



Alınış tarihi (Received): 21.04.2017
Kabul tarihi (Accepted): 27.12.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: Ebubekir ALTUNTAŞ
Alan editörü/Area Editor: Hakan POLATCI

Holt Yaklaşımı ile Referans Bitki Su Tüketiminin Mevsimsel Değişiminin Saptanması

Kadri YÜREKLİ^{a,*} Ali ÜNLÜKARA^b Mehmet Murat CÖMERT^a

^aGaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Tokat

^bErciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri

*: Sorumlu yazar, e-posta: kadriyurekli@yahoo.com

ÖZET: Bu çalışmada Orta Anadolu bölgesinde yer alan Ankara, Konya, Kayseri, Karaman ve Afyon illerinde küresel ısınmanın etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla iklim parametrelerinin önemli bir kısmını kapsayan referans bitki su tüketimi (ET_0) dikkate alınmıştır. Çalışmada beş ilin merkez meteoroloji istasyonlarında ölçülen iklim parametreleri kullanılarak FAO Penman-Monteith ilişkisine göre aylık ET_0 değerleri hesaplanmıştır. Herhangi bir verideki mevcut bir trendin varlığı Holt ve birim kök testi ile analiz edilmiştir. İstasyonların çoğu sezonlarında, göz önüne alınan yöntemlere göre, trendin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Birim kök testi, Holt yaklaşımı, Referans bitki su tüketimi

Detecting of Seasonal Variation in Reference Evapotranspiration with Holt's Approach

ABSTRACT: In this study, the impact of global warming was investigated at Ankara, Konya, Kayseri, Karaman and Afyon provinces located in the Middle Anatolian Region. With this reason, the reference evapotranspiration (ET_0) which covers considerable climate elements was taken into consideration. Monthly ET_0 values was predicted by FAO Penman-Monteith relationships using climate elements measured in the central meteorological stations mentioned above. The existence of an available monotonic trend in any given data was analyzed by using the Holt's approach and unit root test. The monotonic trend was detected at many seasons of the stations according to the considered methods.

Key Words: Unit root test, Holt's approach, Reference evapotranspiration,

1.Giriş

Hızlı nüfus artışı, şehirleşme, orman tahribatı ve özellikle sanayi devriminden sonra fosil yakıtların hızla tüketilmesinin bir sonucu olarak atmosfere salınan sera gazlarının artışı hidrolojik döngü üzerinde ciddi etkiye sahip olmuştur. İklim sistemi üzerinde önemli etkiye sahip olan sera gazları salınımları sonucu ortaya çıkan küresel ısınmadan ülkemizin kuraklık şeklinde etkileneceği iklim bilimciler tarafından öngörülmektedir. Bu anlamda sınırlı miktardaki su kaynakları potansiyelimizin efektif kullanımı dünden daha fazla önem kazanmıştır. Ülkemizde suyun yaklaşık %75'i tarım sektöründe kullanılmaktadır. Bu anlamda yaşanması muhtemel gözüken kuraklıktan en fazla zararı da tarım sektörü görecektir. Hatta daha da önemlisi ülkemizi tarım ürünleri bakımından dışa bağımlı kılacaktır. Problemin böylesine ciddi olması nedeniyle var olan su

kaynaklarımızın optimal ve kirletilmeden kullanımının ne denli önemli olduğu ülkemiz insanı tarafından kavranmalıdır. Bununla birlikte hayatın vazgeçilmez bir parçası olan su aynı zamanda temiz enerji üretiminde de en önemli maddedir. Su kaynaklarımızdan etkin bir şekilde yararlanmak için küresel ısınma tehdidinin ülkemiz üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde analizinin yapılması ve buna bağlı önlemlerin alınması gerekmektedir.

Olası iklim değişikliğinin ekosistem üzerine etkisi değerlendirilirken çoğunlukla yağışlardaki değişim analiz edilmektedir. Ancak yağışların yıl içerisindeki dağılımları aylara göre önemli miktarda farklılık göstermektedir. Özellikle Temmuz ve Ağustos ayları doğal olarak kurak olduklarından, bazı yıllarda meydana gelen şiddetli yağışlardan dolayı bu ayların normal gidişi etkilenmekte ve yağışlarda artan bir eğilim gözükmektedir. Söz konusu bu analizler ayların doğal yapısını bir anlamda tam yansıtmamaktadır. Gerçekte bu aylar oldukça kurak geçmesine rağmen meydana gelen şiddetli yağışlar yapılan analizlerde trende neden olmaktadır. Bu anlamda küresel ısınmanın ya da diğer faktörlerin iklim elemanları üzerindeki etkisini yorumlamada referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinin kullanılması daha doğru sonuç vermektedir. Bu nedenle iklim veya atmosferik şartlarda meydana gelen değişim doğrudan ET_0 'a yansiyacaktır. Sonuç olarak, ET_0 bir iklim parametresidir ve iklim verilerinden hesaplanabilmektedir. ET_0 bitki özelliklerini ve toprak faktörlerini dikkate almamakta, özel bir bölgede ve yılın özel bir zamanında atmosferin buharlaşma talebini ifade etmektedir. Espadafor ve ark. (2011) de güney İspanya'da 1960-2005 yıllarındaki ET_0 değerlerini hesaplayarak eğilimlerini analiz etmiştir. Dinpashoh ve ark. (2011) de İran'da FAO Penman Monteith ilişkisine göre ET_0 değerlerini elde ederek, ET_0 serilerindeki değişimi Mann-Kendall (MK) yaklaşımıyla analiz etmişlerdir. Tang ve ark. (2011) de kuzey Çin'in Haihe akarsu havzasında ET_0 serilerini elde ederek iklim değişiminin ET_0 üzerine etkisini araştırmışlardır.

Bu çalışma, ülkemizde yıllık yağış ortalamasının oldukça düşük olduğu Orta Anadolu Bölgesinde, FAO56 Penman-Monteith ilişkisinden yararlanılarak aylık bitki su tüketiminde meydana gelen değişiminin ortaya konulması amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla gerek çalışmanın yapıldığı bölgeler gerekse diğer bölgeler için iklim değişikliğinin referans bitki su tüketimi üzerine etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Orta Anadolu bölgesinde bulunan Ankara, Konya, Kayseri, Karaman, Afyon illerindeki meteoroloji istasyonlarında 1970-2012 yılları arasında ölçülen iklim parametreleri materyal olarak kullanılmıştır. Belirtilen illerdeki gözlem süresi boyunca ölçülen iklim parametreleri dikkate alınarak Allen ve ark. (1998)'de verilen FAO Penman-Monteith ilişkisine (Eşitlik 1) göre referans bitki su tüketimi (ET_0) değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada ET_0 serilerindeki değişimin analizi ile ilgili izlenecek yöntemler aşağıda açıklanmıştır. Hesaplamalarda meteorolojik verilerden aylık ortalamalar şeklinde maksimum ve minimum sıcaklıklar, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı verileri kullanılmış ve atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketimi (ET_0) hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Microsoft Office Excel 97-2003 programı kullanılmıştır.

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

Eşitlikte;

- ET_0 : Referans evapotranspirasyon (mm gün^{-1}),
 R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),
 G : Toprak ısı akış yoğunluğu ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),
 T : 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$),
 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),
 Δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$),
 γ : Psikrometrik sabit ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Çalışmada her ay için hesaplanan ET_0 değerlerinin mevsimsel olarak göstermiş olduğu değişimi saptamak için Ocak-Mart (M-I), Nisan-Haziran (M-II), Temmuz-Eylül (M-III) ve Ekim-Aralık (M-IV) aylarına ait ET_0 değerleri toplanarak her istasyon için dört farklı seriler oluşturulmuş ve analizler bu serilere göre yapılmıştır.

2.1. Holt Yaklaşımı

İklim elemanlarının doğal işleyişini olumsuz etkileyen küresel iklim değişikliğinin Hidro-meteorolojik değişkenlerde meydana getirdiği değişimin analizinde parametrik ve parametrik olmayan istatistik yaklaşımlar konuyla ilgili araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Ancak bu yaklaşımların bir kısmı mevcut verinin belli bir dağılıma uyma zorunluluğunu ararken, özellikle çok yaygın olarak kullanılan Mann-Kendal yöntemi de veride içsel bağımlılığının olmaması gerekliliğini aramaktadır. Şen (2012) de önerilen Grafiksel yöntem de yukarıdaki bahsedilen kabuller aranmaksızın hidro-meteorolojik zaman serilerindeki değişimin analizi yapılabilmektedir. Ancak bu yöntemde değişimin istatistiki anlamda önemli olduğuyla ilgili yorum yapılamamaktadır. Mevsimselliğin etkisinin olmadığı bir zaman serisindeki değişimin analizinde kullanılan diğer bir yöntemde Holt yaklaşımıdır.

Doğrusal trende sahip olan zaman serileri için önerilen iki parametrelili Holt'un düzleştirme yönteminde, trend değerleri doğrudan düzleştirilmektedir. Bu yöntemde geçerli kabul, zaman serisindeki trendin var olmasıdır, trendin istatistiki olarak önemli ya da önemsiz olması göz önünde bulundurulmaz. Bu yöntemde düzleştirme işlemi iki parametre ve üç denklem ile gerçekleştirilmektedir. Bu ilişkiler aşağıda verilmiştir (Huang ve ark. 2015).

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (4)$$

Eşitlik 1, t anındaki gözlem değerine (Y_t), bir dönem önceki dönem trendi (b_{t-1}) ile bir önceki dönem düzleştirilmiş değer (L_{t-1}) eklenerek belirlenir. İlişkilerdeki α ve β , düzleştirme parametreleridir ve 0 ila 1 arasında değer alırlar. Bu parametreler tahmin

hataları karelerinin toplamını minimum yapan değerlerdir. Bu yöntemde ilk düzleştirme değeri için L_1 değeri Y_1 'e eşit alınacaktır, b_1 değeri ise (Y_2-Y_1) farkına eşit olacaktır. Bu yöntemle bir serideki trendin eğimi aşağıdaki ilişkiden belirlenmektedir.

$$m_{bt} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t + \bar{x})(b_t + \bar{b})}{\sum_{t=1}^n (x_t + \bar{x})^2} \quad (5)$$

İlişkideki, m_{bt} , doğrusunun eğimi, b_t , x_t yılındaki eğim \bar{x} ve \bar{b} , yılların ve eğim değerlerinin ortalamasıdır.

Çalışmada Holt yönteminin dışında farklı dönemler için elde edilen ET_0 serilerinin zamana bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin analizinde parametrik bir yaklaşım olan birim kök testi de uygulanmıştır. Birim kök testinin detaylı açıklaması makalenin hacmini artırmaması için verilmemiştir. Birim kök testinin detaylı açıklaması (Yürekli ve Çevik, 2005) de verilmiştir. Çalışmada hesaplanan birim kök testinin ADF değeri (τ_{cal}), McKinnon (1990) tarafından geliştirilen ve %1, 5 ve 10 güven sınırı için elde edilen TKD (τ -kritik) değeri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplanan değer (ADF), kritik değerden (TKD) daha küçük olduğunda mevcut seride trendin olduğuna yani birim kökün olduğuna karar verilir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

FAO56 Penman-Monteith ilişkisinden tahmin edilen aylık bitki su tüketimi (ET_0) değerlerinin toplanması ile elde edilen beş yağış istasyonuna ait mevsimsel dört farklı serinin (M-I, M-II, M-III ve M-IV) gözlem sürelerindeki değişimin varlığı Holt yöntemi olarak bilinen yada ikili üssel düzleştirme yaklaşımı olarak da isimlendirilen yöntem ile araştırılmış ve her seriye ait α ve β parametre değerleri ile her bir veriye ait trend değerlerine bağlı olarak Eşitlik 5'ten elde edilen eğim " m_{bt} " değerleri için Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Holt yöntemi sonuçları

Table 1. Holt method results

İstasyon	M-I		M-II		M-III		M-IV	
	α/β	m_{bt}	α/β	m_{bt}	α/β	m_{bt}	α/β	m_{bt}
Ankara	0.159/0.360	0.203	0.723/0.050	0.201	0.506/0.117	0.428	0.896/0.022	0.031
Konya	0.514/0.092	- 0.022	0.564/0.053	0.034	0.560/0.089	0.178	0.626/0.089	0.028
Kayseri	0.452/0.083	0.004	0.411/0.092	0.015	0.403/0.100	0.047	0.601/0.059	-0.083
Karaman	0.638/0.097	0.012	0.237/0.644	- 0.389	0.719/0.294	-0.244	0.740/0.100	-0.079
Afyon	0.372/0.157	- 0.111	0.280/0.154	- 0.035	0.318/0.154	0.109	0.990/0.010	-0.005

Çizelge 1'deki sonuçlara göre, M-I sezonu için Ankara, Kayseri ve Karaman istasyonlarının ET_0 verisinde artış, Konya ve Afyon istasyonları için azalma saptanmıştır. Karaman ve Afyon istasyonlarının M-II sezonuna ait ET_0 verilerinde azalma söz konusu iken diğer istasyonlarda artış olduğu bulunmuştur. Araştırmada göz önüne alınan istasyonların yalnızca Karaman istasyonunun ET_0 verisi M-III sezonunda azalma eğilimi göstermiş diğerleri ise artan yönde trend göstermiştir. Ankara ve Konya istasyonlarının M-IV sezonunun ET_0 verilerinde artan yönde bir değişim gösterdiği saptanmış, diğer istasyon verilerinde azalan yönde bir eğilim belirlenmiştir.

Çalışmada beş istasyonun dört sezonu için elde edilen ET_0 verilerine uygulanan parametrik bir yaklaşım olan birim kök testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede ET_0 verilerinde zamana bağlı olarak meydana gelen değişimim ya da diğer bir ifadeyle trendin olduğu istasyonlar koyu karakterde gösterilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere Ankara ve Karaman istasyonlarının tüm sezonlarına ait ET_0 verilerinde trend elde edilirken, Kayseri istasyonuna ait verilerin hiç birinde istatistiki anlamda önemli trend elde edilmemiştir. Konya ve Afyon istasyonlarının yalnızca M-IV sezonunda istatistiki anlamda önemli trend elde edilmiştir. Sonuçlar değerlendirilirken %5 önem seviyesindeki kritik (TKD) değer dikkate alınarak yorum yapılmıştır. İstatistiki anlamda % 5 önem seviyesine göre önemli trendin bulunduğu ET_0 verileri, %1 ve 10 önem seviyesindeki kritik değerlere göre de istatistiki anlamda önemli bulunmuştur Ancak sadece Ankara istasyonunun M-I sezonunun ET_0 verisinin %10 önem seviyesinde istatistiki anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Birim Kök testi sonuçları

Table 2. Unit Root test results

İstasyon	ADF				TKD			AÇIKLAMA
	M-I	M-II	M-III	M-IV	1%	5%	10%	
Ankara	-3.235*	-3.162	-2.286	-1.747	-4.192	-3.521	-3.191	Birim kök var
Konya	-4.018	-3.618	-3.691	-3.042	-4.284	-3.563	-3.215	Birim kök var
Kayseri	-5.428	-6.965	-4.678	-4.270	-4.301	-3.574	-3.221	Durağan
Karaman	-2.674	-2.244	-0.572	-1.965	-4.253	-3.548	-3.207	Birim kök var
Afyon	-4.322	-4.089	-3.995	-2.359	-4.533	-3.674	-3.277	Birim kök var

Ünlükara ve Yürekli (2014) de bu çalışmada materyal olarak seçilen beş istasyonun mevsimsel ET_0 verilerine Mann-Kendal testini ve eğimin yönünü belirlemek için de Theil-Sen Eğim testini uygulamışlardır. Çalışmadan elde ettikleri sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'de Mann-Kendal testine göre değişimin olduğu ET_0 serilerinin hesaplanan " u_c " test istatistiği değerleri koyu karakterde verilmiştir. Bu yöntemle ait hesaplanan test istatistiği (u_c), %5 önem seviyesinde Standart Normal dağılımın tablo değeri olan kritik Z_{tablo} değeri (1.645) karşılaştırılmıştır. Analizle ilgili detaylı açıklama ilgili referansta mevcuttur. Bu teste göre Ankara ve Konya istasyonlarının dört mevsime ait ET_0 serilerinde artan trend saptanmıştır. Ayrıca Karaman istasyonunun M-III sezonunun ET_0 serisinde ve Kayseri ilinin M-IV sezonunun ET_0 serisinde azalan trend bulunmuştur. Afyon ilinin M-III sezonunun ET_0 serisinde ise artan trend elde edilmiştir. Bu çizelgede verilen Theil-Sen Eğim testine göre de ET_0 serilerindeki trendin yönü ile ilgili yukarıda açıklanan bilgiler doğrulanmaktadır.

Çizelge 3. Mann-Kendal test sonuçları (Ünlükara ve Yürekli, 2014)**Table 3.** Mann-Kendal test results (Ünlükara ve Yürekli, 2014)

İstasyon	u_c test istatistiği				Q_{med}			
	M-I	M-II	M-III	M-IV	M-I	M-II	M-III	M-IV
Ankara	1.99	3.97	4.51	2.38	0.312	1.370	1.798	0.388
Konya	3.65	3.06	2.71	1.94	1.819	1.893	2.205	0.626
Kayseri	-0.23	0.40	0.31	-2.78	-0.073	0.237	0.119	-0.832
Karaman	-0.92	-1.27	-2.55	-1.13	-0.492	-0.439	-0.669	-0.342
Afyon	0.36	0.88	2.95	1.05	0.177	0.706	2.265	0.494

Çalışmada uygulanan yöntemlerin sonuçlarına göre;

- Holt ve Mann-Kendal yöntemlerine göre Ankara ve Konya istasyonlarının dört sezona ait ET_0 verileri, Holt yönteminde Konya istasyonunun M-I sezonu hariç (azalan trend var), artan bir eğilim göstermiştir. Birim kök testine göre ise bu istasyonların tüm sezonlarında (Konya için M-I, M-II ve M-III sezonları hariç) istatistiki olarak değişimin olduğu bulunmuştur.
- Kayseri istasyonunun tüm sezonları için birim kök testine göre istatistiki anlamda bir değişim elde edilmemiş olmasına karşın, Mann-Kendal yöntemine göre M-IV sezonunda istatistiki olarak önemli azalan trend bulunmuştur. Holt yöntemine göre ilk üç sezonun ET_0 verilerinde bir artış eğiliminin bulunduğu, son sezonda ise bir azalışa doğru gidişin olduğu tespit edilmiştir.
- Holt yöntemine göre Karaman ilinin ilk sezonunda artış, diğer sezonlarında azalma eğiliminin olduğu belirlenmiştir. Birim kök testine göre ise bütün sezonlardaki ET_0 serilerinde değişimin olduğu bulunmuştur. Bu istasyonun tüm verilerinde Mann-Kendal yöntemine göre azalma eğiliminin olduğu, sadece M-III sezonu verisinin istatistiki anlamda azalan yönde bir eğilime sahip olduğu belirlenmiştir.
- Afyon ilinin ET_0 verileri Holt yöntemine göre sadece M-III sezonunda artış eğilimi gösterirken, diğer sezonlardaki verilerin azalma eğilimine sahip olduğu bulunmuştur. Birim kök testine göre ise sadece M-IV sezonuna ait ET_0 verilerinde istatistiki anlamda trend tespit edilmiştir. Bu istasyonun tüm sezonlarının ET_0 verileri Mann-Kendal yöntemine göre artış eğilimi gösterdiği, istatistiki anlamda M-III sezonunun ET_0 verisinin artışın önemli olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- 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.
- Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakhri-Fard, A., Singh, V.P., Kahya, E., 2011. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. J. Hydrol. 399, 422–433.
- Espadafor, M., Lorite, I.J., Gavilán, P., Berengena, J., 2011. An analysis of the tendency of reference evapotranspiration estimates and other climate variables during the last 45 years in Southern Spain. Agric. Water. Manage. 98, 1045–1061.
- Huang, Y.F., Puah, Y.J., Chua, K.C., Lee, T.S., 2015. Analysis of monthly and seasonal rainfall trends using the Holt's test. International Journal of Climatology, 35, 1500-1509.
- McKinnon, J.G., 1990. Critical Values for Co-Integration Tests. UC San Diego Discussion Paper, 90-4.
- Sen, Z., 2012. Innovative trend analysis methodology. Journal of Hydrologic Engineering 17 (9), 1042–1046.

- Tang, B., Tong, L., Kang, S., Zhang, L., 2011. Impacts of climate variability on reference evapotranspiration over 58 years in the Haihe river basin of north China. [Agric. Water Manage.](#) 98, 1660-1670.
- Ünlükara, A., Yürekli, K., 2014. Orta Anadolu Bölgesinde referans bitki su tüketiminin mevsimsel değişiminin analizi. 2.Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Eylül, Konya.
- Yürekli, K., Çevik, O 2005. Detecting of Whether The Autocorrelated Hydrologic Time Series have Stationarity by Using Unit Root Approach. *The Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa*, 22(1), 45-53.