

Türkiye’deki 2000-2015 yılları arasındaki buharlaşma ve terlemenin NOAH hidrolojik modeli ile incelenmesi

M. Tuğrul Yılmaz*, Burak Bulut,

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

Öz

Kuraklığın incelenmesi, etkilediği alanlarda büyük zararlara sebebiyet veren bu doğal afetin niteliklerinin (şiddet, süre, etki alanı) anlaşılması ve mümkün olan tedbirlerin araştırılması açısından çok kritiktir. Kuraklığın gözlemlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden birisi olan buharlaşma ve terleme (ET) verisidir. ET tanımı, yaş bitki ve toprakta meydana gelen buharlaşma ile kuru bitkilerde meydana gelen terleme sonucu kaybedilen suyun toplamı olarak yapılabilir.

Su ve enerji döngüsünde önemli bir yere sahip olan ET verisi farklı metotlar kullanılarak elde edilebilmektedir. Araziye yapılan ölçümler, hidrolojik modeller ve uzaktan algılama ile yapılan gözlemler ET verisini elde etmek için yaygın olarak kullanılan metotlardır. Hidrolojik modeller zamansal ve mekânsal olarak sürekli ve tutarlı veri sağladıklarından bu modellerden elde edilen ET verileri kuraklık incelemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, NOAH hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen ET değerlerinin 2000 – 2014 yılları arasında ülkemizdeki değişimi ve ülkemizi etkisi altına alan kurak koşulların etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Yıllık olarak yapılan inceleme ile çalışma için seçilen yıllar arasında ülkemizdeki kurak ve ıslak geçen yılların ET değerleri kullanarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca aylık olarak yapılan inceleme ile 2014 yılında ülkemizde yaşanmış olan kuraklığın diğer yıllardaki ayların da kullanımı ile belirgin bir şekilde gözlemlenmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buharlaşma ve terleme, Hidrolojik Modeller, Kuraklık

Giriş

Kuraklık genel olarak, “belirli bir zaman süresince ve bölgesel ölçekte yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, uzun süreli ortalamının ya da normalin altında bulunması sonucunda oluşan su açığı” olarak tanımlanabilir (Türkeş, 2013). Kuraklıklar etkisi altına aldığı alanlarda sebep olduğu zararlar göz önüne alındığında, doğal afet olarak nitelendirilebilirler (Maybank vd., 1995). Diğer doğal afetlerin şiddet, süre ve etki alanı hızlı ve kolay bir şekilde tespit edilebilirken, kuraklıkların çok daha zor tespit edilmesi onu diğer doğal afetlerden ayırmakta ve önemini arttırmaktadır. Öte yandan diğer doğal afetlerden farklı olarak kuraklıkların yıllar içinde tekrar etkisi altına alacağı alanlar genellikle bilinebilmektedir (Maybank vd., 1995). Kuraklık tanımı etkilediği bölgenin mevsim şartlarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin, yıl boyu günlük yağış alan bir bölgede iki haftalık yağışsız geçen dönem kuraklık olarak tanımlanırken, aşırı kurak olan Kuzey Afrika gibi bölgelerde yağışsız geçen iki veya daha fazla yağış sezonundan sonra kuraklığın farkına varılır (Oladipo vd., 1985). Literatürde tanımlanan birçok kuraklık çeşidi olmasına rağmen dört temel kuraklık tipi vardır (Wilhite vd., 1985).

Kuraklık tipleri kısaca; (1) Meteorolojik Kuraklık, yağış miktarının uzun süre boyunca o bölgeye ait ortalama yağış miktarının altında kalması, (2) Tarımsal Kuraklık, bitkinin büyüüp gelişmesi için gerekli olan topraktaki nem değerinin yeterli olan değerden düşük olması, (3) Hidrolojik Kuraklık, uzun süren yağışsız ya da ortalamasının altındaki yağışlı dönemin sonucunda yer üstü ve yeraltı su kaynaklarındaki su miktarının azalması, (4) Sosyoekonomik Kuraklık, kuraklığın canlılara ve tarıma, öte yandan su kaynaklarına ve bundan faydalanan endüstrilere olan etkileri olarak tanımlanabilir.

Ülkemizde ve dünyada kuraklık inceleme çalışmaları farklı analiz metodları kullanılarak yapılmaktadır. Farklı kuraklık tiplerine göre kuraklıkların incelenmesinde uydu, hidrolojik

model ve istasyonlardan elde edilen yağış, sıcaklık, nem ve buharlaşma verileri kullanılmaktadır. Bu değerler mekânsal ve zamansal karşılaştırmalarda kullanılması amacıyla Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI), Normalleştirilmiş Yağış Anomali İndisi (NPAI) ve Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI) gibi indekslerin hesaplanmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Buharlaşma ve terleme (ET) parametresi kuraklık çalışmalarında yaygın olarak kullanılan parametrelerden birisidir. Bu parametre yağış verisinden sonra hidrolojik bütçenin en önemli bileşenini oluşturmaktadır (Hanson, 1991). ET iki farklı süreç olan buharlaşma ve terleme yoluyla kaybedilen su olarak tanımlanmaktadır. Buharlaşma göller, rezervuarlar, sulak alanlar, çıplak toprak ve kar örtüsü gibi açık su kütlelerinde meydana gelirken, terleme canlı bitki yüzeyinden meydana gelen su kaybıdır. Su, toprak, kar ve bitki yüzeyine ait fiziksel özellikler dışında faktörler de ET sürecini etkilemektedir. Süreci etkileyen daha önemli faktörler olarak, net güneş radyasyonu, açık su kütlelerinin yüzey alanları, rüzgâr hızı, bitki örtüsünün tipi ve yoğunluğu, mevcut toprak nemi, kök derinliği, yeryüzünün yansıtıcı özellikleri ve mevsim sayılabilir (Hanson, 1991).

Sahip olduğu önem göz önüne alındığında ET parametresinin düzenli ve tutarlı bir biçimde elde edilmesi yapılacak su ve enerji dögüsü kapsamlı çalışmalar için önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada NOAA hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen ET verileri kullanılarak 2000 – 2014 yılları arasındaki ülkemizdeki değişimleri incelenmiştir.

Gereç ve Yöntem

NOAH Hidrolojik Yeryüzü Modeli

Bu çalışmada Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri (NCEP) / Oregon State Üniversitesi Atmosferik Bilimler Bölümü / Hava Kuvvetleri / Hidrolojik Araştırma Laboratuvarı ortak

çalışması ile ortaya çıkan (NOAH) hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu hidrolojik yeryüzü modeli de diğer birçok model gibi atmosferik verileri (hava nem ve sıcaklığı, rüzgar, yağmur ve radyasyon) kullanarak toprakta bulunan su ve enerjinin zamansal değişim tahmini yapmaktadır. NOAH modeli farklı derinliklerde toprak nem ve sıcaklığının elde edilmesinin yanı sıra, yeryüzündeki buharlaşma, debi ve hissedilebilir sıcaklık tahmini de yapabilmektedir. Atmosferik girdiler kadar toprak ve bitkisel parametrelere ait girdiler de bu tahminlerin elde edilmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Simülasyonlarda kullanılan parametrelerle ilgili bilgi Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. NOAH hidrolojik yeryüzü modelinin kullandığı parametreler, kaynakları ve çözünürlükleri (Yılmaz vd., 2014).

| Parametreler | Kaynak / Çözünürlük |
|-----------------------|---------------------|
| Kısa Dalga Radyasyon | GDAS (0.47°) |
| Uzun Dalga Radyasyon | GDAS (0.47°) |
| Yağış | TRMM (25 km) |
| Albedo | MODIS (1 km) |
| Arazi Örtüsü Tipi | UMD |
| Yeşillik | MODIS (1 km) |
| Rüzgar Hızı | GDAS (0.47°) |
| Buhar ve Yüze Basıncı | GDAS (0.47°) |
| Hava Sıcaklığı | GDAS (0.47°) |
| Toprak Tipi | FAO (1 km) |

Hava Araştırma ve Tahmin (The Weather Research and Forecasting - WRF) modelinin yeryüzü akımlarını elde etmek için operasyonel olarak kullandığı ve Küresel Arazi Veri Asimilasyon Sistemi (Global Land Data Assimilation System - GLDAS) simülasyonlarında en yaygınla kullanılan model olan NOAH modeli, 4 farklı derinlikteki toprak tabakasında (0-10 cm, 10-40 cm, 0.4-1 m, 1-2 m) su ve enerji döngülerinin hesabını yapmaktadır. Model hakkında daha fazla bilgiyi (Ek vd., 2003)'nin çalışmasından ulaşılabilir.

Bu çalışmada kullanılan NOAH simülasyonları NASA Yer Bilimleri Bölümü (Earth Sciences Division) tarafından gerçekleştirilmiş olup Goddard Yer Bilimleri (Goddard Earth Sciences - GES) Veri ve Bilgi Hizmetleri Merkezi (Data and Information Services Center - DISC) tarafından dağıtımı yapılmaktadır. 2000 yılından günümüze kadar olan 0.25° çözünürlükteki ET değerleri üçer saatlik periyotlarla elde edilmiştir.

Mevsimsellik Analizi

Mevsimsellik analizi, günlük ET zaman serilerinin sahip olduğu mevsimsel bileşeni ortaya çıkarmak için kullanılmıştır. Mevsimsel bileşenin ortaya çıkarılması, incelenen günlük zaman serisinde meydana gelen değişimlerin yorumlanmasına daha uygun analizler sağlar. Bu çalışmada mevsimsellik, belirli bir gün için oluşturulan, o günden önceki ve sonraki 14 günü kapsayan ve her yıl için ayrı ayrı oluşturulan 29 günlük alt kümelerin ET değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^N (E_{N,t-14} + \dots + E_{N,t} + \dots + E_{N,t+14})}{29 \times N} \quad (1)$$

X_t : t günündeki mevsimsellik değeri

N : Yıl sayısı

$E_{N,t}$: N yılındaki t gününe ait ET değeri

Örneğin, 15 Nisan gününün mevsimsel ortalaması 1 Nisan-29 Nisan tarihleri arasında ve 2000-2014 yılları arasında elde edilen $29 \times 15 = 435$ günün ET değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Benzer bir şekilde 16 Nisan gününün ortalaması için 2-30 Nisan günleri arasındaki veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Mevsimsellik değerlerinin hesaplanmasının ardından bu değerlerin ham verilerden çıkarılması ile mevsimsellik değerlerinden arındırılmış anomali değerleri elde edilmiştir. ET değerlerindeki değişimlerden mevsimsel olanlarının çıkarılması, değişimlerin düzenli olarak tekrarlanmayan, sadece kurak veya ıslak dönem etkisiyle meydana geldiğini göstermektedir.

Normalleştirilmiş Anomali Analizi

Normalleştirilmiş (standartlaştırılmış) anomali analizi NOAA modelinden elde edilen ET değerlerinden ortalama değerin çıkarılması ve standart sapma değerine bölünmesi ile hesaplanmıştır. Analiz yıllık bazda yapıldığında yıllık ortalama ve standart sapma değerleri kullanılırken, aylık bazda yapılan analizde her ay için 15 yıldaki aynı aya ait değerlerinin ortalaması ve standart sapması kullanılmıştır.

$$E_n = \frac{(E - \mu_E)}{\sigma_E} \quad (2)$$

E_n : Normalleştirilmiş ET değeri

E : Ham ET değeri

μ_E : Ortalama ET

σ_E : ET standart sapması

Normalleştirme işlemleri her bir görüntü ögesi (piksel) için ortalama ve standart sapmanın hesaplanması ile Formül (2) kullanılarak hesaplanmıştır. Yıllık olarak yapılan analiz sayesinde her yıla ait olan değişimin detaylı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Yıllık yapılan anomali analizi o yılın diğer yıllara göre ne kadar kurak/ıslak geçtiğini göstermektedir. Ayrıca anomali değerlerindeki negatif sapmanın büyüklüğü yaşanan kuraklığın şiddeti hakkında da bilgi vermektedir. Aylara göre yapılan analiz ise her bir aya ait normalleştirilmiş değerlerin hesaplanması ile diğer yıllardaki aynı aylarla kıyaslanmasını sağlamak ve anomalilerdeki değişimin izlenmesi ile daha detaylı gözlem sağlanmaktadır.

Bulgular

Ortalama ET değerlerinin kullanılarak oluşturulan Şekil 1A'da özellikle İç Anadolu bölgesinde ülke geneline göre daha düşük ET değerlerine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde Doğu Karadeniz kıyı şeridinin ortalamadan daha yüksek değerlere sahip olduğu ve Ege bölgesinin büyük bir kısmını normal değerlerde olduğu gözlemlenmektedir. ET değerlerinin ortalamadan düşük olduğu kesimler kuraklığı gösterirken, diğer yandan yüksek olduğu kesimler o kesimin ıslak

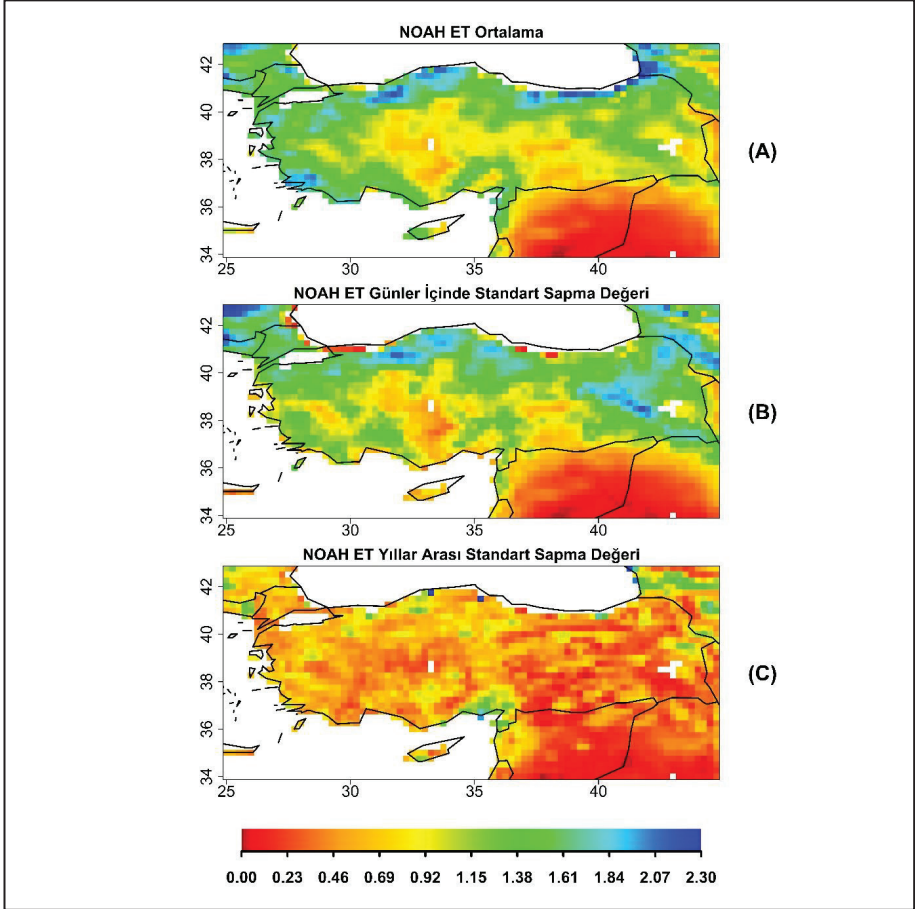
olduğunu göstermektedir. Şekil 1B'de 15 yıla ait günler arasındaki standart sapma değerleri incelenmiştir. İç Anadolu bölgesinde ve Güney Doğu Anadolu bölgesinin bir kısmında ortalama değerden günlük olarak sapma ülke geneline göre daha düşük değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Batı Karadeniz ve Doğu Anadolu'nun bir kısmında ise standart sapma değerlerinin yüksek olması, bu kesimlerde ET değerlerinin günlük bazda verilerinin ortalamadan ne kadar uzakta olduğunu göstermektedir.

Şekil 1C'de ise yıllar arasındaki değişim incelenmiş 15 yıllık değerler kullanılarak her bir hücre için standart sapma değeri hesaplanmıştır. Özellikle ülkenin doğu kesiminde standart sapma değerinin düşük olması bu bölgedeki ET değerlerinin yıllık ortalamasının 15 yıl toplam ortalamasından çok uzak değerlere sahip olmadığını göstermektedir. Öte yandan diğer kesimlerde ise standart sapma değerlerinin yine düşük değerlerde olduğu görülmüş fakat yıllar arasındaki farkın Doğu kesime nazaran daha fazla olduğu saptanmıştır. Adana ve Hatay'ın bulunduğu kısımda ise ülke geneline göre en fazla standart sapma değeri hesaplanmış, bu bölgedeki ET değerlerindeki yıllık farkın en yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

2000 – 2014 yıllarına ait ET verilerinin anomali değerlerinin gösterildiği Şekil 2'de yıllar arasındaki farkın incelenmesi ve ET değerleri incelenerek ıslak ve kurak yılların gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Anomali değerlerinin negatif olduğu kesimler kurak geçen dönemi gösterirken, pozitif anomali değerleri ıslak yaşanan dönemleri göstermektedir. 2000 yılında ülkenin büyük bir kesiminde diğer 15 yıla kıyasla ıslak bir yıl yaşandığı hesaplanan ET anomali değerlerinden anlaşılmaktadır. 2007 yılında ise özellikle Ege ve İç Anadolu bölgesindeki ET anomali değerleri yaşanmış olan kuraklığın bölgesel anlamda ne kadar büyük etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde 2008 yılında bir önceki yılda etkisini gösteren kuraklığın ülkenin batısında azalan eğilimine rağmen etkisini sürdürdüğü, doğu kesiminde ise özellikle Güney

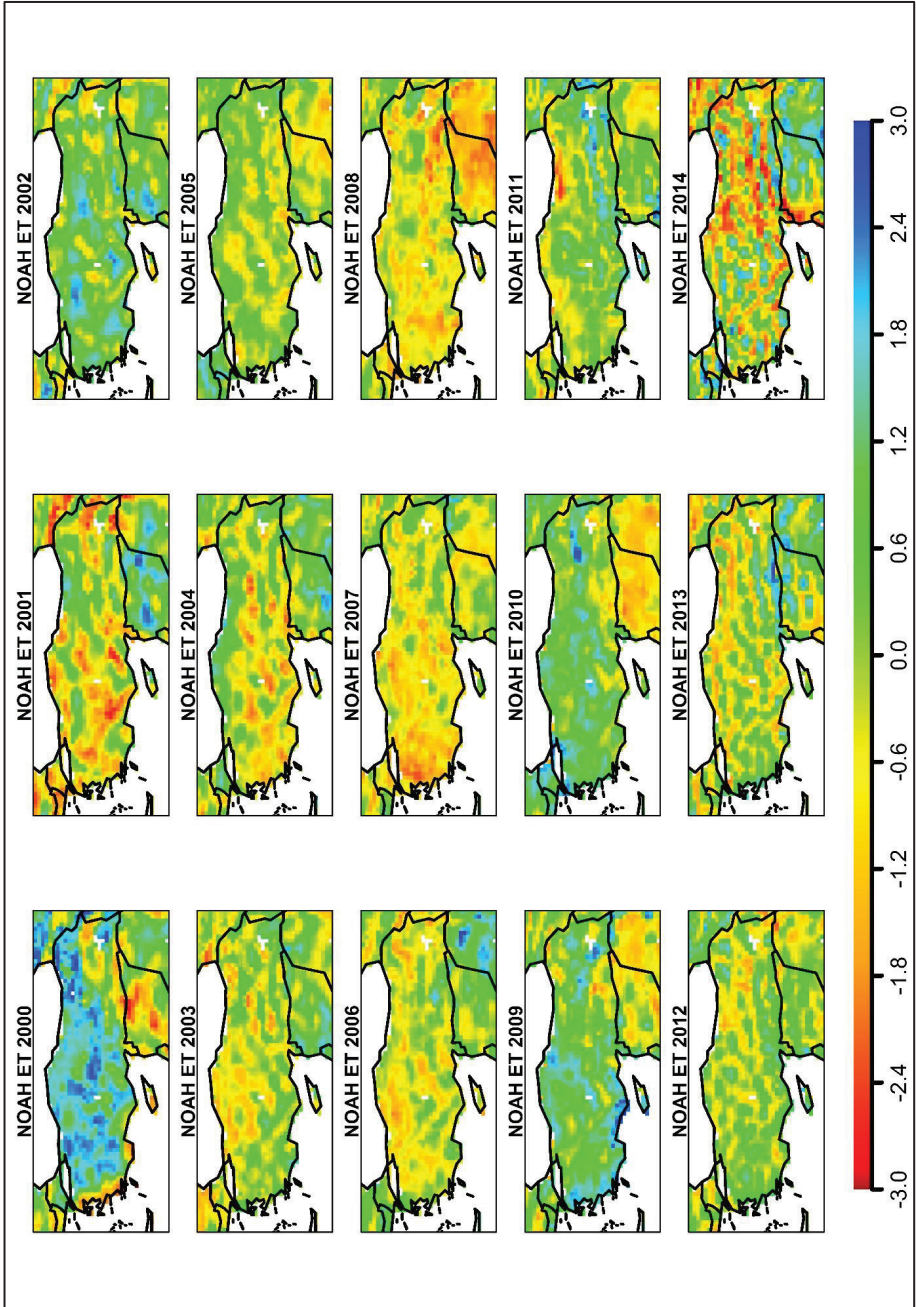
Doğu bölgesinde şiddetini arttırdığı gözlemlenmektedir. 2009 ve 2010 yılına bakıldığında ülkenin büyük kesiminde ET değerlerinin normal değerlerde olduğu anlaşılmaktadır. 2013 yılından itibaren başlayan negatif anomali değerleri 2014 yılına gelindiğinde kuraklığın şiddetini arttırdığını göstermektedir.

2013 – 2014 yılları arasında gözlemlenen kuraklığın detaylı incelenmesi amacıyla 2014 Eylül – 2013 Temmuz ayları arasındaki ET anomalilerindeki değişim aylık bazda incelenmiştir. Verilen tarihler arasındaki ayların anomali değerleri sadece diğer yıllardaki aynı aylara ait verilerin kullanılması ile elde edilen ortalama ve standart sapma değerleriyle oluşturulmuş ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

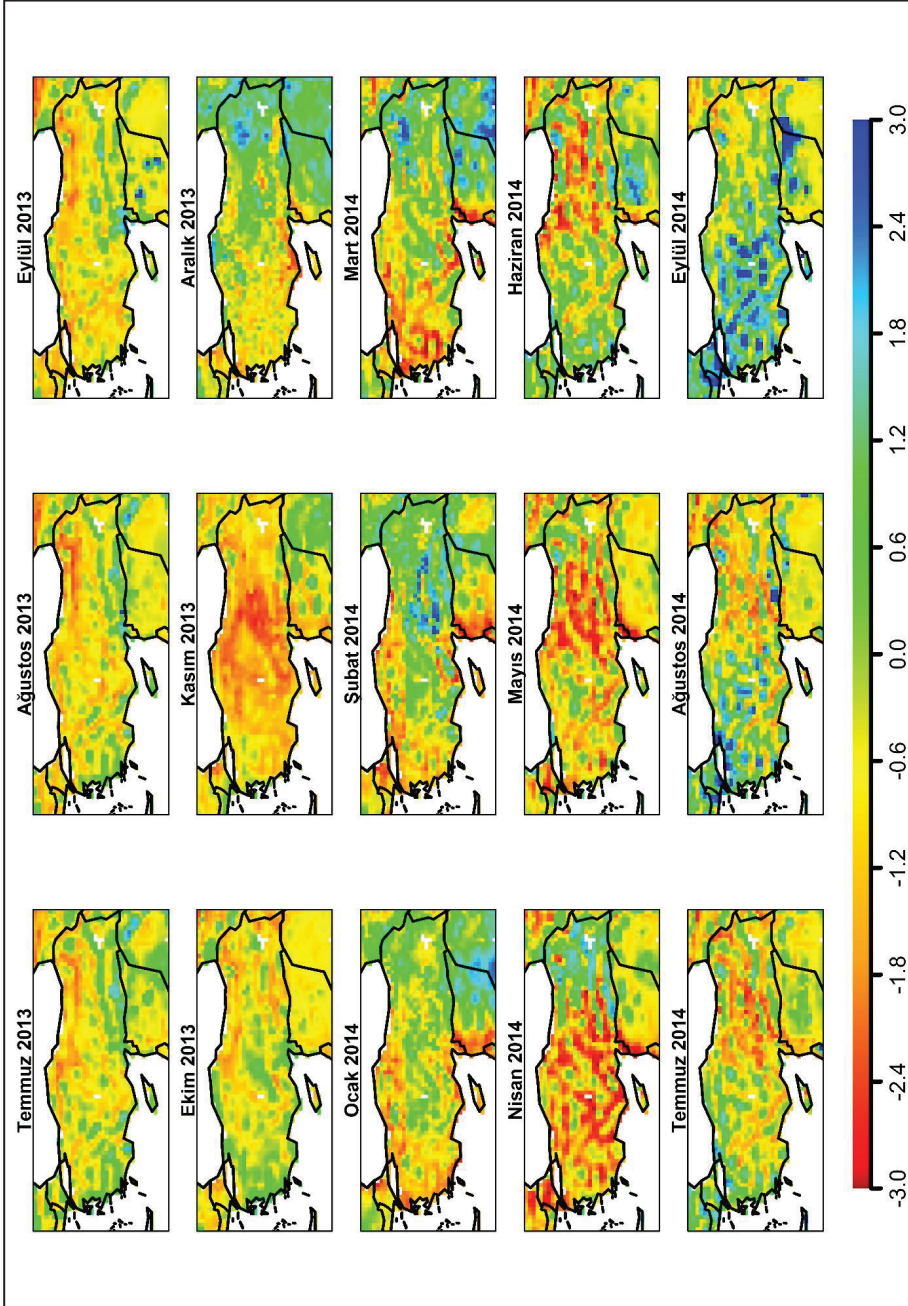


Şekil 1. NOAH ET ortalama değerleri (A), günler içindeki standart sapma değeri (B), yıllar arası standart sapma değeri (C).

Örneğin Mart ayının anomalileri 15 yıldan elde edilmiş Mart ayı değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu şekilde ülke genelinde etkili olan kuraklığın Kasım 2013'te özellikle iç kısımlarda şiddetli şekilde gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Yine Nisan 2014'ün 15 yıl içindeki en kurak Nisan ayı olduğu bu analiz sayesinde anlaşılabilir. Ülke genelinde yaşanan kuraklığın Eylül 2014'te ülkenin batısında yerini ıslak döneme bıraktığı ve doğu kesimlerde de normal değerlere dönmeye başladığı gözlemlenmektedir. Eylül ayları incelenecek olursa 2013 yılında negatif değerlerde olan ET anomalileri, 2014 yılına geldiğinde pozitif değerler almaktadır; yine bu inceleme ülkedeki kuraklığın etkisinin azalmaya başladığı şeklinde yorumlanabilir.



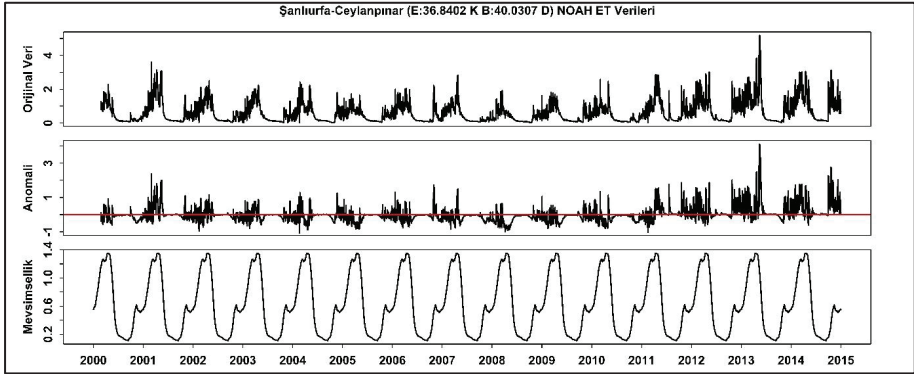
Şekil 2. NOAH ET anomalilerinin 2000 – 2014 yılları arasındaki mekânsal ve zamansal değişimleri.



Şekil 3. NOAH ET anomalilerinin 2013 Temmuz – 2014 Eylül ayları arasındaki mekânsal ve zamansal değişimleri.

Mevsimsellik değerlerinin zaman serisinden çıkarılmasıyla elde edilen anomali değerleri ile ilgili çalışma Şanlıurfa iline bağlı Ceylanpınar ilçesi üzerindeki piksel verileri ile örneklendirilmiştir. Noktasal olarak gerçekleştirilen çalışmada o bölgeye ait 25 km çözünürlükteki ET değerleri incelenmiştir. Kuraklığın etkisinin görülmesi için anomali değerlerinin 0 değerinin altında uzun süreler boyunca seyrettiği zaman aralıklarının yoğun olduğu 2007, 2008 ve 2009 yılları Şekil 4'de görülmektedir. 2011 yılının ikinci yarısından başlayarak yükselme eğiliminde devam eden değerler bölgede yaşanan ıslak dönemi göstermektedir.

bulguları bölümde grafiksel olarak gösterimde de görülebileceği gibi daha önceden yapılan çalışmalarda da gözlemlenen kurak dönemler gözlemlenmiştir. Hesaplanan ET anomali değerleri ile kuraklığın şiddeti ve süresi, Türkiye Haritası üzerindeki gösterimi ile de kuraklığın etki alanları görülmektedir. Sonuç olarak, NOAH hidrolojik yeryüzü modelinden elde edilen ET verileri ülkemizde de kuraklık analizlerinde kullanılabilirliğini göstermiştir. 0.25 derece gibi düşük bir çözünürlükte olmasına rağmen elde edilen veriler kuraklık analizi için tatmin edici sonuçlar vermiştir, ayrıca daha bölgesel olarak daha



Şekil 4. Şanlıurfa–Ceylanpınar NOAH ET (mm/gün) değerlerinin çeşitli gösterim biçimlerine (orijinal, anomali ve mevsimsellik) göre zamansal değişimleri.

Sonuçlar

ET parametresi kuraklığın incelenmesinde yaygın olarak kullanılmakta olduğundan elde edilen sonuçlardaki düşük anomali değerleri gerçekleştiği yer ve zamanda kuraklık olduğuna dair bilgi vermektedir. Farklı gözlem metodları ile elde edilebilen ET verileri bu çalışmada NOAH hidrolojik yeryüzü modeli kullanılarak elde edilmiştir.

Yapılan analizler sonucu NOAH hidrolojik yeryüzü modeli ile ülkemizdeki ET değerleri 2000 – 2014 arasında yıllık, 2013 Temmuz – 2014 Eylül ise aylık olarak detaylı şekilde incelenmiştir. Şanlıurfa – Ceylanpınar üzerindeki hücredeki veriler kullanılarak mevsimsellik analizi gerçekleştirilmiştir. Modelden elde edilen değerlerin araştırma

detaylı çalışmalar için aynı modelin yüksek çözünürlükteki verileri kullanılabilir. Modelden elde edilen ET değerlerinin yanı sıra uydu gözlemleri ile elde edilen ET değerleri ile daha tutarlı incelemeler yapılabilen ve bu çalışmanın göstermiş olduğu sonuçlar ile gelecek çalışmalarda farklı kaynaklardan elde edilen ET değerleri kullanılacaktır.

Kaynaklar

- Ek, M. B., Mitchell, K. E., Lin, Y., Rogers, E., Grumman, P., Koren, V., Gayno, G. ve Tarpley, J. D., (2003). Implementation of NOAH land surface model advances in the National Centers for Environmental Prediction operational Mesoscale Eta Model, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108, D22.

- Hanson, R.L., (1991). Evapotranspiration and Droughts, in Paulson, R.W., Chase, E.B., Roberts, R.S., and Moody, D.W., Compilers, National Water Summary 1988-89--Hydrologic Events and Floods and Droughts: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2375, 99-104.
- Maybank, J., Bonsai, B., Jones, K., Lawford, R., O'brien, E. G., Ripley, E. A. ve Wheaton, E. (1995). Drought as a natural disaster. *Atmosphere-Ocean*, 33(2), 195-222.
- Oladipo, E. O. (1985). A comparative performance analysis of three meteorological drought indices, *Journal of Climatology*. 5: 655-664.
- Türkeş, M. (2013). İklim Verileri Kullanılarak Türkiye'nin Çölleşme Haritası Dokümanı Hazırlanması Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayını, ISBN: 978-6054610-51-8, sayfa:57 Ankara.
- Wilhite, D. A. ve Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.
- Yılmaz, M. T., Anderson, M. C., Zaitchik, B., Hain, C. R., Crow, W. T., Ozdogan, M., Chun, J. A. ve Evans, J. (2014). Comparison of prognostic and diagnostic surface flux modeling approaches over the Nile River basin, *Water Resources Research*, 50, 386-408.

Analysis of evapotranspiration over Turkey in years between 2000 and 2015 using NOAH hydrological model

Extended abstract

Analysis of drought, which causes substantial damage to affected areas, is critical in terms of understanding this natural disaster's characteristics (intensity, duration, influence area) and taking necessary precautions. Evapotranspiration (ET), one of the most critical agricultural drought indicators, can be retrieved using different methods. Among them hydrological models offer a great advantage via its potential of providing continuous and high spatial and temporal resolution ET data.

NOAH land surface model is one of the most widely used hydrological models to retrieve land surface parameters and variables like soil moisture and temperature for different layers of soil, ET, runoff, and sensible heat. Model simulations require availability of various atmospheric forcing data and land surface parameters that can be obtained from different sources at various resolutions (Table 1). In many cases spatial resolution of the input forcing data largely determine the spatial resolution of the output variable.

For this study, NOAH ET simulations are obtained at 0.25° spatial and 3 hour temporal resolution between 2000 and 2014. Retrieved 3-hourly ET products are later averaged into daily estimates which are used in this study. Overall, lower ET values over extended durations are often associated with an ongoing agricultural drought conditions while higher values signal wet periods.

Spatial distribution of the daily ET estimates over entire Turkey is consistent with the expectations that mean ET values of the Central Anatolian Region are lower than rest of the Turkey and the coast line of the Eastern Black Sea Region has higher mean ET estimates and most part of the Aegean Region has ET values with similar magnitude to the mean values over the country.

Land surface processes over Turkey show strong seasonal cycle: winters are wet and cold while summers are dry and hot. As a result, day-to-day variations of daily ET values are much higher than inter-annual variations. This implies the retrieved

ET variability is dominated by the seasonality of this variable. Hence, it is necessary to remove this strong seasonality signal of land surface processes to analyze the surface conditions. For this reason, 29-days moving window averages of ET over each pixel are calculated separately as the seasonality of this particular pixel (Eq. 1). Removal of these seasonality information give the ET anomaly information which is the primary associated with drought.

ET anomaly time series obtained over a pixel in Şanlıurfa – Ceylanpınar (in South Eastern region of Turkey) is presented to give an example about the capability of NOAH ET simulations to reflect the local conditions. These time series show ET anomalies in 2013 are the highest while the summer of 2008 shows an extended duration of below normal conditions.

Drought investigations often involve normalized values to remove the impact of the local climate. Accordingly, 15 year monthly averages and standard deviations are used to normalize monthly ET data. Such normalization helps intercomparison of the impact of the drought over different locations directly. Results show 2000 can be defined as most wet year nearly all over the country. On the other hand, 2007 and 2014 years also passed under the influence of a dry period compared with the other years.

The change in the severity and the areal extent of 2014 drought is monitored by analyzing the monthly normalized ET maps between July 2013 and September 2014 in detail over the study region. April of 2014 is the driest April in 15 years where drought impacted severely over large regions in May and June 2016. The drought seemed to lose its severity in August over most parts of the study region.

Keywords: *Evapotranspiration, Hydrological Models, Drought*

mühendislikdergi

