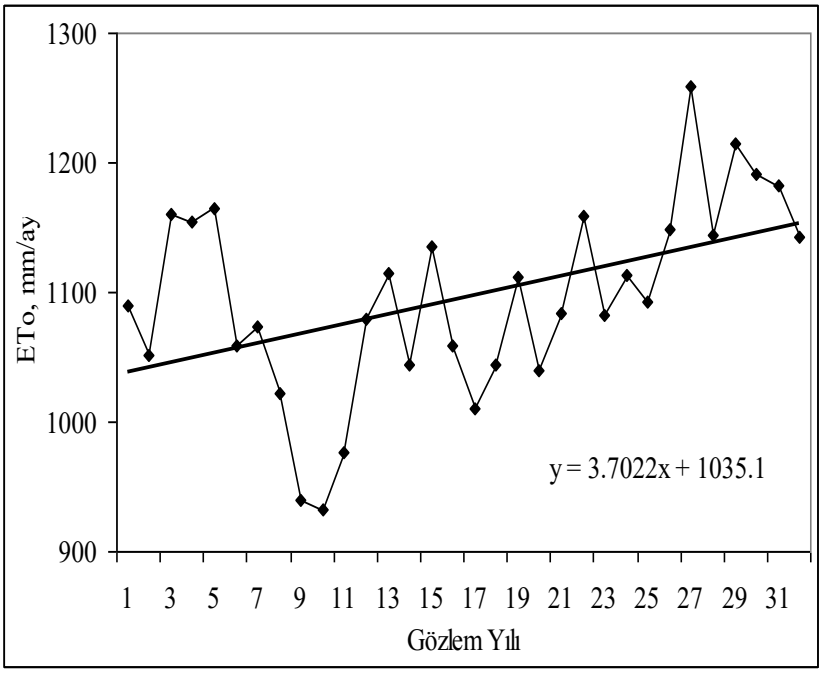

Şekil 1. Haziran Ayında Ankara İli ETo Değişimi



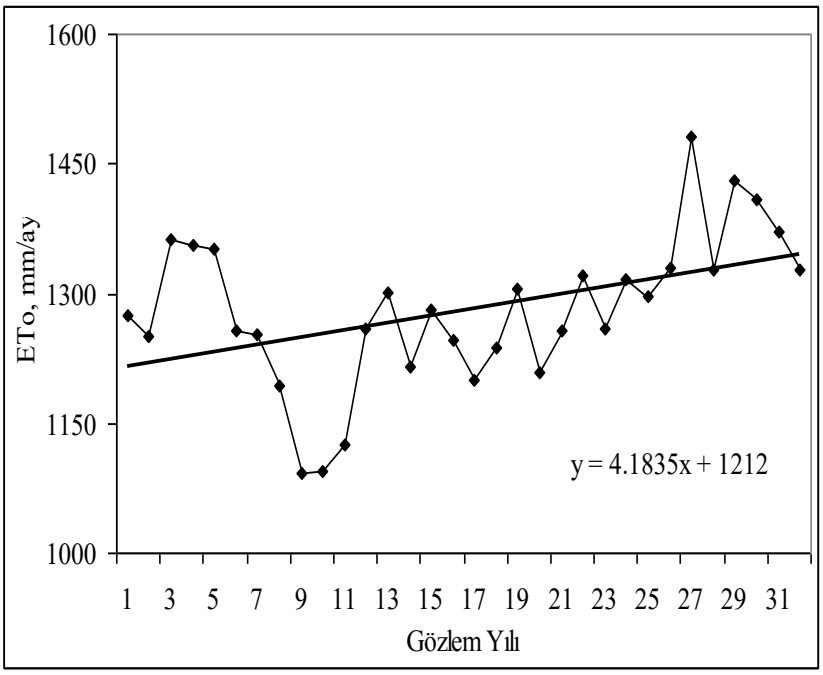

Şekil 2. Ocak-Mart Dönemi Ankara İli ETo Değişimi




Şekil 3. Ocak-Haziran Dönemi Ankara İli ETo Değişimi




Şekil 4. Ocak-Eylül Dönemi Ankara İli ETo Değişimi



Şekil 5. Ocak-Aralık Dönemi Ankara İli ETo Değişimi

## Referanslar

Allen, R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. (1998), Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements): FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

Anonymous, (2007), TR5 Batı Anadolu Bölgesi Tarım Master Planı: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı.

Anonymous, (2010), Ankara Meteoroloji Bölge Müdürlüğü WEB Sayfası: http://www.ankara.dmi.gov.tr/merkezler-tanitim.aspx?m=2.

Dickey, D. A., Fuller, W. A., (1981), Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root: Econometrica, 49: 1057-1072.

Enders, W. (1995), Applied Econometric Time Series: John Wiley and Sons, Inc., New York.

Greene , W. H. (2000), Econometric Analysis: Prentice Hall International, Inc.

Hirsch, R. M., Slack, J. R., Smith R. A. (1982), Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data: Water Resources Research, 18: 107-121.

McKinnon, J. G. (1990), Critical values for co-integration tests: UC San Diego Discussion Paper.

Wilhite, D. A. (2000), Drought as a natural hazards: concept and definition. In: Wilhite, D.A. (Ed.), Drought: A Global Assessment, Routledge, ss. 3-18.