



Konya Kapalı Havzası'nın TMPA uydu kaynaklı yağış verileri ile kuraklık analizi

Meriç Yılmaz*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Konya Kapalı Havzası'nın kuraklık analizi
- TMPA uydu kaynaklı yağış verisinin kullanımı
- Kuraklık etki alanının hesaplanması

Makale Bilgileri

Geliş: 29.04.2016

Kabul: 21.07.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.322181

Anahtar Kelimeler:

Kuraklık,
Konya Kapalı Havzası,
uydu kaynaklı yağış verisi,
kuraklık etki alanı

ÖZET

Ülkelere sosyolojik ve ekonomik açıdan büyük maliyetler getiren kuraklığın incelenmesi, gerçekleşecek olumsuz etkilerin azaltılması ve gerekli tedbirlerin alınması bakımından çok önemlidir. Tarımsal rekolte bakımından ülkemiz için çok önemli bir yeri olan Konya Kapalı Havzası, yarı-kurak iklimi nedeniyle kuraklığın etkisinin en fazla hissedildiği bölgelerden birisidir. Bu sebeple, bu çalışmada Konya Kapalı Havzası üzerindeki kuraklık şiddet, süre ve etki alanı bakımından 1998 - 2015 yılları arasında analiz edilmiştir. Bu analizlerde, Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA; National Aeronautics and Space Administration) tarafından sağlanan Tropik Yağmur Ölçme Misyonu (TRMM; Tropical Rainfall Measuring Mission) Çoklu-Uydu Yağış Analizi (TMPA; TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis) 3B42 v7 uydu kaynaklı ham yağış verileri elde edildikten sonra oluşturulan yağış haritalarından faydalanılmıştır. Bulgular, son 18 yılda yedi uzun kurak dönem gerçekleştiğini ve 2006 Aralık - 2007 Ekim döneminde en şiddetli ve ortalama etki alanı en yüksek kuraklığın yaşandığını göstermektedir. Bu çalışmanın kuraklığın zamansal gelişimi bakımından bulguları, literatürde meteoroloji istasyonu verileri kullanılarak yürütülen kuraklık çalışmalarının bulgularıyla tutarlılık göstermektedir. Bu çalışma, aynı zamanda uzaktan algılama kaynaklı yağış verilerinin kuraklık analizlerinde, özellikle kuraklık etki alanı hesaplamasında, taşıdığı yüksek potansiyeli de ortaya koymaktadır.

Drought analysis of Konya Closed Basin with the use of TMPA satellite-based precipitation data

H I G H L I G H T S

- Drought analysis of Konya Closed Basin
- Use of TMPA satellite-based precipitation data
- Calculation of drought impact area

Article Info

Received: 29.04.2016

Accepted: 21.07.2016

DOI:

10.17341/gazimmfd.322181

Keywords:

Drought,
Konya Closed Basin,
satellite-based precipitation
data,
drought impact area

ABSTRACT

Investigation of drought that has heavy sociological and economical costs to countries is very important to alleviate its adverse impacts and to take the necessary precautions. Konya Closed Basin, which has critical role in terms of agricultural yield for our country, is one of the regions where the impact of the drought is felt the most due to its semi-arid climate. For this reason, in this study, severity, duration, and impact area of drought is analyzed over Konya Closed Basin between 1998 and 2015. In these analyses, precipitation maps derived using Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B42 v7 satellite-based raw precipitation product provided by National Aeronautics and Space Administration (NASA) are used. Results show seven long dry periods occurred during the past 18 years, while the December 2006 - October 2007 period had the most severe drought in terms of severity and impact area. The temporal propagation of drought results are consistent with the results of drought studies that have used station-based precipitation data. This study also presents the high potential of remote sensing-based precipitation datasets in drought analyses, particularly in drought impact area calculations.

* Sorumlu Yazar/Corresponding author: smeric@metu.edu.tr / Tel: +90 312 210 5446

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ülkemizdeki su kaynaklarının %74'ünün tarımsal sulama amaçlı kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda [1], havzalara düşen yağış miktarı başta tarım olmak üzere birçok su kullanım alanını birincil derecede etkilemektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de uzun süreli ve şiddetli yağış eksikliği hem kuraklığa hem de ciddi ekonomik ve sosyolojik zararlara neden olmaktadır. Bu zararların azaltılması için meydana gelen kuraklığın ve mevcut su potansiyelinin çok iyi anlaşılması gereklidir. Temel olarak meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik olmak üzere dört farklı kategoride [2] değerlendirilen kuraklığın analizi, toplam yağış verilerinin uzun dönem (örneğin 3, 6, 12 ay) ortalamalarından olan sapmalarının incelenmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Yağış verileri temel olarak üç farklı yöntemle elde edilmektedir. Bunlardan birincisi istasyonlarda yapılan gözlemlere dayanmaktadır. Genel itibarıyla en doğru olarak kabul edilen ve diğer yağış elde etme yöntemlerinin doğrulanması çalışmalarında kullanılan istasyon verileri, noktasal olmaları sebebiyle alansal yağış ortalaması hesaplarında hata içerebilmektedir. Kurulum ve bakım maliyetlerinin yüksek olması ise istasyonların sayısının artırılmasındaki en büyük engellerden birisidir. Mekansal ortalamaları daha homojen temsil eden ve son yıllarda artan bilgisayar kapasiteleri ile orantılı olarak mekansal çözünürlüğü artan küresel modeller ise bir diğer yağış verisi elde etme yöntemidir. Ancak, bu modeller yağış gözlemlemiyor olup sadece simüle ederler. Bir diğer yöntem olan uzaktan algılama yöntemleri ise yağışları direkt ölçmemelerine rağmen, elde ettikleri gözlem verilerini yağış verilerine uygun algoritmalar yoluyla dönüştürmektedirler. Uzaktan algılama kaynaklı bu yöntemler, temel olarak uydu ve radarlarla yapılan gözlemlere dayanmaktadır. Ülkemizdeki radar ağı yıldan yıla genişlemekte ve yakın bir zaman içinde tüm Türkiye'yi kapsayacağı öngörülmektedir. Ancak, günümüze kadar elde edilmiş radar verileri ülkemizdeki çoğu bölgelerde kuraklık gibi uzun dönem yağış verilerine ihtiyaç duyulan çalışmalar için henüz yeterli değildir. Öte yandan, uydu verilerine bağlı uzaktan algılama yöntemleri 40 yıla yakın bir süredir yağış verileri sağlamaktadır. Örneğin Küresel Yağış Klimatolojisi Projesi (GPCP, Global Precipitation Climatology Project) yağış verileri 1979 yılından itibaren mevcuttur [3].

Kuraklık ülkemizde yaygın olarak istasyonlarda elde edilen yağış gözlem verileri kullanılarak incelenmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden birisi Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen istasyonların uzun süreli (~80 yıl) yağış verisi sağlayabilmesidir. Örneğin Oğuztürk ve Yıldız [4, 5], Oğuztürk vd. [6], Sönmez vd. [7], Türkeş [8, 9], Türkeş ve Tatlı [10], 1950'lerden itibaren istasyonlarda elde edilen uzun süreli yağış verilerini kullanarak Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde kuraklık analizi gerçekleştirmişlerdir. Fakat kimi bölgelerde istasyonların sayıca yetersizliği ve/veya istasyonlardan elde edilen verilerin sürekliliğinin olmayışı,

havza bazında bazı kuraklık parametrelerinin (örneğin kuraklık etki alanı) elde edilmesini güçleştirmektedir. Uzaktan algılama yöntemleri ise geniş alanlar üzerinde yağış verilerini tutarlı bir şekilde elde etmektedir. Bu sebeple, uydu kaynaklı yağış verileri istasyonların bulunmadığı yerlerde veri elde etme konusunda çok önemli bir kaynaktır. Dünyada birçok çalışma alanında uydu verileri kullanılarak kuraklık analizi yapmasına rağmen [11] Türkiye üzerinde uzaktan algılama kaynaklı veriler kuraklık analizlerinde yaygınlıkla kullanılmamıştır. Türkiye'nin en kurak bölgelerinden olan Konya Kapalı Havzası'nda yapılan tarım faaliyetlerinin önemli bir kısmı (yaklaşık %70) halen sulamasız gerçekleştirilmektedir [12, 13]. Bu sebeple, yağış miktarının doğru olarak elde edilmesi, özellikle tarımsal rekolte tahmini ve su kaynakları yönetimi bakımından son derece önemlidir. Bu amaçla, Konya Kapalı Havzası üzerinde birçok kuraklık analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların arasında en kapsamlı ve en güncel olanı kuşkusuz Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planıdır (KHKYP) [14]. Bu detaylı çalışmada, havza üzerinde 1844 yılından itibaren gerçekleşen tarihi kuraklıklardan ayrıntılı bahsedilmiş, 1960-2013 yılları arasındaki kuraklıklar ise istasyon verileri kullanılarak çok kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışmada aynı zamanda değişik kuraklık indisleri de karşılaştırılarak havzaya uygun kuraklık hassasiyet hesabı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, gelecekteki potansiyel kuraklıklara hazırlık olması açısından eylem planı hazırlanmış ve bölgesel iklim model verileri kullanılarak 2015-2050 yılları için kuraklık projeksiyonu yapılmıştır. Havza üzerinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise Türkeş vd. [15] Konya civarındaki dört meteoroloji istasyonundan elde edilen yağış ve ortalama sıcaklık verilerini kullanarak 1930-2006 yılları arasında kuraklık süresi ve şiddeti analizi yapmıştır. Doğan [16] ise Konya Kapalı Havzası'nda yer alan 12 istasyonun verilerinden faydalanarak 1972-2009 yılları arasında kuraklık süresi ve şiddetini incelemiş, kuraklık olaylarının istasyonlarda görülme oranlarını kıyaslayarak noktasal bazda kuraklığın konumsal analizini gerçekleştirmiştir. Havza üzerinde şu ana kadar gerçekleştirilen kuraklık çalışmalarında çoğunlukla noktasal istasyon verilerini kullanılmış, ancak geniş alanları temsil eden yağış verilerinin (küresel model ve uzaktan algılama kaynaklı verileri) kullanımı çok kısıtlı kalmıştır. Uzaktan algılama kaynaklı verilere dayanan çalışmalar arasında Gökmen vd. [17] 2000 – 2010 yılları arasında Konya Kapalı Havzası üzerindeki ekohidrolojik eğilimleri incelemiştir. Gökmen vd. [18] ayrıca havzanın yeraltı suyu depolarındaki değişimleri incelemiştir. Bu sebeple geniş alanları temsil eden yağış verilerini kullanan kuraklık çalışmalarına halen ihtiyaç vardır. Kuraklığın etki alanının (örneğin “çalışma alanının %60'ı veya %80'i kurak koşullar altındadır” bulgusu) havza üzerindeki zamansal değişimi birçok çalışma ve uygulama için çok kritiktir. Örneğin tarımsal sigortalarda aşırı kuraklığa maruz kalan bölgelerin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi için çok sayıda istasyona ve bu istasyonlardan elde edilecek yağış verilerine ihtiyaç vardır. Konya Kapalı Havzası üzerinde yürütülen kuraklık

çalışmalarında genel itibariyle istasyon verileri kullandığından kuraklık şiddeti analizi yapılmakta, fakat kuraklık etki alanı hesaplaması aynı derecede detaylı olamamaktadır. Öte yandan uzaktan algılama kaynaklı veriler mekansal olarak ayrıntılı yağış haritalarının elde edilmesine olanak vermektedir. Uzaktan algılama kaynaklı verilerin kullanımı ile çalışmalar gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, bu veriler kullanılarak kuraklığın etki alanının yüzdesel olarak hesaplanmasına dair çalışmalar literatürde eksik kalmıştır.

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen eksikliklerin giderilmesi amacıyla, uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen yağış verileri kullanılarak Konya Kapalı Havzası üzerindeki meteorolojik kuraklık şiddet, süre ve etki alanı bakımından incelenmiştir. Bu çalışma, uzaktan algılama kaynaklı yağış verilerinin başta kuraklık etki alanı olmak üzere kuraklık karakteristiklerinin elde edilmesinde taşıdığı yüksek potansiyelin ortaya konulması açısından öncü çalışmalardan birisidir.

2. TEORİK METOT (THEORETICAL METHOD)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanı olarak seçilen Konya Kapalı Havzası büyük ölçüde İç Anadolu Bölgesi sınırlarında yer almaktadır. Havza yaklaşık 5,4 milyon ha alana (Türkiye'nin alansal olarak ~%7'si) sahip olup 36,5 – 39,3° K enlemleri ile 31,1 – 35,0° D boylamları arasında uzanmaktadır. Yaklaşık 3,5 milyon ha tarımsal alana sahip olmasından ötürü, Konya Kapalı Havzası ülkemizin tahıl ambarı olarak anılmaktadır. Yarı-kurak iklime sahip olan havzanın büyük bir bölümünde yıllık ortalama yağış miktarı 300 – 350 mm civarında seyretmektedir ve bu durum yeterli akışa sahip akarsuların oluşumuna gerekli koşulları sağlayamamaktadır. Bu durum, 1980'lerin başından beri hüküm sürmekte olan kurak dönem nedeniyle azalan yıllık yağış miktarı (10 – 25 mm) sebebiyle daha da kritik olmakta ve böylece havza yarı-kurak iklimden kurak iklim özelliklerine doğru yönelmektedir [19, 20].

2.2. Tropik Yağmur Ölçme Misyonu verileri (Tropical Rainfall Measuring Mission data)

TRMM, NASA ve Japon Uzay Araştırma Ajansı (JAXA; Japan Aerospace Exploration Agency) tarafından ortaklaşa gerçekleştirilen bir uzay misyonudur. Bu misyonun gözlemlerine dayanan birçok yağış ürünü elde edilmektedir. Bunların arasından TMPA birden fazla uydu tarafından elde edilen gözlemleri birleştirerek en iyi yağış tahminini oluşturmayı amaçlamaktadır [21]. Dünya yörüngesinin düşük yüksekliklerinde gözlem yapan i) TRMM uydusunun üzerinde bulunan TRMM Mikrodalga Görüntüleyicisi (TMI; TRMM Microwave Imager) sensörü, ii) Meteorolojik Savunma Uydu Programı (DMSP; Defense Meteorological Satellite Program) uyduları üzerinde bulunan Özel Mikrodalga Görüntüleyici Sensörü (SSM/I; Special Sensor Microwave Imager), iii) Aqua uydusu üzerinde bulunan Gelişmiş Mikrodalga Tarayıcı Radyometre-Yer

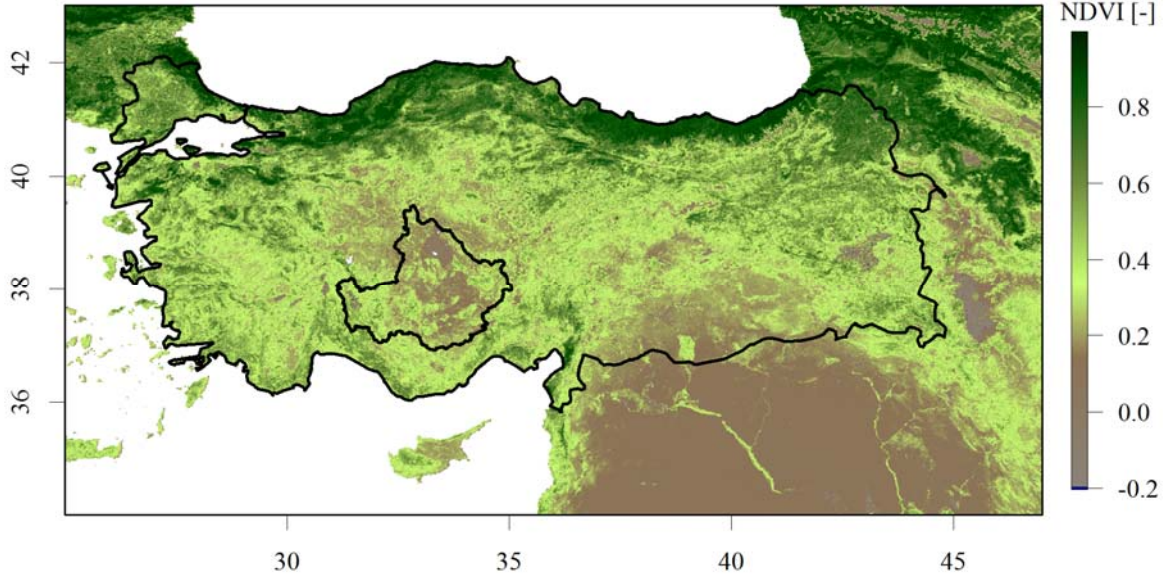
Gözlemeleme Sistemi (AMSR-E; Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System) sensörü ve iv) Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration) uydusu üzerinde bulunan Gelişmiş Mikrodalga Ses Ünitesi-B (AMSU-B, Advanced Microwave Sounding Unit-B) sensörü gözlemlerinin birleştirilmesiyle TMPA ürünü oluşturulmaktadır. 1 Ocak 1998 tarihinden günümüze kadar 50° K ve 50° G enlemleri arasında küresel yağış verisi elde eden bu ürünün mekansal çözünürlüğü 0,25°x0,25° olup zamansal çözünürlüğü ise 3 saattir. Bu üç saatlik ürünler daha sonra toplanarak günlük yağış verilerine dönüştürülmektedir. Bu çalışmada da günlük yağış verileri (TRMM 3B42 V.7) kullanılmıştır. Bu ürün [22] web sitesinden elde edilmiştir ve hakkında daha ayrıntılı bilgi Huffman vd.'nin [21, 23] çalışmalarında bulunabilir. TMPA verilerinin hata oranları birçok çalışmada analiz edilmiştir (örn. [24]). Fakat bu gibi analizler oldukça detaylı hesaplamaları içerdiğinden literatürde başlı başına doğrulama çalışması olarak gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın başlıca amacı kuraklığın uzaktan algılama verilerine dayalı analizi olduğundan bu gibi detaylı bir doğrulama bu çalışmanın kapsamında yer almamaktadır.

2.3. MODIS Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (MODIS Normalized Difference Vegetation Index)

Görünür (kırmızı) ve yakın-kızılötesi bantlarda yapılan gözlemler kullanarak elde edilen Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI; Normalized Difference Vegetation Index) değerleri, gözlemlenen alanda yapılan aktif fotosentez (bitkinin biyokütle üretimi) ile doğru orantılıdır [25]. Bu çalışmada kullanılan NDVI haritası (Şekil 1), gündüz gözlem yapan Terra ve gece gözlem yapan Aqua uyduları üzerinde bulunan Orta Çözünürlükte Görüntüleme Spektrometresi (MODIS; Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) enstrümanı aracılığıyla yapılan gözlemlere dayanmaktadır [26]. Her yıla ait toplam 23 adet MODIS MOD13A2 NDVI ürünü bulunmaktadır. Bu ürünlerin mekansal çözünürlüğü 0,01° (~1km) ve zamansal çözünürlüğü ise 16 gündür. Bu çalışmada 2011 yılına ait 23 adet ham NDVI haritası [27] web sitesinden elde edilmiştir. Daha sonra bu 23 NDVI haritası kullanılarak 2011 yılına ait ortalama NDVI haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanının bitki örtüsü bakımından dağılımı, havza sınırlarının da yer aldığı ortalama NDVI haritası üzerinde sunulmaktadır (Şekil 1).

2.4. Veri Analizi (Data Analysis)

Özellikle meteorolojik kuraklık çalışmalarında, kuraklık şiddetinin ve süresinin anlaşılması amacıyla McKee vd. [28] tarafından geliştirilmiş olan Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI; Standardized Precipitation Index) yaygınlıkla kullanılmaktadır (örn. [29]). SPI değerlerinin hesaplanması için en az 30 yıllık yağış verisine ihtiyaç vardır. Öte yandan, bu çalışmada kullanılan TMPA verileri sadece 18 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Bu sebeple, bu çalışmada SPI kullanılmamıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye 2011 NDVI haritası üzerinde gösterimi
(Study area on the NDVI map of Turkey for 2011)

Bu çalışmada, SPI yerine standartlaştırılmış altı aylık toplam yağış zaman serisi kullanılmıştır. Bu amaçla, elde edilen TMPA yağış verileri her ay için son altı ayı kapsayacak şekilde toplanarak $TY6$ değeri hesaplanmıştır. Örneğin 2015 Haziran ayına ait $TY6$ değeri, 2015 Ocak – Haziran arasındaki altı aya ait yağış değerlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir. Konya Kapalı Havzası üzerinde $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ mekansal çözünürlükte toplam 82 adet hücre (grid) mevcuttur. Her bir hücre için elde edilen yağış değerleri $TY6_H$, tüm havza üzerindeki ortalama yağış değerleri ise $TY6_O$ olarak adlandırılmıştır. $TY6_H$ ve $TY6_O$ değerleri kullanılarak sırasıyla her bir hücre için standartlaştırılmış yağış verileri ($TY6_{SH}$) ve havza ortalama yağış değerlerini temsil eden standartlaştırılmış ortalama yağış verileri ($TY6_{SO}$) aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır.

$$TY6_{SH} = \frac{TY6_H - \mu_H}{\sigma_H} \quad (1)$$

$$TY6_{SO} = \frac{TY6_O - \mu_O}{\sigma_O} \quad (2)$$

Bu eşitliklerde, μ_H ve σ_H sırayla her aya ait $TY6_H$ değerlerinin 18 yıllık ortalama ve standart sapma değerlerini göstermektedir. Benzer şekilde μ_O ve σ_O sırayla her aya ait $TY6_O$ değerlerinin 18 yıllık ortalama ve standart sapma değerlerini göstermektedir. Örneğin, Haziran ayına ait havza ortalama yağış değeri (μ_O) 1998-2015 yılları arası Haziran aylarına ait 18 adet $TY6_O$ değerlerinin ortalamasının alınmasıyla bulunmuştur. Toplamda 12 adet μ_O ve σ_O değeri ve $12 \times 82 = 984$ adet μ_H ve σ_H değeri hesaplanmıştır. 1997 Ağustos - Aralık yağış değerlerinin bulunmaması sebebiyle, 1998 yılının ilk beş ayı için $TY6_{SO}$ ve $TY6_{SH}$ değerleri

hesaplanamamıştır. Dolayısıyla, her ay için elde edilen $TY6_{SO}$ toplamda 211 değerden ($(18 \text{ yıl} \times 12 \text{ ay}) - 5 \text{ ay} = 211 \text{ ay}$) oluşmaktadır. $TY6_{SH}$ değerleri ise 82 hücrenin ayrı ayrı kuraklık seyrini 211 ay için gösteren 211×82 'lik matris değerlerinden oluşmaktadır. Literatürde kuraklık standartlaştırılmış yağış değerlerinin aralıksız sıfır değerinin altında olduğu ve en az bir ay için $-1,0$ değerinin altına indiği dönemler olarak tanımlanmıştır [28]. Bu çalışmada, bu tanıma ilave olarak kurak dönemlerin etkisini en az üç ay sürdüğü varsayımı yapılmıştır ve üç aydan daha kısa süren yağış eksiklikleri kuraklık olarak tanımlanmamıştır. Dolayısıyla, kuraklığın tanımı bu çalışma için $TY6_{SO}$ değerlerinin aralıksız sıfır değerinin altında olduğu, en az bir ay için $-1,0$ değerinin altına indiği ve en az üç ay süren dönemler olarak yapılmıştır. Bu çalışmada yukarıda belirtilen tanıma uygun olarak incelenen kuraklığın Konya Kapalı Havzası üzerindeki şiddeti, süresi ve etki alanı hesaplanmıştır. $TY6_{SO}$ değerleri havza üzerindeki kurak dönemlerin belirlenmesinde kullanılmıştır. 1998 – 2015 yılları arasında yukarıda verilen kuraklık tanımına uyan $TY6_{SO}$ değerleri, ilgili döneme ait kuraklığın şiddetini (S) ölçmede kullanılmıştır. Kuraklık döneminin süresi (L) ise kuraklık tanımına uyan $TY6_{SO}$ değerlerinin toplam süresi olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla S ve L değerleri $TY6_{SO}$ değerlerinden elde edilmiştir.

$TY6_{SH}$ değerleri kullanılarak ve yukarıdaki kuraklık tanımına bağlı kalarak tüm hücreler ve her ay için kurak/ kurak olmayan koşul ayrımı yapılmıştır. Daha sonra her bir ay için Konya Kapalı Havzası'ndaki kuraklık etki alanı (A) toplam 82 hücre üzerinden kurak olan hücrelerin yüzdesi hesaplanarak bulunmuştur. Dolayısıyla her ay için havza üzerindeki kurak alanların yüzdesi (toplam 211 aylık A değeri) elde edilmiştir. $TY6_{SO}$ değerleri kullanılarak havza

üzerindeki kurak dönemlerin başlangıç ve bitiş ayları belirlenmiştir. Her bir ay için elde edilen S ve A değerlerinin bu kurak dönemlerdeki ortalamaları alınarak sırasıyla S_{ort} ve A_{ort} değerleri bulunmuştur ve ilgili dönem içindeki maksimum değerleri alınarak S_{maks} ve A_{maks} değerleri bulunmuştur. Örneğin, kuraklık tanımına uygun tespit edilmiş 5 ay süren kurak bir dönemin elde edilen 5 adet S ve 5 adet A değerinin ortalaması (S_{ort} ve A_{ort}) ve maksimum değerleri (S_{maks} ve A_{maks}) hesaplanarak ilgili kurak döneme ait kuraklık karakteristikleri bulunmuştur.

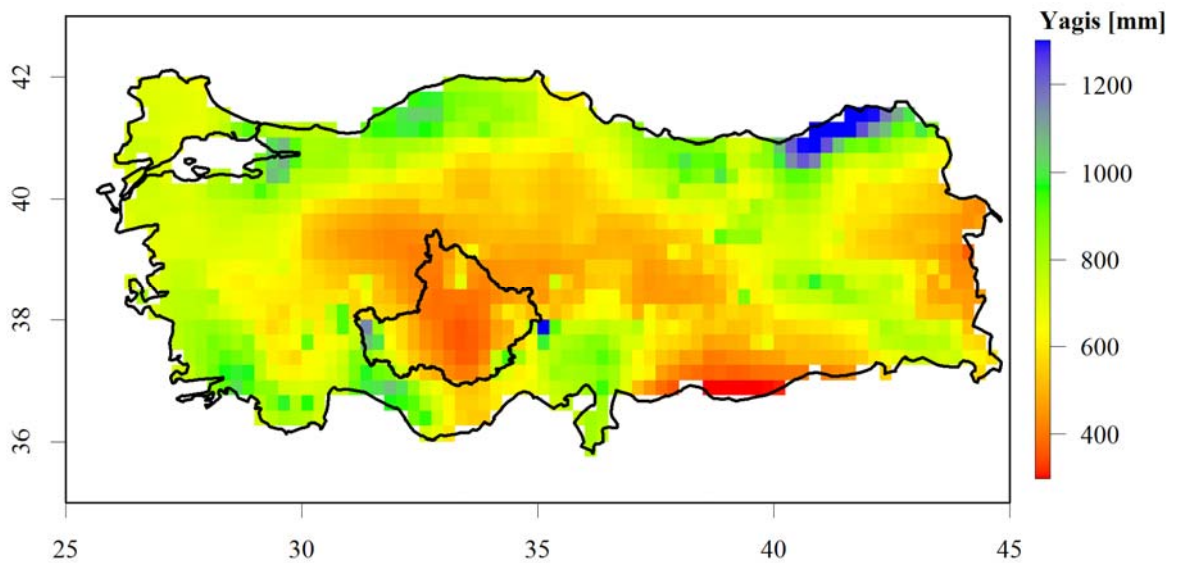
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışmada 1998-2015 yılları arasındaki TMPA yağış verileri kullanılarak Konya Kapalı Havzası'nda yaşanan kurak dönemlerin analizi gerçekleştirilmiştir. Yıllık toplam yağış verilerinin 1998-2015 yılları ortalamasının sunulduğu Şekil 2'de, havzanın sınırları siyah çizgilerle gösterilmektedir. MGM tarafından uzun yıllar (1950-2015) yapılan gözlemlere göre ortalama 2250 mm [30] civarında yağış alan Doğu Karadeniz üzerinde TMPA verileri 1998-2015 yılları arasında tutarsız olarak 1300 mm civarında yağış göstermektedir (Şekil 2). Bu tutarsızlığın sebebi bu çalışmada incelenmemiştir. Öte yandan, Türkiye'nin en kurak bölgelerinden birisi olan Konya bölgesinde MGM tarafından gözlemlenen 320 mm'lik uzun yıllar yağış ortalaması [31] ile tutarlı olacak bir şekilde TMPA verileri 400 mm'nin altında yıllık ortalama yağış göstermektedir. Bu sebeple TMPA verilerinin Konya Kapalı Havzası üzerinde kullanılması uygun bulunmuştur.

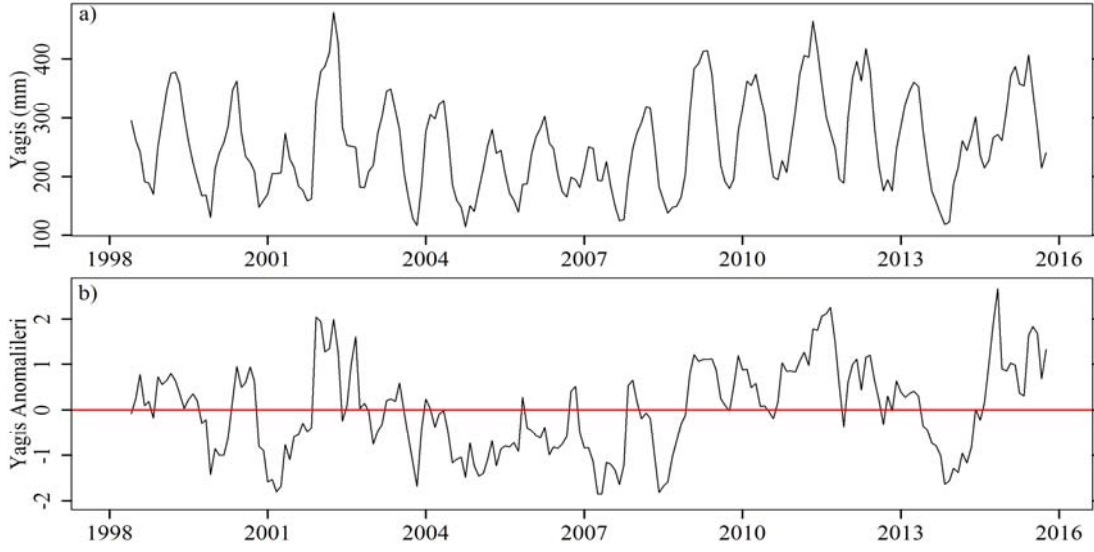
Çalışma alanı üzerindeki havza ortalama yağış verilerini temsil eden TY_{60} ve bu değerlerden elde edilen TY_{6SO} değerlerinin zamansal seyri Şekil 3'te sunulmaktadır. Tanımı gereği, 1998 yılının ilk beş ayına ait TY_{60} değeri bulunmamakta, dolayısıyla Şekil 3'teki zaman serileri 1998

Haziran itibariyle gösterilmektedir. Şekil 3b, yağış anomalilerinin sıfırın çok altına indiği dönemlerde şiddetli kuraklığın bulunduğu işaret ederken sıfırın çok üzerine çıktığı dönemlerde ise çok yağışlı koşulların varlığını ortaya koymaktadır. İncelenen 18 yıllık süre içinde, tanımı önceki bölümde yapılan toplam yedi kurak döneme rastlanmıştır (Tablo 1). Bunların arasında 2004 Mart – 2005 Ekim arasında gerçekleşen 20 aylık kurak dönem, en uzun süreli gözlemlenen kuraklık olmuştur. 2006 Aralık – 2007 Ekim arasında gözlemlenen kuraklık ise, ortalama ve maksimum kuraklık şiddeti sırayla -1,23 ve -1,85 olmak üzere en şiddetli olanıdır. Bu dönem, ortalama etki alanı bakımından da kuraklığın havzada en yaygın olarak (%98,3) hissedildiği dönemdir. Bu şiddetli kurak dönemin devamı niteliğinde sayılabilecek yeni bir kurak dönem ise hemen dört ay sonra başlamış ve 11 ay devam etmiştir.

İncelenen yıllarda gerçekleşen kurak dönemlerin ortalama değerlerine bakıldığında, havzayı etki altına alan kurak koşulların ortalama olarak 11,3 ay sürdüğü, -0,92 şiddetinde gerçekleştiği ve havza alanının %81,1'inde etkin olduğu görülmektedir (Tablo 1). Bu durum, havzanın şiddetli, uzun süreli ve etki alanı yaygın kuraklıklara maruz kaldığını göstermektedir. 2007 ve 2008 yılları arasında gerçekleşen şiddetli kuraklığın havza üzerindeki zamansal seyri Şekil 4'te sunulmaktadır. 2007 Mayıs ayından itibaren havzanın özellikle batı kesimini çok şiddetli olarak etki altına alan kurak koşullar 2007 Aralık itibariyle yerini ortalamanın üstünde yağışlı döneme bırakmış ancak daha sonra çok şiddetli kurak koşullar 2008 yaz aylarında havzayı tekrar etkisi altına almıştır. Bu dönem içinde en yaygın ve en şiddetli kuraklık 2007 Mayıs - Haziran ile 2008 Temmuz – Eylül aylarında hissedilmiştir. Bu ayların bitkilerin büyüme ve gelişme dönemine (Mayıs – Temmuz) denk gelmesinin, sulamasız tarımın yaygın olduğu Konya Kapalı Havzası'nda rekolte üzerine olumsuz etkisi olduğu düşünülmektedir.



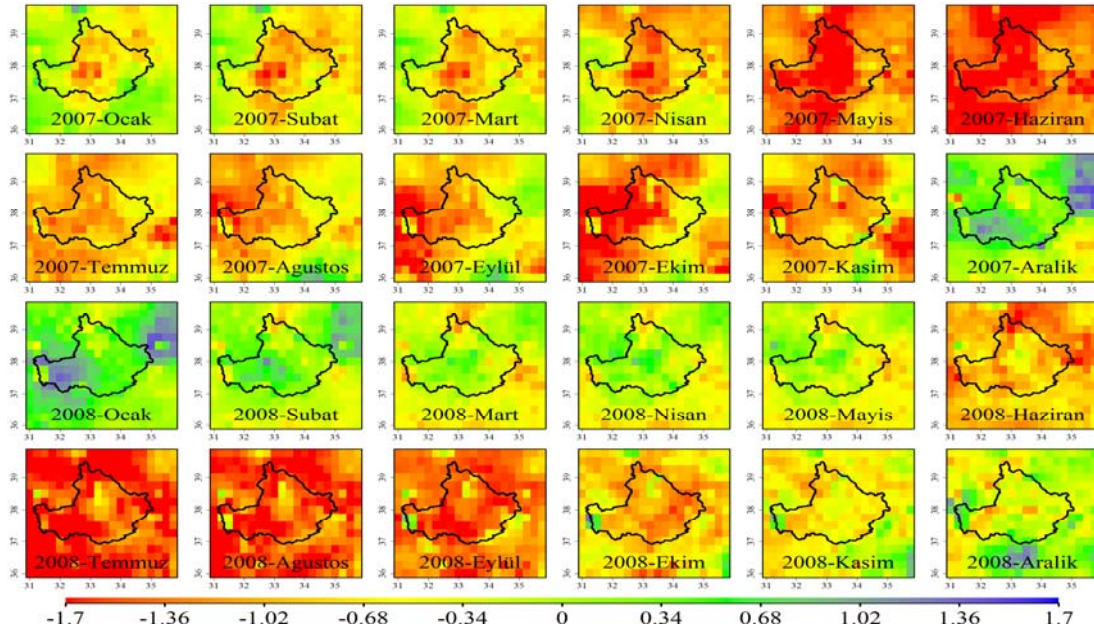
Şekil 2. Yıllık toplam yağışların 1998 – 2015 yılları arasındaki ortalaması
(Mean annual precipitation totals between 1998 and 2015)



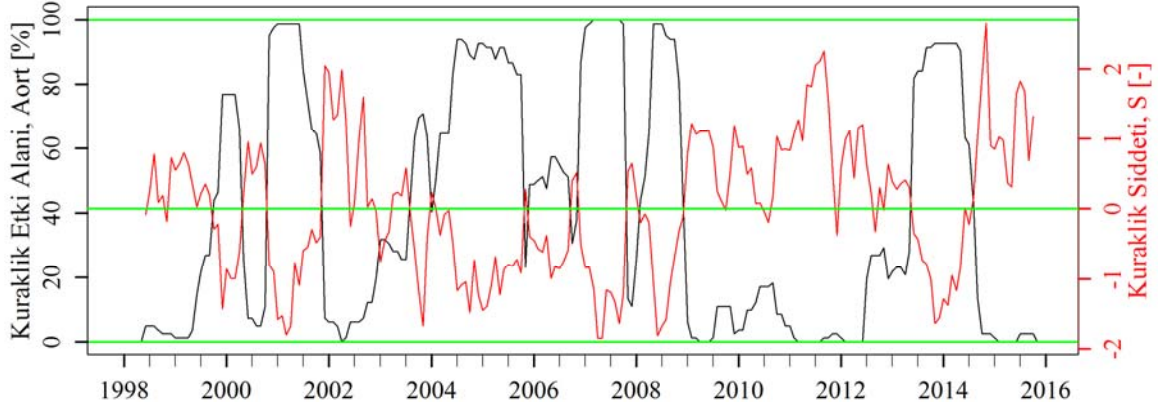
Şekil 3. Konya Kapalı Havzası üzerinde elde edilen a) $TY6_O$ ve b) $TY6_{SO}$ değerleri
(Values of a) $TY6_O$ and b) $TY6_{SO}$ over Konya Closed Basin)

Tablo 1. Konya Kapalı Havzası üzerinde 1998-2015 yılları arasındaki kuraklıkların karakteristikleri
(Characteristics of droughts over Konya Closed Basin in 1998-2015)

Başlangıç	Bitiş	L [ay]	S_{ort} [-]	S_{maks} [-]	A_{ort} [%]	A_{maks} [%]
1999 Ekim	2000 Nisan	7	-0,77	-1,43	66,2	76,8
2000 Kasım	2001 Kasım	13	-0,96	-1,80	87,2	98,8
2003 Ağustos	2003 Aralık	5	-0,78	-1,68	62,2	70,7
2004 Mart	2005 Ekim	20	-0,89	-1,49	85,6	93,9
2006 Aralık	2007 Ekim	11	-1,23	-1,85	98,3	100,0
2008 Şubat	2008 Aralık	11	-0,80	-1,82	78,5	98,8
2013 Haziran	2014 Mayıs	12	-1,01	-1,64	89,9	92,7
Ortalama		11,3	-0,92	-1,67	81,1	90,2



Şekil 4. 2007-2008 kuraklığının Konya Kapalı Havzası üzerindeki zamansal seyri
(Temporal evolution of 2007-2008 drought over Konya Closed Basin)



Şekil 5. Çalışma alanı üzerinde elde edilen A_{ort} ve S değerleri (A_{ort} and S values obtained over the study area)

Konya Kapalı Havzası üzerinde gerçekleşen ortalama kuraklık etki alanının (A_{ort} – sol düşey eksen) ve kuraklık şiddetinin (S – sağ düşey eksen) zamansal seyri Şekil 5’te sunulmaktadır. Bu şekilde, A_{ort} değerlerine referans olması açısından %0 ve %100 değerleri ile S değerlerine referans olması açısından 0 değeri yeşil renkte düz çizgiyle belirtilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, 2009 – 2012 yılları çalışmanın gerçekleştirildiği 18 yıldaki en yağışlı dönemken 2004 – 2008 yılları en kurak dönemdir. 18 yıllık dönemde ortalama etki alanı (A_{ort}) %85’ten daha fazla gerçekleşen dört kurak dönemden ikisi bu beş yıllık dönem içerisinde gözlemlenmektedir.

4. BULGULARIN ÖNCEKİ KURAKLIK ÇALIŞMALARINI İLE KARŞILAŞTIRMASI (COMPARISON OF THE RESULTS WITH EARLIER STUDIES)

Önceki bölümde sunulan bulgular, literatürde Konya bölgesinde yapılan çalışmalar ile tutarlılık göstermektedir. Örneğin KHKYP [14] ile bu çalışmanın ortak süreleri (1998-2013) göz önünde bulundurulduğunda, kurak dönemler büyük oranda örtüşmektedir. 1999-2008 yılları arasında kurak geçen ayların toplam süresi bu çalışmada 67 ay iken, kıyaslanan çalışmada [14] havza içinde yer alan 11 istasyon için Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI; Palmer Drought Severity Index) kullanılarak ayrı ayrı hesaplanan kurak geçen ay sayısı minimum 39 ay, maksimum 89 ay ve ortalama 70 aydır. Dolayısıyla farklı kuraklık indisleri kullanan bu iki çalışmada bulunan kurak geçen ay sayıları (67 ve 70 ay) çalışmalar arasındaki büyük tutarlılığa işaret etmektedir. Ancak, KHKYP sonuçlarına göre 2012-2013 kuraklık döneminin PDSI’ye göre şiddeti diğer kurak dönemlere (örneğin 2004-2008) kıyasla oldukça düşüktür [14], bir başka deyişle normal değerlere yakın kurak değerlerdir. Öte yandan, mevcut çalışmada ise 2013 yılında kuraklık gerçekleşirken 2012 yılı için normal değerlere çok yakın kuraklık değerleri görülmektedir (Şekil 3). Diğer bir deyişle 2012 yılı kuraklık incelemeleri arasında iki çalışma arasında büyük farklılıklar görülmezken 2013 yılı için iki çalışma da tutarlı bir şekilde kuraklık göstermektedir. Türkeş vd. [15] tarafından yürütülen çalışmada, Konya bölgesinde yer alan dört meteoroloji istasyonundan (Konya, Karaman,

Aksaray, Karapınar) elde edilen verilerle PDSI kullanılarak kuraklık analizi gerçekleştirilmiş ve kuraklığın başlangıç ve bitiş tarihleri hesaplanmıştır. Bu çalışma ile ortak süreler (1998-2006) kıyaslandığında, şiddetli geçen kurak dönemlerin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. 1999-2001 kuraklığı ele alındığında, tüm istasyonlarda 1999 sonunda başlayıp 2001 sonunda kuraklığın sona erdiği ve Konya istasyonu haricinde 2000 yılının yaz ve sonbahar aylarında bir süre yağışlı bir dönem gerçekleştiği görülmektedir. Bu koşullar, mevcut çalışmada Tablo 1’de sunulan kurak dönem ile uyumlu bulunmuştur. 2004-2006 kuraklığında ise yine kısa süreli yağışlı bir dönem geçiren Konya istasyonu haricinde tüm istasyonlarda kuraklığın kesintisiz olarak 2004 başı ve 2005 sonu arasında gerçekleştiği gözlenmiştir. Bu kurak koşullar, yine Tablo 1’de sunulan kurak dönem ile tutarlıdır. Bu çalışmada alansal ortalaması en düşük olan 2003 Ağustos-2003 Aralık kuraklığı ise, kıyaslanan çalışmada [15] benzer süreler içinde Konya ve Aksaray istasyonlarında gözlemlendiği ancak Karaman ve Karapınar istasyonlarında gerçekleşmediği anlaşılmıştır. Dolayısıyla bu kuraklık dönemi de her iki çalışmada uyumluluk göstermektedir.

Bir başka çalışmada ise [16], Efektif Kuraklık İndisi (EKİ) kullanılarak Konya Kapalı Havzasındaki 12 meteoroloji istasyonundan (Aksaray, Beyşehir, Cihanbeyli, Çumra, Ereğli, Ilgın, Karaman, Karapınar, Konya, Kulu, Niğde, Seydişehir) elde edilen verilerle yine kuraklığın başlangıç ve bitiş tarihleri hesaplanmıştır. EKİ kullanılan çalışma ile bu çalışmanın ortak süreleri (1998-2009) kıyaslandığında, şiddetli geçen kurak dönemlerin yine tutarlı olduğu görülmektedir. Ortak süre içerisinde gerçekleşen kurak dönemler bu çalışmada toplam 67 ay iken, kıyaslanan çalışmada [16] istasyonlarda minimum 39 ay, maksimum 77 ay ve ortalama 55 aydır. Her ne kadar kurak dönemlerin başlangıç ve bitiş tarihleri istasyonlar arasında değişkenlik gösterse de, Tablo 1’de sunulan kurak dönemler ile büyük ölçüde uyumlu olduğu gözlenmiştir. Örneğin, bu çalışmada en şiddetli kuraklığın gözlemlendiği 2006 Aralık – 2007 Ekim dönemine bakıldığında (Tablo 1), bahsi geçen çalışmadaki [16] 12 istasyonun sekizinde kuraklık 2006 Aralık ayında başlamakta ve yine sekiz istasyonda 2007 Kasım ayında sona

ermektedir; dolayısıyla iki çalışmada kullanılan veriler ve kuraklık indisleri farklı olsa dahi kuraklık başlangıç ve bitiş tarihleri çok uyumludur. Bu durum kullanılan yağış verilerinin ve uygulanan kuraklık tanımlarının birbiriyle tutarlı olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada uzaktan algılama kaynaklı TMPA yağış verileriyle Konya Kapalı Havzası üzerinde 1998 – 2015 yılları arasında gerçekleşen kuraklık olayları incelenmiştir. 2006 Aralık – 2007 Ekim arasındaki 11 aylık dönemde gerçekleşen yağış eksikliği, 18 yılın en şiddetli ve etki alanı en yüksek kuraklık dönemini oluşturmaktadır. Çalışmanın bulguları, literatürdeki farklı kuraklık indislerinden faydalanarak istasyon kaynaklı yağış verileri ile yapılan çalışmalarla, ortak dönemlerde gerçekleşen kuraklığın gelişimi bakımından son derece uyumludur. Kıyaslanan çalışmalarda istasyon verisi kullanılırken, gerçekleştirilen bu çalışmada uzaktan algılama kaynaklı veri kullanılmış olması yönüyle bulgularda elde edilen tutarlılık, uzaktan algılama kaynaklı verilerin kuraklık analizlerinde kullanım potansiyelini ortaya koymaktadır. Uzaktan algılama kaynaklı yağış verileriyle gerçekleştirilen kuraklık etki alanı analizinin benzer şekilde istasyonlarda ölçülen yağış verileriyle yapılması güçtür. Bunun sebebi ise $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ mekansal çözünürlükte elde edilen uzaktan algılama kaynaklı yağış verileri çalışma alanı üzerinde 82 hücrede veri sağlarken Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2015 yılında kurmuş olduğu en son istasyonlarla birlikte sadece 30 civarında noktada yağış gözlemi yapılabilmesidir. Bir başka uzaktan algılama tekniği olan radar gözlemleri, uydulardan çok daha yüksek çözünürlükte yağış verisi sağlayabilmektedir. Bu durum uzaktan algılama kaynaklı verilerin mekansal olarak ayrıntılı kuraklık etki alanı hesaplamasında yer gözlem istasyonlarına kıyasla daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer çalışmaların radar verileri kullanılarak gerçekleştirilmesi mekansal çözünürlük açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Öte yandan her ne kadar 2000 yılında kurulan Ankara radarı Konya Kapalı Havzası'nın bir kısmını kapsıyor olsa da Karaman radarı 2015 yılında kurulmuş olup henüz uzun süreli veri arşivi oluşturmamıştır. Bu sebeple, günümüz koşullarında TMPA uydu kaynaklı yağış verileri, Konya Kapalı Havzası'nın kuraklık etki alanı çalışmalarında büyük önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada sunulan yöntem, kuraklığa karşı çok hassas olan bölgedeki kuraklığın karakteristik özelliklerini, özellikle de kuraklık etki alanını uzaktan algılama kaynaklı veriler ile hesaplamaktadır. Kuraklık etki alanının zamansal değişimi göz önünde bulundurulduğunda, su kaynakları ve özellikle tarımsal sulama ile ilgili çalışmalar, su paylaşımı konularında bu çalışmanın çıktılarını kullanabilirler.

5. SİMGELER (SYMBOLS)

A	:Kuraklık etki alanı
A_{maks}	:Maksimum kuraklık etki alanı
A_{ort}	:Ortalama kuraklık etki alanı

L	:Kurak dönem süresi
S	:Kuraklık şiddeti
S_{maks}	:Maksimum kuraklık şiddeti
S_{ort}	:Ortalama kuraklık şiddeti
$TY6$:Altı aylık toplam yağış değeri
$TY6_H$:Altı aylık toplam yağış değeri - hücre
$TY6_O$:Altı aylık toplam yağış değeri - havza ortalaması
$TY6_{SO}$:Standartlaştırılmış altı aylık toplam yağış değeri - havza ortalaması
$TY6_{SH}$:Standartlaştırılmış altı aylık toplam yağış değeri - hücre
μ_H	: $TY6_H$ ortalaması
μ_O	: $TY6_O$ ortalaması
σ_H	: $TY6_H$ standart sapması
σ_O	: $TY6_O$ standart sapması

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yılmaz S., Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Konya Kapalı Havzası 5098115 Proje Nihai Raporu - ÇE.10.49, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü, 2010.
2. Wilhite D.A. ve Glantz M.H., Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, Water International, 10 (3), 111–120, 1985.
3. Adler R.F., The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-present), Journal of Hydrometeorology, 4 (6) 1147-1167, 2003.
4. Oğuztürk G. ve Yıldız O., Kırıkkale İli'nde Farklı Zaman Periyotları İçin Kuraklık Analizi, Kırıkkale Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Araştırma Ve Geliştirme Dergisi, 6 (2), 1-7, 2014.
5. Oğuztürk G. ve Yıldız O., Hydrologic Drought Investigation in the Kemer Dam Basin Using the SPI Method, International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, 2 (5), 35-40, 2015.
6. Oğuztürk G., Yıldız O., Duvan A., A Drought Analysis of Sivas Using the Standardized Precipitation Index (SPI) Method and Drought Estimation with the Artificial Neural Networks, International Journal Of Advances in Mechanical and Civil Engineering, 2 (5), 24-30, 2016.
7. Sönmez F.K., Kömüşçü A.Ü., Erkan A., Turgu E., An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardized Precipitation Index, Natural Hazards, 35 (2), 243-264, 2005.
8. Türkeş M., Vulnerability of Turkey to Desertification with respect to Precipitation and Aridity Conditions, Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 23 (5), 363-380, 1999.
9. Türkeş M., Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi, Coğrafi Bilimler Dergisi, 9 (1), 79-99, 2011.
10. Türkeş M. ve Tatlı H., Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and a Modified SPI for Shaping the Drought Probabilities over Turkey, International Journal of Climatology, 29 (15), 2270-2282, 2009.
11. Anderson M.C., The Evaporative Stress Index as an Indicator of Agricultural Drought in Brazil: An Assessment Using

- Multi-Scale Crop Yield Datasets, Remote Sensing of Environment, 174 (1), 82–99, 2016.
12. T.C. Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, KOP Bölgesi'nde DSİ Yeraltısuyu (YAS) Eylem Planı ve Kuyulara Su Tahsisi Uygulaması 'Genel Değerlendirme ve Öneriler' Raporu, Konya, Türkiye, 2012.
 13. T.C. Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, KOP Eylem Planı (2014-2018), Konya, Türkiye, 2014.
 14. Dolsar Mühendislik A.Ş., Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı, Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2015. (<http://kuraklikyonetimi.ormansu.gov.tr/kuraklikyonetimi/Files/raporlar/Konya%20Havzası%20Kuraklık%20Yönetim%20Planı.pdf>)
 15. Türkeş M., Akgündüz A.S., Demirörs Z., Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti, Coğrafi Bilimler Dergisi, 7 (2), 129-144, 2009.
 16. Doğan S., Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal-Konumsal Analizi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2013.
 17. Gokmen M., Vekerdy Z., Verhoef W., Batelaan O., Satellite-based Analysis of Recent Trends in the Ecohydrology of a Semi-Arid Region, Hydrology and Earth System Sciences, 17 (10), 3779-3794, 2013.
 18. Gokmen M., Assessing Groundwater Storage Changes Using Remote Sensing–Based Evapotranspiration and Precipitation at a Large Semiarid Basin Scale, Journal of Hydrometeorology, 14(6), 1733-1753, 2013.
 19. Doğdu M.Ş., Toklu M.M., Sağnak C., Konya Kapalı Havzası'nda Yağış ve Yeraltısuyu Seviye Değerlerinin İrdelenmesi, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul, Türkiye, 394-401, 2007.
 20. Şen E. ve Başaran N., Küresel Isınma Sürecinde Konya Ovasının Baz İklim Verilerinde Meydana Gelen Değişmeler ve Eğilimler, Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, Konya, Türkiye, 2007.
 21. Huffman G.J., The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales, Journal of Hydrometeorology, 8 (1), 38-55, 2007.
 22. NASA. TRMM Data Downloads - Precipitation Measurement Missions. <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm> Yayın tarihi, 2016. Erişim tarihi, 2016.
 23. Huffman G.J., Adler R.F., Bolvin D.T., Nelkin E.J., The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA), Chapter 1, Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology, Springer, Netherlands, 3-22, 2010.
 24. Joshi M.K., Rai A., Pandey A.C., Validation of TMPA and GPCP 1DD against the Ground Truth Rain-Gauge Data for Indian Region, International Journal of Climatology, 33 (12), 2633-2648, 2013.
 25. Tucker C.J., Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation, Remote Sensing of Environment, 8 (2), 127-150, 1979.
 26. Huete A., Overview of the Radiometric and Biophysical Performance of the MODIS Vegetation Indices, Remote Sensing of Environment, 83 (1), 195-213, 2002.
 27. NASA. MODIS Vegetation Index Products (NDVI and EVI). <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php>. Yayın tarihi, 2016. Erişim tarihi, 2016.
 28. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8th Conference on Applied Climatology, Boston, MA, ABD, 179-183, 1993.
 29. Hıms M.A., Hydrometeorological Drought Analysis in Aksaray by Aggregate Drought Index, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28 (4), 711-721, 2013.
 30. MGM Resmi İstatistikler – Rize <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=RIZE>. Yayın tarihi, 2016. Erişim tarihi, 2016.
 31. MGM. Resmi İstatistikler – Konya. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA>. Yayın tarihi, 2016. Erişim tarihi, 2016.

