GAZİOSMANPAŞA BİLİMSEL ARAŞTIRMA DERGİSİ (GBAD)
Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research
ISSN: 2146-8168
http://dergipark.gov.tr/gbad
Derleme Makalesi (Review Article)

Cilt/Volume : 6
Sayı/Number:Özel Sayı (BSM-2017)
Yıl/Year: 2017
Sayı/Pages: 118-128

***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***

Kıyas Bitki Su Tüketiminin (ET_o) Hesaplanması Amacıyla Kullanılan Bilgisayar Yazılımlarının Karşılaştırması

Cihan KARACA[1*] Dursun BÜYÜKTAŞ[1] Begüm TEKELİOĞLU[1]
[1]*Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü/ANTALYA*
[*]*e-mail: cihankaraca@akdeniz.edu.tr*

Özet: Bitki su tüketiminin (ET_c) belirlenmesi amacıyla kullanılan lizimetre uygulamaları en doğru ve güvenilir yöntem olmasına karşın deneyimli iş gücü ve uzun zaman gerektirmesi bu yöntemin en önemli dezavantajlarıdır. ET_c'yi belirlemek için dünya çapında en çok kullanılan yöntem kıyas bitki su tüketimi (ET_o) ve bitki katsayısına (k_c) dayalı FAO metodolojisidir. Bir bitkinin yetiştirildiği bölgeye özel k_c değeri ve iklimsel parametreler ile hesaplanan ET_o değerinin çarpılmasıyla ET_c belirlenir ve uygun bir sulama programlaması yapılabilir. Tek bir iklim parametresi kullanarak ET_o'nun hesaplanabileceği eşitlikler olduğu gibi birden çok iklim parametresine ihtiyaç duyan daha karmaşık eşitlikler de mevcuttur. Bu eşitliklerin daha kolay ve hızlı kullanılabilmesi için birçok bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan en yaygın bilgisayar yazılımları *DailyET*, *CROPWAT*, *DSS_ET*, *REF_ET*, *ETo Calculator*, *IAM*_ETo ve *ETO* dur. Bu yazılımlar arasında, ET_o yu tahmin etmede kullandıkları eşitlikler, ihtiyaç duydukları iklimsel parametreler, kullanım ücretleri ve teknik destek olanağı ve erişim kolaylığı gibi birbirleri arasında farklılıklar mevcuttur. Bu çalışmada, dünya genelinde ET_o'yu hesaplamak için geliştirilen bilgisayar yazılımlarının (*DailyET*, *CROPWAT*, *DSS_ET*, *REF_ET*, *ETo Calculator*, *IAM_ETo*, *ETO*) özellikleri, avantajları, dezavantajları ve birbirleri arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *CROPWAT, DSS_ET, ETo Calculator, Evapotranspirasyon, REF_ET*

Comparison of Computer Software Used for Calculation of Reference Crop Evapotranspiration

Abstract: Although lysimeter applications used for determination of plant water consumption (ET_c) are the most accurate and reliable method, the most important disadvantages of this method are the experienced staff and longtime requirement. The world's most widely used method to identify ET_c is FAO methodology based on reference crop evapotranspiration (ET_o) and plant coefficient (k_c). The ET_c is determined by multiplying the ET_o value calculated using the climate parameters and the specific kc value of the region where a plant is grown and an appropriate irrigation scheduling can be performed. ET_o can be calculated with equations that require only one climate parameter or with more complex equations that require multiple climate parameters. Numerous computer software has been developed by many researchers to make these equations easier and faster to use. The most common computer software used for this purpose are *DailyET*, *CROPWAT*, *DSS_ET*, *REF_ET*, *ETo Calculator*, *IAM_ETo* and *ETO*. There are similarities and differences to predict ET_o among these software, such as the required climatic parameters, the usage fees, the availability of technical support and the ease of access. The purpose of this study is to identify the features, advantages, disadvantages and differences between the computer software (*DailyET*, *CROPWAT*, *DSS_ET*, *REF_ET*, *ETo Calculator*, *IAM_ETo*, *ETO)* developed to calculate ET_o worldwide.

Keywords: *CROPWAT, DSS_ET, ETo Calculator, Evapotranspiration, REF_ET*

1. Giriş

Hidrolojik çevrimin en önemli bileşenlerinden biri olan evapotranspirasyonun (ET) doğru tahmin edilmesi su dengesi, çevrenin korunması, sulama sistemlerinin tasarımı ve su kaynakları yönetimi gibi çalışmalar için gereklidir. ET, toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) ile bitki tarafından yapılan terleme (transpirasyon) sonucu atmosfere aktarılan toplam su buharı miktarıdır (Kanber 2006). ET doğrudan lizimetreler ile belirlenebilir ya da iklimsel veriler ile tahmin edilebilir. Lizimetreler en doğru ve güvenilir yöntem olmakla birlikte zor, pahalı ve uzun zaman gerektirir. ET bitki, toprak, iklim ve işletme biçimi gibi çok sayıda faktörün etkisiyle meydana gelir. (Allen et al. 1998). Bu faktörlerin birbirleri arasında karşılıklı bağımlılığı ile mekânsal ve zamansal değişkenliği nedeniyle, farklı koşullar altında ET'yi tahmin etmek için kullanılabilecek bir denklem oluşturmak neredeyse imkânsızdır. Dolayısıyla, ET denklemlerini, referans evapotranspirasyon (ET_o) kullanarak standartlaştırma fikri ortaya atılmıştır (Jensen 1968; Jensen et al. 1971; Doorenbos and Pruitt 1975; Temesegen et al. 2005). Buna göre ET_o ile denemeler sonucunda elde edilen bitki katsayısı (k_c) çarpılarak gerçek bitki su tüketimi (ET_c) belirlenebilir (Eşitlik 1).

$$ET_c = ET_o x k_c \quad (1)$$

ET_o, hakkında en çok kabul gören tanım Allen et al. (1998) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre ET_o, belirli iklimsel koşullarda yetişen, yeteri düzeyde sulanan, sağlıklı büyüyen, toprağı tamamen gölgeleyen, 12 cm yüksekliğinde, taç aerodinamik direncinin 70 s m^{-1}, albedo değerinin 0.23 olduğu çayır otları yüzeyinden oluşan maksimum evapotranspirasyon miktarıdır. Herhangi bir bitki için k_c değeri ise deneysel olarak elde edilir ve bitkinin fizyolojisini, örtü derecesini, verilerin bağlı olduğu yöreyi temsil eder.

Kıyas bitki su tüketimi, çayır bitkileri kullanılarak doğrudan ölçülebileceği gibi belirli iklim parametreleri kullanılarak da tahmin edilebilir. Kıyas bitki su tüketim değerlerinin hesaplanması için farklı veri gerektiren ve farklı ayrıntı düzeylerinde çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Bunlardan bir kısmı yalnızca günlük ortalama sıcaklığa ihtiyaç duyarken; bir kısmı günlük oransal nem, solar radyasyon, rüzgâr ve hava sıcaklığı değerlerine ihtiyaç duyarlar (Kanber, 2006). Bazıları haftalık, aylık yâda yetişme periyodu boyunca meydana gelecek olan ET_o'yu belirlemek amacıyla geliştirilirken, bazıları ise yüzey ile atmosfer arasındaki enerji ve maddenin transferini yöneten süreci anlamak için geliştirilmiştir. Söz konusu bu eşitliklerin bir kısmı fiziksel temele oturtulurken bir kısmı ise ampirik olarak elde edilmişlerdir. ET_o'yu farklı iklimlerde farklı doğruluk yüzdesiyle tahmin eden ve sayıları otuzu geçen bu eşitlikler, radyasyona, sıcaklığa, kombinasyona ve pan buharlaşmasına dayalı olmak üzere 4 grupta toplanabilir (Tabari et al. 2013). Bu ET_o eşitliklerinin daha kolay ve hızlı kullanılabilmesi için birçok bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu amaçla kullanılan en yaygın bilgisayar yazılımları *Daily ET* (Hess 1996), *CROPWAT* (FAO 1992), *DSS_ET* (Bandyopadhyay et al. 2012), *REF_ET* (Allen 2015), *ETo Calculator* (Raes 2012), *IAM_ETo* (Steduto and Snyder 1998) ve *ETO* (Gocic and Trajkovic 2010) yazılımlarıdır. Bu yazılımlar arasında, ET_o'yu tahmin etmede kullandıkları eşitlikler, ihtiyaç duydukları iklimsel parametreler, kullanım ücretleri ve teknik destek olanağı ve erişim kolaylığı gibi farklılıklar mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı dünya genelinde ET_o'yu hesaplamak için geliştirilen bilgisayar yazılımlarının özellikleri, avantajları, dezavantajları ve birbirleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları tespit etmektir.

2. Yazılımların Tanıtılması

2.1. REF-ET

REF-ET (Şekil 1) yazılımı Dr. Richard G. Allen tarafından 1999 yılında geliştirilmiştir. Yazılımın en güncel sürümü 2015 yılında erişime sunulmuştur (Allen 2015). Yeterli iklim parametresi olması durumunda bu yazılım ile 15 farklı eşitlik kullanarak ET_o değeri tahmin edilebilir. *REF-ET*, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Sulama Rapor No 56 (Allen et al. 1998) ve ASCE-EWRI (2005) tarafından tavsiye edilen ASCE Penman-Monteith denkleminin ve bileşenlerinin standart formları ile uyumlu olarak geliştirilmiştir.

2.2. DSS_ET

DSS_ET (Bandyopadhyay et al. 2012) yazılımı George et al. (2002) tarafından geliştirilen yazılımının daha geliştirilmiş sürümüdür (Şekil 2). Bu yazılımla yaygın olarak kullanılan 22 farklı ET_o eşitliğiyle günlük ya da aylık ET_o değerleri hesaplanabilir. Ayrıca mevcut iklimsel verilere bağlı olarak istenilen bölgedeki en uygun ET_o eşitliği belirlenebilir.

2.3. CROPWAT

CROPWAT (Şekil 3), FAO-Su Kaynakları Geliştirme ve Yönetim Hizmeti için Joss Swennenhuis (FAO 1992) tarafından geliştirilmiştir. *CROPWAT* yazılımında kullanılan tüm hesaplama prosedürleri Allen et al.'un (1999) yaptığı çalışmaya bağlı olarak hazırlanmıştır. Bu yazılım ile yalnızca Penman Monteith eşitliğini kullanarak aylık toplam ET_o değeri hesaplanabilir. Eğer bitkinin farklı gelişim dönemlerindeki k_c değerleri biliniyorsa bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarı da belirlenebilir.

2.4. IAM_ETo

IAM_ETo (Şekil 4) yazılımı Steduto and Snyder (1998) tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılımda 9 farklı ET_o eşitliği kullanarak günlük ya da aylık olarak ET_o değerleri hesaplanabilir.

2.5. ETo Calculator

ETo Calculator (Şekil 5) FAO öncülüğünde Raes (2012) tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılım ile ET_o, gerekli iklimsel verilerin mevcut olduğu durumda Penman Monteith eşitliği yardımıyla FAO standartlarına göre hesaplanmaktadır.

2.6 DailyET

DailyET (Şekil 6), Hess (1996) tarafından İngiltere Cranfield Üniversitesi'nde geliştirilmiş hızlı ve basit Windows tabanlı küçük bir yazılımdır. Beş farklı ET_o eşitliği ile tek günlük ya da tek aylık ET_o değeri hesaplanabilir.

2.7. ETO

ETO yazılımı (Şekil 7) Gocic and Trajkovic (2010) tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılımla günlük ya da aylık ET_o değerleri Penman Monteith ve Modifiye Hargreaves eşitliği ile hesaplanabilir. Hesaplamalar Allen et al. (1999) tarafından geliştirilen FAO standartlarına göre yapılmaktadır.

3. Yazılımların Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması

Bu çalışmada *DailyET* (Hess 1996), *CROPWAT* (FAO 1992), *DSS_ET* (Bandyopadhyay et al. 2012), *REF_ET* (Allen 2015), *ETo Calculator* (Raes 2012), *IAM_ETo* (Steduto and Snyder 1998) ve *ETO* (Gocic and Trajkovic 2010) yazılımları farklı açılardan karşılaştırılmıştır.
Bu yazılımların hepsi ücretsiz olarak kullanılabilir. Yalnızca *REF-ET*'nin kullanımında teknik desteğin arzu edilmesi durumunda Idaho Üniversitesi 49$ karşılığında kayıt yaptıran kullanıcılarına telefon veya yazılı olarak destek sağlamaktadır. Fakat diğer yazılımlar için teknik destek konusunda herhangi bir bilgilendirme yapılmamıştır.

Bu yazılımlar farklı zaman aralığındaki (saatlik, günlük, on günlük, aylık ve sezonluk) ET_o değerlerini tahmin etme açısından birbirlerinden ayrılırlar. Örneğin *ETO* ve *DailyET* yazılımları ile yalnızca bir günlük veya bir aylık ET_o değerleri hesaplanabilir. Fakat bu yazılımlar ile sezonluk ET_o değerleri hesaplanamaz. *CROPWAT* yazılımı ile her ay için günlük ortalama ET_o değeri hesaplanabilirken, her bir güne özel ET_o değerleri hesaplanamaz. Bununla birlikte, *ETo Calculator*, *DSS_ET* ve *IAM_ETo* yazılımlarıyla günlük, 10 günlük, aylık ve sezonluk ET_o değerleri hesaplanabilir. *REF-ET* yazılımı ise saatlik, günlük, 10 günlük, aylık ve sezonluk ET_o değerlerini hesaplayabilen en kapsamlı yazılımdır (Çizelge 1).

Yazılımlar tüm Windows sürümleri ile uyumlu değildir. *IAM_ETo* yazılımı Windows 98, *DSS_ET* yazılımı Windows-XP, Vista, ve 7 sürümleri ile uyumlu iken *REF-ET*, *ETo Calculator*, *CROPWAT*, *ETO* ve *DailyET* yazılımları Windows XP ve üzeri sürümleri ile uyumludur.

REF-ET, *ETo Calculator* ve *CROPWAT* yazılımı sürekli güncellenen ve internet üzerinden kolayca indirilebilen yazılımlardır. *DSS_ET* yazılımı güncelliğini korumasına rağmen internet üzerinde herhangi bir indirme linki bulunmamaktadır. Buna karşı, Daily ET ve *IAM_ETo* yazılımları güncelliğini kaybetmiştir ve internet üzerinde herhangi bir indirme linki bulunmamaktadır. İndirme linki olan yazılımların internet adresleri ve sorumlu yazarların iletişim bilgileri Çizelge 2'de verilmiştir.

Eldeki iklimsel verilere bağlı olarak *REF_ET*, *DSS_ET*, *IAM_ETo* ve *DailyET* yazılımları ile birden çok ET_o eşitliği kullanarak ET_o değeri hesaplanabilirken, *ET_o Calculator* ve *CROPWAT* yazılımları ile sadece Penman Monteith eşitliği kullanarak ET_o değerleri hesaplanabilir. Çizelge 3'te, yazılımların ET_o değerlerini hesaplamak için kullanabileceği eşitlikleri (+) simgesiyle gösterilmektedir.

CROPWAT ve *ETo Calculator* yazılımları FAO tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılımlar, dünya çapında 5000'den fazla meteorolojik istasyonun uzun yıllık iklimsel verilerini sunan

CLİMWAT yazılımı ile entegre olarak kullanılabilir. Bu nedenle herhangi bir bölgenin ET_o değeri kolayca tahmin edilebilir. *CROPWAT* yazılımı ile bir bölge için iklim, toprak ve bitki hakkında yeterli bilgiye sahip olunması durumunda, ET_o değerleri hesaplanarak bitkinin sulama suyu ihtiyacı belirlenir ve uygun bir sulama programlaması yapılabilir. Bu da *CROPWAT* yazılımını diğer yazılımlardan ayıran en önemli özelliktir.

IAM_ETo yazılımını diğer yazılımlardan ayıran en önemli özellik ise eşitlikler arası ve lizimetre ile ölçülen değerler arasında istatistiksel karşılaştırmaya (ortalama, standart sapma ve ortalama hata kareleri kökü) olanak vermesidir. Böylece belirlenen bölge için en doğru tahminde bulunan eşitlik tespit edilebilir.
DSS_ET yazılımı 20 den fazla ET_o eşitliğini, ASCE (Jensen et al. 1990) ve DSS (Swarnakar and Raghuwanshi 2000) yöntemleriyle sıralayarak, belirli bir bölge için kullanılabilecek en doğru ET_o eşitliğini belirleyebilir.

REF-ET, DSS_ET ve *ETo Calculator* yazılımlarının en önemli özelliklerinden biri de bazı iklimsel verilerin eksik olması durumunda FAO-56' da (Allen et al. 1998) önerilen prosedürleri kullanarak eksik iklimsel verilerinin tahmin edilebilmesidir.

Kullanım kolaylığı açısından yazılımlar karşılaştırıldığında *DailyET*, *ETO*, *CROPWAT* yazılımlarının kullanımı en kolaydır. Bu yazılımların açılan bir penceresi vardır. Bu penceredeki boşluklara istenilen iklimsel verilerin girilmesi durumunda ET_o kolayca tahmin edilir. Diğer yazılımlar çok daha karışık olmakla birlikte bilgi ve deneyim gerektirir.

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında ET_o değerlerini tahmin etmek için geliştirilen bilgisayar yazılımlarının özellikleri ile bu yazılımların birbirleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirlenmiştir. Bu yazılımların ortak noktası ET_o değerini tahmin etmek olsa da farklı amaçlara ulaşmak için geliştirilmiştir. Belirli bir bölgedeki ET_o değeri hakkında yüzeysel bilgi edinmek amaçlanırsa *DailyET* ve *ETO* yazılımları kullanılabilir. Bir bölgedeki herhangi bir bitkinin sulama suyu ihtiyacı belirlemek amaçlanıyorsa bu yazılımlar arasında en uygun yazılım *CROPWAT* yazılımıdır. Fakat bir bölge için en uygun ET_o eşitliğinin belirlenmesi amaçlanıyorsa *REF-ET, DSS_ET* ya da *IAM_ETo* yazılımları kullanılabilir. Bunun yanında kullanılacak yazılımın belirlenmesinde var olan iklimsel verilerin çeşitliliği (sıcaklık, nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi, net radyasyon vb. gibi) bu iklimsel verilerin zaman aralığı (uzun yıllar aylık ortalama, günlük ortalama vb. gibi) ve tahmin edilmek istenen ET_o değerinin zaman dilimi (saatlik, günlük, aylık, sezonluk) önemlidir. Bu çalışmada hazırlanan çizelgeler tüm amaçlar doğrultusunda en uygun yazılımı seçmek için yardımcı olacaklardır.

5. Referanslar

Allen RG (2015). REF-ET: Reference Evapotranspıratıon Calculatıon Software for FAO and ASCE Standardized Equations. User Manuel. University of Idaho, 92 p.

Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M (1998). Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56: Rome, 300 p.

ASCE-EWRI (2005). The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Technical Committee report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. ASCE-EWRI, p. 173.

Bandyopadhyay A, Bhadra A, Swarnakar RK, Raghuwanshi NS and Singh R (2012). Estimation of Reference Evapotranspiration Using a User-Friendly Decision Support System: DSS_ET, Agricult. Forest Meterol., 154-155: 19-29.

Christiansen JE (1968). Pan Evaporation and Evapotranspiration from Climatic Data. J. Irrigation and Drainage, ASCE 94: 243-265.

Doorenbos J and Pruitt WO (1975). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 24, 1st edition., Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 179 p.

Doorenbos J and Pruitt WO (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 24, 2st edition., Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 156 p.

FAO (1992). CROPWAT-A Computer Program for Irrigation Planning and Management. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 46. Food and Agriculture Organization, Rome.

Frere M and Popov GF (1979). Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting. FAO Plant Production and Protection Paper 17: 38-43.

George BA, Reddy BRS, Raghuwanshi NS and Wallender WW (2002). Decision Support System for Estimating Reference Evapotranspiration. J. Irrig. Drain. Eng. 128 (1): 1-10.

Gocic M and Trajkovic S (2010). Software for Estimating Reference Evapotranspiration Using Limited Weather Data. Comput. Electron. Agric., 71:158-162.

Hargreaves GL and Samani ZA (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature, Applied Engineering in Agriculture, Trans. ASAE 1(2): 96-99.

Hess TM (1996). Potential Evapotranspiration [DAILYET]. Silsoe College. UK.

Jensen ME (1968). "Water Consumption by Agricultural Plants." Water Deficits and Plant Growth, Kozlowski TT ed., Academic, New York, 2: 1-45.

Jensen ME and Haise HR (1963). Estimating Evapotranspiration from Solar Radiation. J. Irrigation and Drainage Div., ASCE, 89: 15-41.

Jensen ME, Wright JL and Pratt BJ (1971). Estimating Soil Moisture Depletion from Climate, Crop, And Soil Data. Trans. ASAE, 14(5): 954–959.

Jensen, ME, Burman RD and Allen, RG (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, 360 p.

Kanber R (2006). Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları: Yayın No: A-52, Adana, 530 s.

Makkink GF (1957). Testing the Penman Formula by Means of Lysimeters. J. Inst. Water. Eng. 11: 277-288.

Penman LH (1948). Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. Proceedings of the Royal Society of London A, 193: 120-145.

Priestley CHB, Taylor RJ (1972). On the Assessment of Surface Heat Flux and Evapotranspiration Using Large Scale Parameters. Mon. Weather Rev., 100: 81-92.

Raes D (2012). Reference Manual - ETo Calculator. Food and Agriculture Organization of the United Nations Land and Water Division, p: 37.

Snyder RL and Pruitt WO (1992). ET0 User's Guide and Program Documentation, University of California, Davis, U.S.A.

Steduto P and Snyder RL (1998). IAM_ETO. Software Program and User\'s Guide. Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches, 20: 1-64.

Swarnakar RK and Raghuwanshi NS (2000). DSS_ET User Manual. Dept. Agri. Food Engg., Indian Institute of Technology Kharagpur, India

Tabari H, Grismer ME and Trajkovic S (2013). Comparative Analysis of 31 Reference Evapotranspiration Methods under Humid Conditions. Irrig. Sci., 31(2): 107-117.

Temesgen B, Eching S, Davidoff B and Frame K (2005) Comparison of Some Reference Evapotranspiration Equations for California. Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE, 131(1): 73-84.

Thornthwaite CW (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Rev., 38: 55-94.

Trajkovic S (2007). Hargreaves Versus Penman–Monteith Under Humid Conditions. J. Irrig. Drain. Eng., 133(1): 38-42.

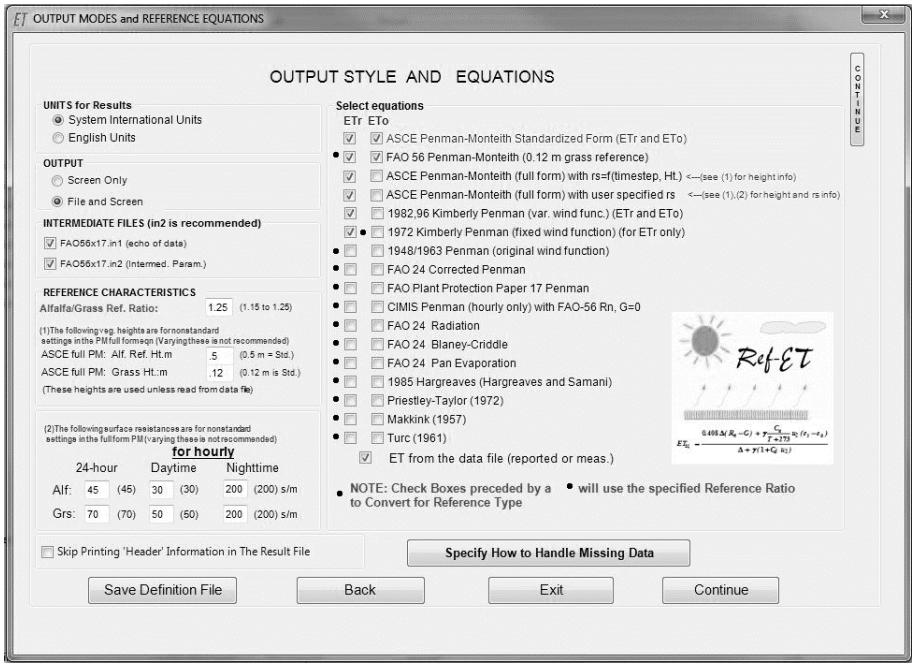
Turc, L. (1961). Estimation of Irrigation Water Requirements, Potential Evapotranspiration: A Simple Climatic Formula Evolved Up to Date. Ann. Agron., 12: 13-14.

USDA (1970). Irrigation Water Requirements. Technical Release No. 21., (rev), 88 p.

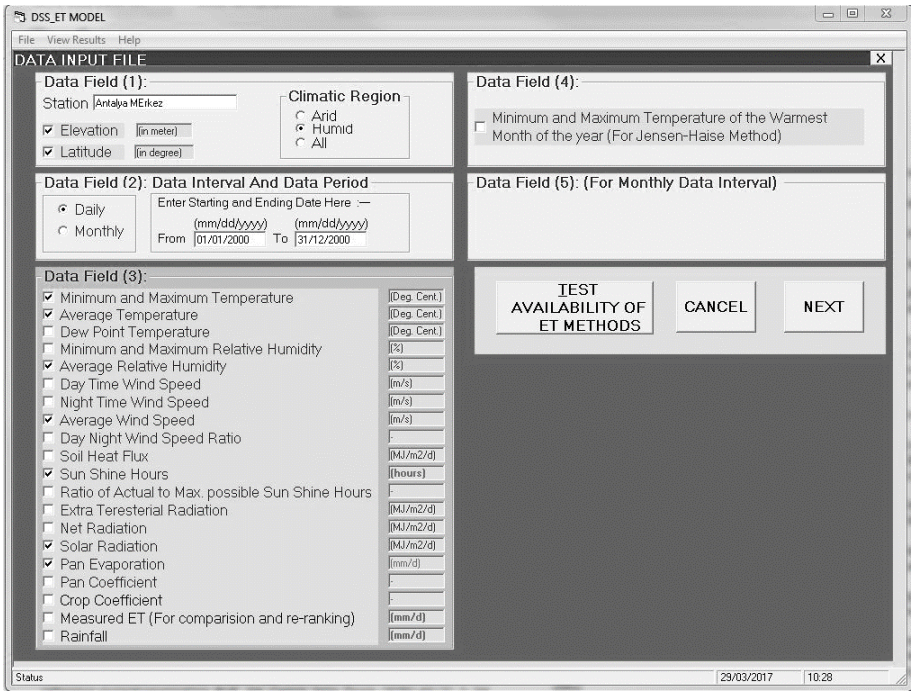
Van Bavel CHM (1966). Potential Evaporation: The Combination Concept and Its Experimental Verification. Water resour. Res., 293: 455-467.

Wright JL and Jensen ME (1972). Peak Water Requirements of Crops in Southern Idaho. J. of Irrig. and Drain. Div. ASCE, 96(IR1): 193-201.

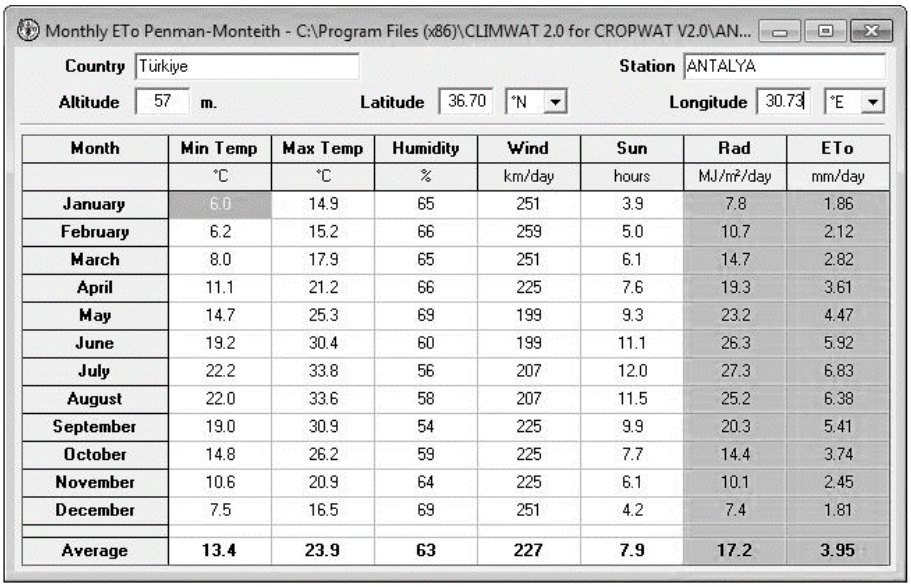
Wright JL (1982). New Evapotranspiration Crop Coefficients. J. of the Irrig. and Drain. Div., ASCE, 108(IR2): 57-74.



Şekil 1. *REF-E*T referans evapotranspirasyon hesaplama yazılımı
Figure 1. *REF-ET reference evapotranspiration calculation software*



Şekil 2. *DSS_ET*, Referans Evapotranspirasyonu Değerlendirilmesi İçin Karar Destek Sistemi Yazılımı
Figure 2. *DSS_ET, Decision Support System Software for Reference Evapotranspiration Assessment*



Monthly ETo Penman-Monteith - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\AN...

Country: Türkiye — Station: ANTALYA

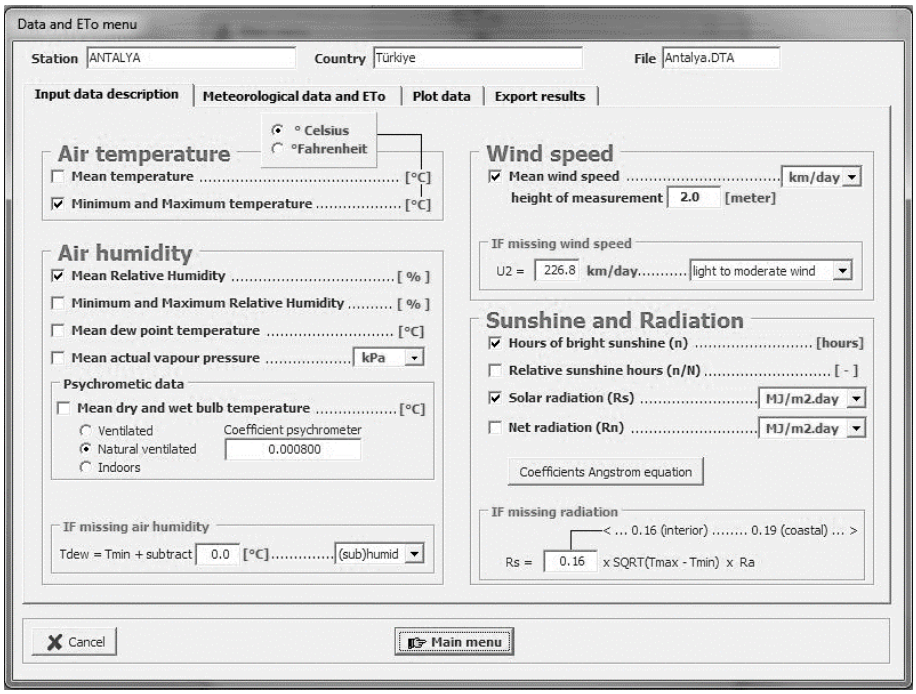
Altitude: 57 m. — Latitude: 36.70 °N — Longitude: 30.73 °E

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m²/day	mm/day
January	6.0	14.9	65	251	3.9	7.8	1.86
February	6.2	15.2	66	259	5.0	10.7	2.12
March	8.0	17.9	65	251	6.1	14.7	2.82
April	11.1	21.2	66	225	7.6	19.3	3.61
May	14.7	25.3	69	199	9.3	23.2	4.47
June	19.2	30.4	60	199	11.1	26.3	5.92
July	22.2	33.8	56	207	12.0	27.3	6.83
August	22.0	33.6	58	207	11.5	25.2	6.38
September	19.0	30.9	54	225	9.9	20.3	5.41
October	14.8	26.2	59	225	7.7	14.4	3.74
November	10.6	20.9	64	225	6.1	10.1	2.45
December	7.5	16.5	69	251	4.2	7.4	1.81
Average	13.4	23.9	63	227	7.9	17.2	3.95

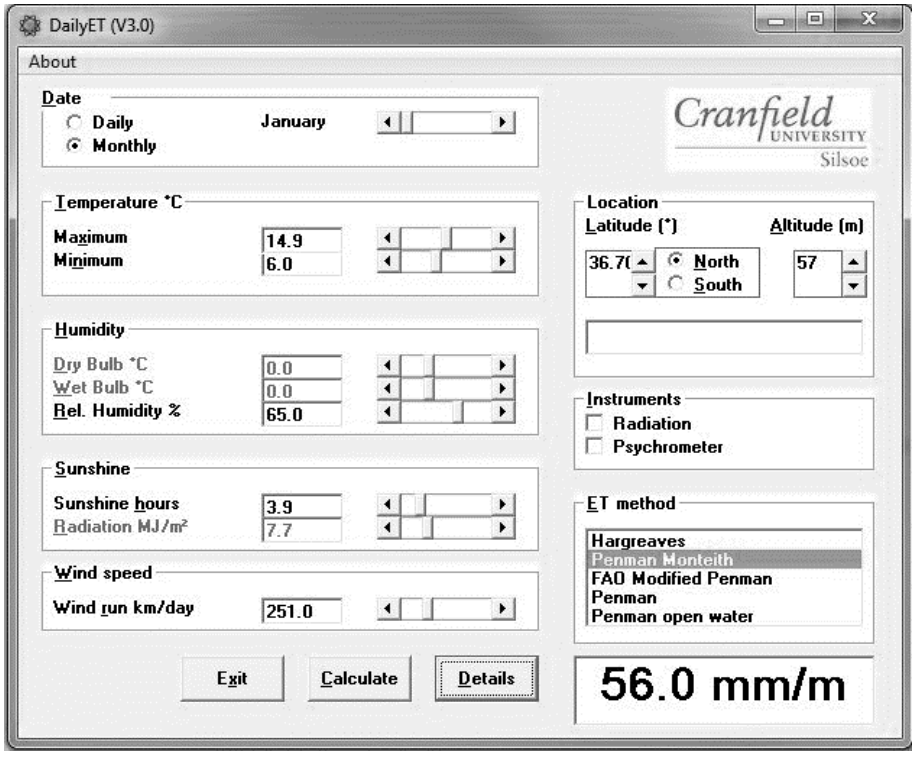
Şekil 3. *CROPWAT*, referans evapotranspirasyon hesaplama yazılımı
Figure 3. *CROPWAT, reference evapotranspiration calculation software*



Şekil 4. *IAM_ETo* referans evapotranspirasyon hesaplama yazılımı
Figure 4. *IAM_ETo reference evapotranspiration calculation software*



Şekil 5. *ETo Calculator,* referans evapotranspirasyon hesaplama yazılımı
Figure 5. *ETo Calculator, reference evapotranspiration calculation software*



Şekil 6. DailyET referans evapotranspirasyon hesaplama yazılımı
Figure 6. *Daily ET, reference evapotranspiration calculation software*



Şekil 7. *ETO* referans evapotranspirasyon hesaplama yazılımı
Figure 7. *ETO, reference evapotranspiration calculation software*

Çizelge 1. ET_o yazılımları ile ilgili genel bilgiler
Table 1. *General information about ETo softwares*

	Ücret Durumu	Uyumlu Programlar	Tahmin edilen zaman Aralığı	Eksik iklimsel verileri tahmin etme özelliği
REF-ET	Ücretsiz	-	Saatlik, Günlük, Aylık,	Var
DSS ET	Ücretsiz	-	Günlük, Aylık	Var
CROPWAT	Ücretsiz	ClimeWat	Aylık	Yok
IAM_ETo	Ücretsiz	-	Günlük, Aylık	Yok
ETo Calculator	Ücretsiz	ClimeWAt, FaoClime2	Günlük, Aylık	Var
Daily ET	Ücretsiz	-	Tek günlük, Tek aylık	Yok
ETO	Ücretsiz	-	Tek günlük, Tek aylık	Yok

Çizelge 2. ET_o yazılımlarını indirme linkleri ve sorumlu yazarlar ile ilgili bilgiler
Table 2. *Download links to ET_o software and information about responsible authors*

	İndirme Linki	**Sorumlu Yazar ile ilgili bilgiler**
REF-ET	http://www.uidaho.edu/cals/kimberly-research-and-extension-center/water-resources/ref-et-software-request-form	Dr. Richard G. Allen rallen@uidaho.edu
DSS_ET	Resmi indirme sayfası bulunmuyor.	Arnab Bandyopadhyay arnabbandyo@yahoo.co.in
CROPWAT	www.fao.org/fileadmin/user_upload/faowater/Applications/CRW8.ZIP	Joss Swennenhuis copyright@fao.org
IAM_ETo	Resmi indirme sayfası bulunmuyor.	Dr. Richard L Snyder rlsnyder@ucdavis.edu
ETo Calculator	www.fao.org/fileadmin/user_upload/faowater/Applications/EToCalculator64Bit.zip	Dr. Dirk RAES dirk.raes@ees.kuleuven.be
Daily ET	Resmi indirme sayfası bulunmuyor.	Dr Tim Hess t.hess@cranfield.ac.uk
ETO	www.gaf.ni.ac.rs/mgocic/ET0.zip	Dr. Milan Gocic mgocic@yahoo.com

Çizelge 3. ET_o tahmin eşitliklerinin bilgisayar yazılımlarında kullanım durumları
Table 3. *Availability of ET_o estimation equations in computer softwares*

ET_o Tahmin Eşitlikleri	*REF-ET*	*DSS_ ET*	*IAM_E To*	*DailyET*	*CROP WAT*	*ETo Calculato r*	*ETO*
FAO-56 Penman Monteith (Allen et al. 1998)	+	+	-	-	+	+	+
Standard ASCE Penman Monteith (ASCE-EWRI, 2005)	+	-	-	-	-	-	-
Full ASCE Penman Monteith (Allen et al. 1998)	+	-	-	-	-	-	-
Penman Monteith (Allen et al. 1989)	-	+	+	+	-	-	-
Penman (Penman 1948)	+	+	+	+	-	-	-
1972 Kimberly Penman (Wright and Jensen 1972)	+	+	-	-	-	-	-
1982 Kimberly Penman (Wright, 1982)	+	+	-	-	-	-	-
CIMIS-Penman (Snyder and Pruitt, 1992)	+	+	-	-	-	-	-
FAO-17 Penman (Freres and Popov, 1979)	+	-	-	-	-	-	-
FAO-24 Penman (Doorenbos and Pruitt 1975)	-	+	+	+	-	-	-
FAO-24 Corrected Penman (Doorenbos and Pruitt 1977)	+	+	-	-	-	-	-
FAO-24 Radiation (Doorenbos and Pruitt 1975)	+	+	+	-	-	-	-
FAO-24 Blaney-Criddle (Doorenbos and Pruitt 1975)	+	+	+	-	-	-	-
FAO-24 Pan Evaporation (Doorenbos and Pruitt 1975)	+	+	+	+	-	-	-
Christiansen Pan (Christiansen 1968)	-	+	-	-	-	-	-
Pan Evaporation	-	+	-	-	-	-	-
SCS Blaney Criddle (USDA 1970)	-	+	+	-	-	-	-
Jensen-Haise (Jensen and Haise 1963)	-	+		-	-	-	-
Hargreaves (Hargreaves and Samani 1985)	+	+	+	+	-	-	-
Modifiye Hargreaves (Trajkovic 2007)	-	-	-	-	-	-	+
Businger-van Bavel (Van Bavel 1966)	-	+	-	-	-	-	-
Turc (Turc 1961)	+	+	-	-	-	-	-
Priestley-Taylor (Priestly and Taylor 1972)	+	+	+	-	-	-	-
Thornthwaite (Thornthwaite 1948)	-	+	-	-	-	-	-
Makkink (Makkink 1957)	+	-	-	-	-	-	-