



Alınış tarihi (Received): 17.08.2018

Kabul tarihi (Accepted): 08.05.2020

Farklı İklim Modelleri Kullanılarak Tokat İli'nde Kuraklık Analizi

Saniye DEMİR^{1,*} Kadri YÜREKLİ² İrfan OĞUZ¹ Müberra ERDOĞAN²

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü/60100

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü/60100

Sorumlu yazar: saniye.demir@gop.edu.tr

ÖZET: Tüm dünya'da görülen iklimsel değişiklikler, ekstrem olayların sıklığının yanı sıra, bu değerleri içeren yağış rejimini de yakından etkilemektedir. Genellikle, hem gözlenen hem de simülasyon yapan iklim modellerinden elde edilen sonuçlar, bu ekstrem yağışların şiddetinin arttığını göstermiştir. Söz konusu bu durum günümüzde, iklimsel bir tehlike olarak algılanmaktadır. Bu çalışmada, kurak- yarı kurak iklim özelliklerine sahip Tokat ili için, CLIGEN iklim modeli ile yağışlar simüle edilmiştir. Hem gözlenen hem de simüle edilen yağışlar Standart Yağış İndisi (SYİ) kullanılarak analizi edilmiştir. 1967-2016 yılları arasında 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman periyotlarında meydana gelen kuraklık belirlenmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Tokat, CLIGEN, Standart Yağış İndisi (SYI), Kuraklık

Drought Analysis Uses Different Climate Model in The City of Tokat

ABSTRACT: Climatic changes in the world closely affect not only the frequency of extreme events, but also the precipitation, which includes the frequency. In general, the results obtained from both observed and simulated climate models indicate that the intensity of this extreme precipitation has increased. This situation is perceived as a climatic danger in our day. In this study, CLIGEN climate model was simulated with precipitation for Tokat province having arid-semi-arid climatic characteristics. Both observed and simulated precipitation were analyzed using the Standard Precipitation Index (SPI). The drought occurred between the years 1967-2016 in 3, 6, 9 and 12 month time periods was detected and evaluated.

Keywords – Tokat, CLIGEN, Standard Precipitation Index (SPI), Drought

1. Giriş

Su kaynaklarının yönetiminde, kuraklık olaylarının tahmini ve takip edilmesi gerçekten zor bir durumdur. Kuraklığın somut bir tanımı yoktur. Şartlara göre farklı tanımlar yapılmaktadır (Juliani ve Okawa, 2017). Bu tanımlardan birisi de Meteorolojik kuraklıktır. Bir alanda, belirli bir zaman periyodunda ortalama yağışların altında meydana gelen yağışlar meteorolojik kuraklık olarak tanımlanmaktadır (Ogallo, 1994). Ülkemiz gibi yarı kurak bir iklime sahip ülkeler için yağışlar çok değerli bir doğal kaynaktır ve atmosferik koşullar, fiziki coğrafya ile iklim koşullarına göre oldukça değişkenlik göstermektedir (Yürekli ve Anlı, 2008). Bundan dolayı, tarımsal uygulamalar ve iklimin etkisini araştırmak için bölgesel yağış haritalarının yapılması gerekmektedir. Bu haritaların yapımında, kuraklık olayının iyice bilinmesi önemlidir.

Kuraklık olayı şiddet, süre ve alandaki dağılımına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Gathara et al., 2006). Kuraklık ile ilgili yapılan çalışmalar şiddet-süre-sıklık eğrisinin hazırlanmasında çok önemlidir. Bu özellikler tek bir şekil üzerinde verilip, karşılaştırılmaları da yapılabilmektedir (Dalezios ve ark., 2000).

Kuraklığın alandaki şiddet, süre ve sıklığının sayısal olarak değerlendirilmesi için farklı birkaç kuraklık indeksi kullanılmaktadır. Bu indekslerden birisi de McKee, Doesken and Kleist tarafından geliştirilen Standart Yağış İndeksidir (McKee et al., 1993). Kuraklığın şiddetini tanımlayan bir indekstir ve farklı zaman dilimleri için hesaplamalar yapabilmektedir. Zaman aralığı, analiz edilen yağışların kümülatif birikimidir (Valipour, 2016).

Zaman serisi modelleri, yağış ve kuraklığı tahmin etmek için geliştirilmiş istatistiksel yöntemlerdir. Son yıllarda, tüm dünyada çok ciddi kuraklık olayları gözlenmektedir (Van Loon, 2015). Ülkemizde 2015-2017 yılları arasında ortalamanın altında yağışlar meydana gelmiştir. Ekstrem olayların şiddeti ve sıklığı, geçmişte gözlemlenen faktörlerin tanımlanmasıyla açıklanmaktadır (Dalezios ve ark., 2000). Elde edilen bu bilgiler, kuraklığın şiddet-süre-sıklık eğrisinde verilmektedir. Yine bu bilgiler, yeni modellerin planlanmasında ve geliştirilmesinde ışık tutmaktadır. Bir bölgenin hidrolojik özellikleri hakkında çok daha fazla bilgi elde edebilmek için, bu bölgenin su dağılım planının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu durum, kuraklık olayının meydana gelmesinde çok önemlidir (Valipour, 2013). Su kaynaklarının sınırlı ya da kuraklık olayından çok fazla etkilenen alanlar için, uygun bir sulama planının yapılması gerekmektedir. Bu şekilde tarımsal verimlilik artmakta ve su eksikliği azalmaktadır (Valipour, 2013). Özellikle, tarımsal su yönetimi için ülke şartlarının göz önünde bulundurulduğu devlet politikaları çok önemlidir. Ülkemizde, İç Anadolu bölgesi kuraklığın en fazla görüldüğü yerlerden birisidir. Yeğnidemir (2005), 1953-2008 yılları arasında 28 yağış istasyonuna ait aylık yağış değerlerinin standart yağış indisini kullanarak bölgenin kuraklık analizini yapmıştır. 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 ay süreli standart yağış indislerine göre kuraklığın şiddetini ve genliğini hesaplamıştır. Özellikle bölgenin kuzeydoğu kesiminde yer alan engebeli arazide bulunan yağış indisi, diğer bölümlere göre oldukça farklılık gösterdiği ve bu durumun bölgedeki tarımsal faaliyetleri doğrudan etkilediğini ifade etmiştir. Deniz (2009), kuraklık analizi yaptığı tez çalışmasında Türkiye de bulunan 96 istasyona ait yağış verilerini kullanmıştır. 1929-2006 yılları arasındaki yağış verilerini 1, 3, 6, 12 ve 48 ay süreli olmak üzere standart yağış indisi ile incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, Orta Karadeniz Bölgesinin kuraklıktan çok fazla etkilendiği görülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan kurak bir iklime sahip olan Tokat ilinde 1967-2016 yılları arasında gözlenen uzun yıllar yağış verilerinin CLIGEN iklim modeli ile simüle edilmesidir. Ayrıca, gözlenen ve simüle edilen yağış verilerinin Standart Yağış İndisi (SYİ) metodu kullanılarak kuraklık analizi yapılması amaçlanmaktadır. Elde edilen SYİ değerleri 3, 6, 9, 12 aylık dönemler için yapılmıştır. CLIGEN ile simüle edilen ve gözlenen yağış verilerinin SYİ değerleri karşılaştırılmış, ilde meydana gelen kuraklığın şiddeti ve söz konusu zaman dilimlerindeki değişimi Tokat ili iklim koşullarında CLIGEN iklim modelinin performansı değerlendirilmiştir.

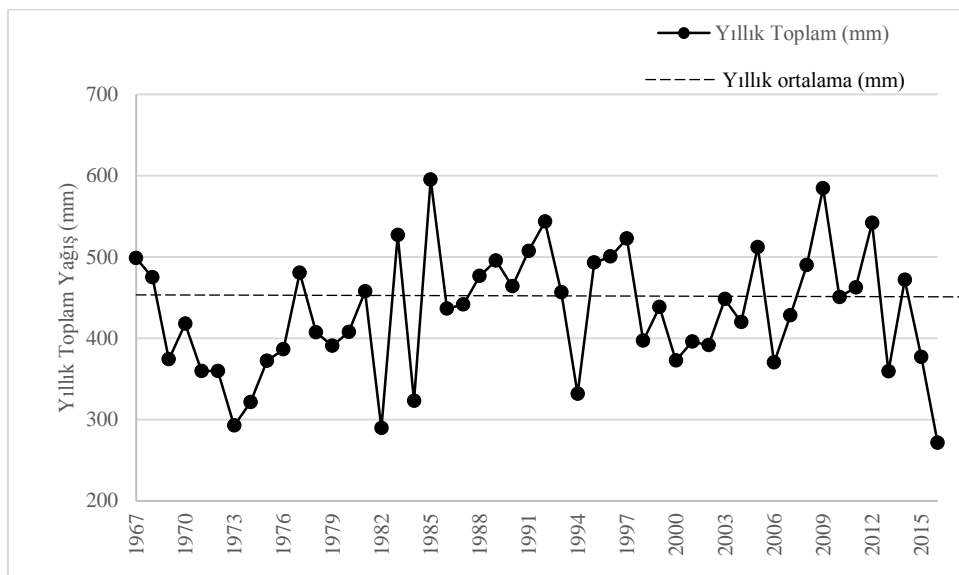
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen Tokat ili, 36°55' kuzey enlemleri ve 40°32' doğu boylamları arasında olup, denizden yüksekliği 623 m'dir.

Tokat ili Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında bulunduğu; hem Karadeniz hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Kuzeyden güneye doğru yükseltinin artması nedeniyle kış mevsimi oldukça sert geçmektedir. Yağışlar en çok ilkbahar mevsiminde görülürken, yaz ayları ise oldukça kuraktır. Tokat Meteoroloji İstasyonundan alınan 1980-2015 yılları arasındaki yağış verilerine göre yıllık maksimum ve minimum yağış miktarı sırasıyla 313.3 mm ile 592.9 mm'dir. Bir yılın yaklaşık 250 günü yağışlı geçmektedir. En fazla yağışlar ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. 1980-2015 yılları arasındaki verilere göre en düşük sıcaklık -10.7 °C ile ocak ayında, en yüksek sıcaklık ise 36.5 °C ile temmuz ayında görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 12.5 °C'dir (Anonim, 2015).

Şekil 1'de Tokat meteoroloji istasyonuna ait yıllık yağış serisi verilmiştir. Yıllık ortalama yağış 431.7 mm'dir. Şekil 1'den de görüldüğü üzere, uzun yıllar yağış ortalamasının üzerindeki yağışlar seyrek ama daha fazla sayıda meydana gelirken; ortalamasının altındaki yağışlar ise daha sık ama az sayıda meydana gelmiştir. Özellikle, 1969-1976 ve 1998-2007 yılları arasında Tokat ilinin kuraklıktan çok fazla etkilendiği de görülmektedir.



Şekil 1. Tokat ili yıllık yağış serisi

Figure 1. Tokat province annual precipitation series

2.2. Yöntem

Çalışmada, 1967-2016 yılları arasındaki (50 yıllık) yağış verilerinin simülasyonunda CLIGEN iklim modeli kullanılacaktır. Elde edilen veriler ile gözlenen yağışların Standart Yağış İndisi ile kuraklık analizi yapılacaktır.

CLIGEN İklim Modeli

CLIGEN, Nicks et al. (1995) tarafından Amerika'nın merkezinden ve güneyinde alınan meteorolojik veriler kullanılarak geliştirilmiş bir iklim modelidir. Modelin geliştirilmesi esnasında, modelde kullanılan parametrelerin analizinde ve hatalı parametrelerin değiştirilmesinde birçok akademisyen çalışmıştır. Örneğin, Nearing ve ark. (2005), günlük yağış verilerinin simülasyonunda ortaya çıkan hataları incelemiştir. (Yu, 2005) yağış şiddetini hesaplayan bir simülasyon yöntemi geliştirmiştir.

CLIGEN ile yağışların simülasyonunda günlük yağış, maksimum ve minimum sıcaklık, çığ düşme noktası, solar radyasyon, rüzgar hızı ve yönü olmak 7 parametre kullanılmaktadır. Günlük yağışları oluşturmak için, Markov zincir yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, bir yağışlı günü bir yağışlı günün takip etmesi P (W/W) ve bir yağışlı günü bir kuru günün takip etmesi ise P(W/D) olasılığı belirlenmektedir. Günlük yağışların belirlenmesinde, normal dağılım kullanılmaktadır.

SYİ Yöntemi

Yağışın yıl içerisinde bazı günler şiddetli ve uzun yağması; bazı günler ise hiç yağmamasından dolayı en karmaşık iklim karakteristiği olarak kabul edilmektedir. Bundan dolayı, yağış ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda aylık toplam yağışlar kullanılmaktadır. Standart Yağış İndisi (SYİ) bölgesel kuraklığı tanımlamak ve değişimleri takip etmek amacıyla McKee ve ark., (1993) tarafından geliştirilmiştir. 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık zaman aralığında, kuraklığın tüm özelliklerindeki değişimler incelenebilmektedir. Bu yöntemde, kullanılan tek parametre yağıştır. Bundan dolayı yöntemin uygulanması oldukça kolaydır. SYİ aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$xi = \frac{Xi - Xo}{Sx}$$

Burada, X_o serinin ortalamasını ve S_x ise standart sapmasını göstermektedir. SYİ değeri -1 ve altında ise kurak, pozitif değerler olduğunda ise yağış fazlalığını ya da sulak dönemleri göstermektedir. Özellikle kuraklık olayının devam ettiği aylar boyunca başlangıcı, bitişi ve şiddeti gibi özellikleri çok önemlidir. SYİ normal dağılımlı olduğu için kurak dönemi olduğu gibi nemli dönemleri de gözlemleyebiliriz.

Mevsimsel hesaplamalarda (3 ay ve 6 ay) periyot kısa olduğu için SYİ değeri kuraklık sınırında çok rahat hareket ederken, uzun dönem hesaplamasında daha yavaş hareket etmektedir. SYİ hesabında en az 30 yıllık kesintisiz zaman serileri kullanılmaktadır (Turgu ve ark, 2015.). SYİ ile istenilen zaman aralığında, bir bölgenin o zaman aralığı içerisinde kaç defa kurak dönem geçirdiği belirlenmektedir. McKee ve ark. (1993) tarafından yapılan kuraklık sınıflaması Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. SPI Kuraklık İndeksine Göre Kuraklık ve Nemlilik Sınıflandırması (McKee ve ark., 1994)
Table 1. Drought and Humidity Classification According to SPI Drought Index.

| <i>SYI Değerleri</i> | <i>Sınıflandırılması</i> |
|----------------------|--------------------------|
| 2.0 ve üzeri | Olağanüstü Nemli |
| 1.5 ve 1.99 | Aşırı Nemli |
| 1 ve 1.49 | Şiddetli Nemli |
| 0.5 ve 0.99 | Orta Nemli |
| 0.0 ve 0.49 | Hafif Nemli |
| 0.0 ve (-0.49) | Hafif Kurak |
| (-0.5) ve (-0.99) | Orta Kurak |
| (-1.0) ve (-1.49) | Şiddetli Kurak |
| (-1.50) ve (-1.99) | Aşırı Kurak |
| (-2.0) ve altı | Olağanüstü Kurak |

3. Bulgular ve Tartışma

Tokat iline ait gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen aylık yağış serileri incelendiğinde gözlenen toplam yağış 431.7 mm ve 385 mm'dir. CLIGEN, yağışları gözlenen değer 46.7 mm altında tahmin etmiştir. Bu durum CLIGEN iklim modelinin algoritmasından kaynaklanmaktadır. Model, özellikle ilkbahar aylarında meydana gelen yağışları daha sık aralıklarla ve ekstrem değerleri gözlenen değerlerin çok altında tahmin etmektedir.

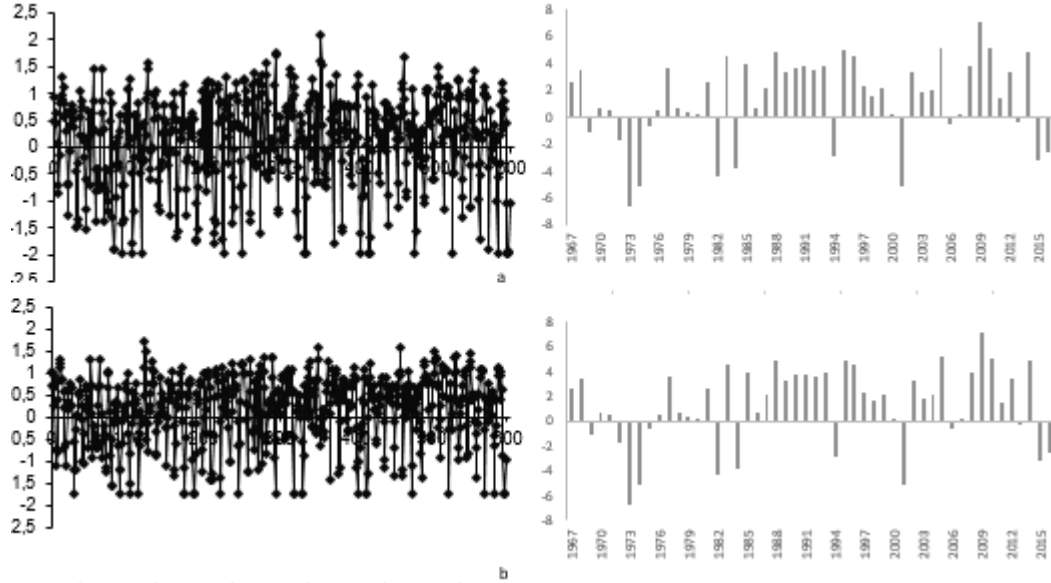
Kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde; iklim karakteristikleri çok fazla değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı, bu bölgelerde meydana gelen kuraklık olayları hem çevreye hem de ekonomiye çok büyük zararlar vermektedir. Bunun için yağışların yıldan yıla değişimini belirlemek çok önemlidir. Türkiye genelinde yağışların, yıllar arası değişim oranı %10-30 arasında olup, Türkiye'nin büyük bir bölümünde ise %15-25 arasında dağılım göstermektedir (Wei ve ark., 2014). Tokat meteoroloji istasyonu için hesaplanan yıllar arası değişim oranı %17'dir ve bu değer genel dağılıma uymaktadır.

Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yağış verilerine ait 3 aylık SYI serisine ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Gözlenen aylık yağış verilerinin 598 aylık toplam süresinin, 225 ayında farklı şiddette kuraklık meydana gelmiştir. Hafif kuraklığın 99 ay olup, gelme olasılığı %44'tür. Olağanüstü kuraklık meydana gelmemiştir (Çizelge 2). 3 aylık seride meydana gelen kuraklık olayları Şekil 2'de gösterilmiştir. En şiddetli kuraklık 1973, 1974 ve 2000 yıllarında meydana gelmiştir. 1972 yılının eylül ayında hafif şiddette başlayan kuraklık, 1973 yılının nisan ayına kadar devam etmiştir. 1973 yılının ağustos ayında tekrar başlayan kuraklık, 1974 yılının nisan ayında son bulmuştur. 1974 yılının temmuz-ağustos-eylül-ekim ve kasım ayları ise aşırı şiddette ve hafif kurak olarak geçmiştir (Şekil 2-a).

CLIGEN yağışlarına ait 3 aylık SYI değerleri Şekil 2'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, CLIGEN ile oluşturulan yağışların SYI değerleri gözlenen değerlere yakın olmakla birlikte, daha az sayıda farklı şiddette kuraklık meydana gelmiştir. Toplam 598 aylık sürenin 207 ayı kurak geçmiştir. Bu ayların 86 ayı hafif şiddette kurak olup, gelme olasılıkları ise %42'dir (Çizelge 2). Bu seride gözlenen aşırı kurak aylar gözlenenden daha azdır. 29 ay aşırı kurak olup, bu durum çoğunlukla yaz ve sonbahar aylarında meydana gelmiştir (Şekil 2-b). Aşırı kuraklıkların meydana gelme olasılığı ise %14'tür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Gözlenen ve CLIGEN'e ait 3 Aylık SYI değerleri**Table 2.** 3 Monthly SYI values of observed and CLIGEN climate model

| SYI Değerleri | Sınıflandırılması | Gözlenen SYI | Olasılığı | CLIGEN SYI | Olasılığı |
|--------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| 0.0 ve (-0.50) | Hafif Kurak | 99 | 44 | 86 | 42 |
| (-0.50) ve (-0.99) | Orta Kurak | 52 | 23 | 53 | 25 |
| (-1.0) ve (-1.49) | Şiddetli | 35 | 15 | 39 | 19 |
| (-1.50) ve (-1.99) | Aşırı Kurak | 39 | 18 | 29 | 14 |
| (-2.0) ve altı | Olağanüstü Kurak | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | TOPLAM | 225 | | 207 | |



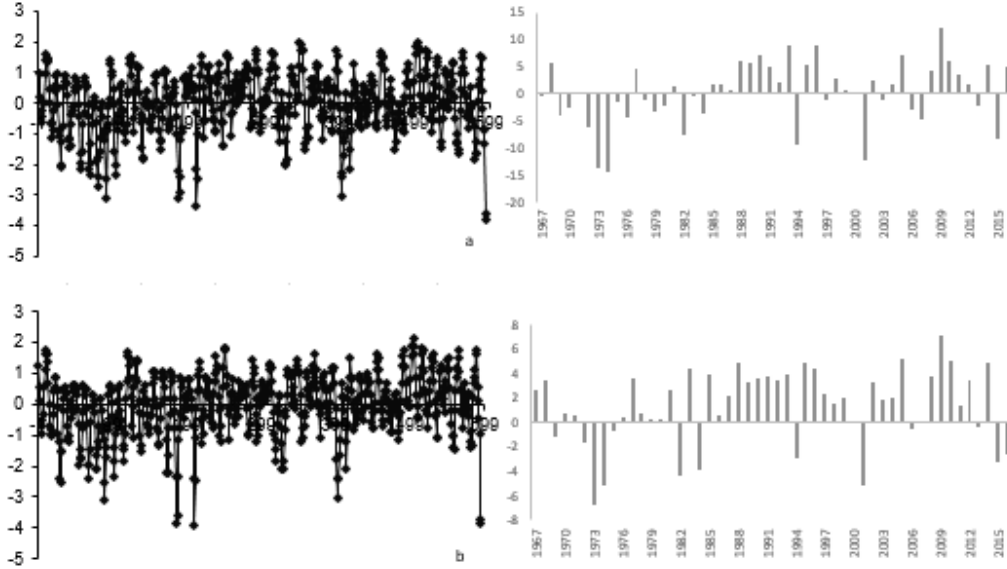
Şekil 2. 3 aylık SYI verilerinin grafiksel olarak gösterilmesi. a: Gözlenen yağışlar, b:CLIGEN yağışlar
Figure 2. Graphical representation of 3-month SYI data a.Observed percipitation b.CLIGEN precipitation

Gözlenen ve CLIGEN ile simüle edilen yağışların 6 aylık SYI değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. 595 aylık zaman içerisinde toplam kuraklık 280 ay olup, en fazla hafif ve orta kuraklık meydana gelmiştir. Bu kuraklıkların olma olasılığı ise sırasıyla %37 ve %33'tür (Çizelge 3). 1971 yılının aralık ayında görülen olağanüstü kuraklık, 1972 yılının ocak-şubat-mart aylarında aşırı kurak olarak devam etmiştir. 1971-1976 yılları arasında görülen kuraklık 40 ay, 2000 yılının ekim ayında başlayan kuraklık ise 16 ay sürmüştür. Bu zaman aralığında hafif ve orta kuraklıklar görülmekle birlikte, 2001 yılının ocak ve kasım aylarında olağanüstü kuraklık ($SYI < -2.00$) meydana gelmiştir (Şekil 3-a).

CLIGEN ile simüle edilen yağışlarla oluşturulan 6 aylık SYI serisi incelendiğinde, 595 aylık toplam süre içerisinde farklı şiddette meydana gelen kuraklık süresi 274 aydır (Çizelge 3). Hafif kuraklık meydana gelme zamanı 115 olup, olma olasılığı ise %38'dir. Model, hafif ve şiddetli kuraklığı gözlenen kuraklıktan düşük, orta ve aşırı kuraklığı yüksek, olağanüstü kuraklığın olma ihtimalini ise benzer tahmin etmiştir (Çizelge 3). Farklı şiddette meydana gelen kuraklıklar Şekil 2'de verilmiştir. 1969 yılının ekim ve kasım aylarında başlayan kuraklık, 1970 yılının sonuna kadar farklı şiddette devam etmiştir. Model ile simüle edilen yağışların 6 aylık SYI serisinde olağanüstü ve aşırı kuraklık özellikle, ocak-şubat ile kasım ve aralık aylarında meydana gelmektedir (Şekil 3-b).

Çizelge 3. Gözlenen ve CLIGEN'e ait 6 Aylık SYI değerleri**Table 3.** 6 Monthly SYI values of observed and CLIGEN climate model

| SYI Değerleri | Sınıflandırılması | Gözlenen SYI | Olasılığı | CLIGEN SYI | Olasılığı |
|--------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| 0.0 ve (-0.50) | Hafif Kurak | 106 | 38 | 115 | 42 |
| (-0.50) ve (-0.99) | Orta Kurak | 91 | 33 | 73 | 27 |
| (-1.0) ve (-1.49) | Şiddetli | 37 | 13 | 45 | 16 |
| (-1.50) ve (-1.99) | Aşırı Kurak | 21 | 8 | 16 | 6 |
| (-2.0) ve altı | Olağanüstü Kurak | 25 | 9 | 25 | 9 |
| | TOPLAM | 280 | | 274 | |

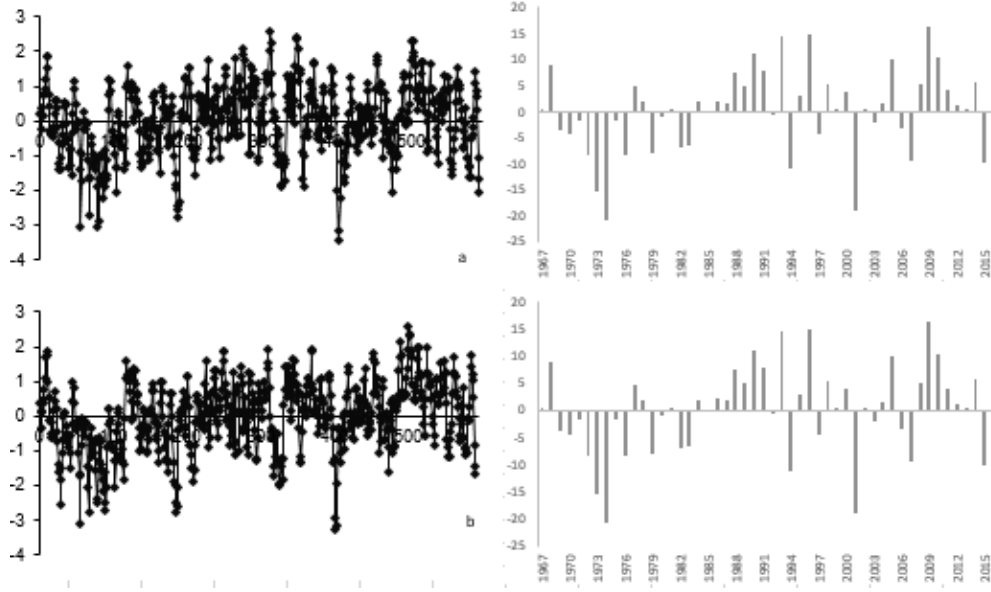
**Şekil 3.** 6 aylık SYI verilerinin grafiksel olarak gösterilmesi. a: Gözlenen yağışlar, b:CLIGEN yağışlar**Figure 3.** Graphical representation of 6-month SYI data a.Observed percipitation b.CLIGEN precipitation

Çizelge 4'de verilen gözlenen yağışlara ait 9 aylık SPI serisi incelendiğinde, 592 aylık toplam zaman aralığında farklı şiddette kuraklıkların meydana gelme süresi 287'dir. Kuraklık aralığına ait değerler ve olma olasılığı Çizelge 4'de verilmiştir. 1969-1976 yılları kurak olup, en fazla olağanüstü kuraklık 1974 yılında meydana gelmiştir. Şubat ve mart aylarında görülen olağanüstü kuraklık, diğer 10 ay boyunca aşırı kurak etkisini devam ettirmiştir. Hafif kuraklığın etkisi 2001 yılına kadar sürmüştür. Bu yılın, ocak-şubat-mart-nisan ayları olağanüstü kurak olup, geriye kalan aylar ise aşırı kuraktır.

CLIGEN'e ait 9 aylık SPI serisinde meydana gelen kuraklıklar, gözlenen seri ile eş zamanlı olarak meydana gelmiştir. Toplam kuraklık süresi 285 ay olup, farklı şiddette kuraklığın olma ihtimali ise gözlenen değerlere çok yakındır (Çizelge 4). 1972 yılının ocak-şubat-nisan aylarında aşırı kuraklık, mart ayında olağanüstü kuraklık daha sonraları yerini hafif kuraklığa bırakmıştır. 1974 yılında ise, şubat-mart-ekim aylarında olağanüstü kuraklık görülmüş olup, diğer aylarda ise aşırı ve orta kuraklık meydana gelmiştir. 1971 yılının ekim ayında başlayan kuraklık, şiddetini artırarak 45 ay devam etmiştir (Şekil 4-b).

Çizelge 4. Gözlenen ve CLIGEN'e ait 9 Aylık SYI değerleri**Table 4.** 9 Monthly SYI values of observed and CLIGEN climate model

| SYI Değerleri | Sınıflandırılması | Gözlenen SYI | Olasılığı | CLIGEN SYI | Olasılığı |
|--------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| 0.0 ve (-0.50) | Hafif Kurak | 117 | 41 | 112 | 39 |
| (-0.50) ve (-0.99) | Orta Kurak | 74 | 26 | 81 | 28 |
| (-1.0) ve (-1.49) | Şiddetli | 54 | 19 | 50 | 18 |
| (-1.50) ve (-1.99) | Aşırı Kurak | 26 | 6 | 24 | 8 |
| (-2.0) ve altı | Olağanüstü Kurak | 16 | 9 | 18 | 6 |
| | TOPLAM | 287 | | 285 | |

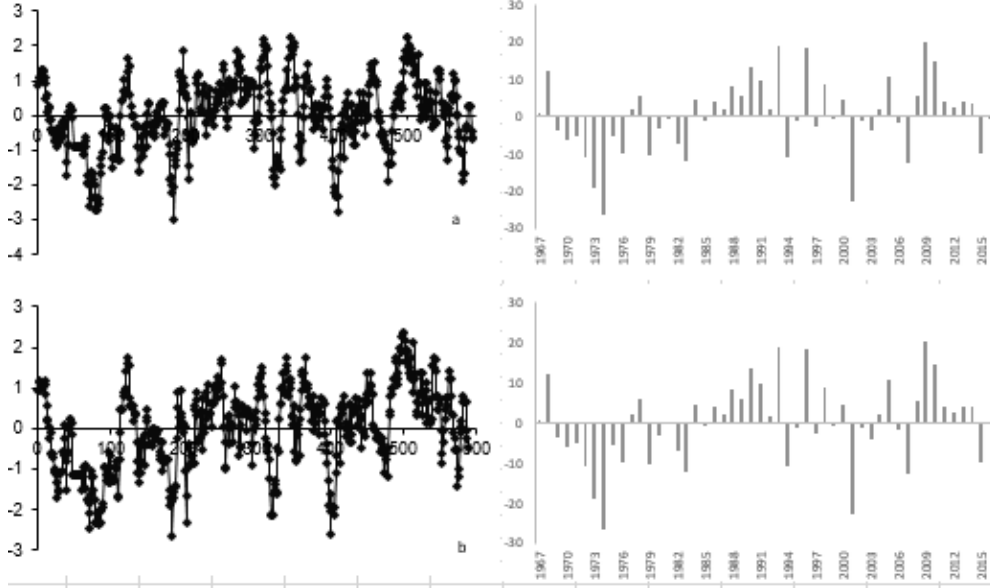
**Şekil 4.** 9 aylık SYI verilerinin grafiksel olarak gösterilmesi. a: Gözlenen yağışlar, b:CLIGEN yağışlar**Figure 4.** Graphical representation of 9-month SYI data a.Observed percipitation b.CLIGEN precipitation

Gözlenen yağışlara ait 12 aylık SYI serisi incelendiğinde, kurak dönemlerin çoğu CLIGEN ile eş zamanlı olmakla birlikte, bazı dönemlerde daha fazla görülmektedir. 589 ay içerisinde toplam kuraklık süresi 281 aydır (Çizelge 5). Hafif ve orta şiddette kuraklığın fazla olduğu bu seride en şiddetli kuraklık 1974 ve 2001 yıllarında meydana gelmiştir (Şekil 5-a). 1971 yılının kasım ayında hafif şiddette başlayan kuraklık, 1973 yılının eylül-ekim-kasım aylarında olağanüstü seviyeye çıkmıştır ($SYI < -2.00$). Bu durum, 1974 yılının mayıs ayından kasım ayına kadar devam etmiştir. 2001 yılına kadar hafif ve orta şiddette devam eden kuraklık, bu yılın mayıs ayından ekim ayının sonuna kadar şiddetini artırarak devam etmiştir (Şekil 5-a).

Çizelge 5 incelendiğinde, CLIGEN yağışlarına ait 12 aylık SYI serisinde de benzer durum söz konusudur. 589 ay içerisinde toplam kuraklık süresi 263 aydır. Gözlenen yağışların aksine, bu yağış serisinde şiddetli ve aşırı şiddetli kurak aylar fazladır (Çizelge 5). 1971 yılının kasım ayında hafif şiddette başlayan kuraklık, şiddetini artırarak 1974 yılına kadar devam etmiştir (Şekil 5-b). 1973 yılının eylül-ekim-kasım ayları olağanüstü kurak dönemi oluşturmaktadır ($SYI < -2.00$). 1974 yılı ise, aşırı şiddetli kuraklık ile başlamış olup, mayıs ayından kasımın sonuna kadar olağanüstü kuraklık ile devam etmiştir. Hafif şiddette devam eden kuraklık, 2001 yılının şubat-mart aylarında aşırı; nisan-ekim aylarında olağanüstü kuraklık olmak üzere etkisini artırarak devam etmiştir (Şekil 5-b).

Çizelge 5. Gözlenen ve CLIGEN'e ait 12 Aylık SYI değerleri**Table 5.** 12 Monthly SYI values of observed and CLIGEN climate model

| SYI Değerleri | Sınıflandırılması | Gözlenen SYI | Olasılığı | CLIGEN SYI | Olasılığı |
|--------------------|-------------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| 0.0 ve (-0.50) | Hafif Kurak | 111 | 40 | 85 | 32 |
| (-0.50) ve (-0.99) | Orta Kurak | 81 | 29 | 68 | 26 |
| (-1.0) ve (-1.49) | Şiddetli | 43 | 15 | 57 | 22 |
| (-1.50) ve (-1.99) | Aşırı Kurak | 25 | 9 | 33 | 13 |
| (-2.0) ve altı | Olağanüstü Kurak | 21 | 8 | 20 | 8 |
| | TOPLAM | 281 | | 263 | |

**Şekil 5.** 12 aylık SYI verilerinin grafiksel olarak gösterilmesi. a: Gözlenen yağışlar, b:CLIGEN yağışlar**Figure 5.** Graphical representation of 12-month SYI data a.Observed precipitation b.CLIGEN precipitation

4. Sonuç

Bu çalışmada, Tokat iline ait uzun süreli yağış verileri kullanılarak CLIGEN ile simülasyonu yapılmıştır. Kuraklık analizinde ve kuraklığın izlenmesinde yeni bir yöntem olarak sunulan Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile hem gözlenen hem de CLIGEN'e ait yağış verilerinin kuraklık oluşumları 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlar için analiz edilmiştir. Bu şekilde modelin Tokat iklim şartlarında kuraklık ve nemlilik durumunu tespit etme performansı değerlendirilmiştir.

Hem gözlenen hem de simüle edilen aylık yağışlara göre, Tokat ilinde kuraklık eğilimi hafif ve orta şiddette kuraklık arasında kalmıştır. Gözlenen yağış verileri için şiddetli, aşırı ve olağanüstü kuraklık toplamları dikkate alındığında, kuraklığın 3 aylık dönemler için %15-17; 6 aylık dönemler için %13-8; 9 aylık dönemler için %19-6 ve 12 aylık dönemler için ise %15-8 arasında değiştiği görülmektedir.

CLIGEN ile simüle edilen yağış verileri içinde benzer kuraklık eğilimi söz konusudur. Tüm SYI serilende, hafif ve orta şiddette kuraklığın hakim olduğu görülmektedir. Şiddetli, aşırı ve olağanüstü kuraklık toplamları dikkate alındığında: 3 aylık dönemler için %19-14; 6 aylık dönemler için %16-6; 9 aylık dönemler için %18-6 ve 12 aylık dönem için ise %22-8 arasında değişmektedir.

Hem gözlenen hem de CLIGEN ile simüle edilen yağış verilerine ait kuraklıklar yaz aylarında görülebildiği gibi, kış aylarında da görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, Tokat ilinde orta şiddetin üzerinde bir kuraklığın görülme riskinin her zaman var olduğu gerçeğini göstermektedir.

CLIGEN ile simüle edilen kuraklık değerleri, gözlenen verilere oldukça benzer bulunmuştur. Bulunan bu sonuçlar, modelin Tokat iklim şartlarında performansının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Hem gözlenen hem de simülasyon sonucu elde edilen kuraklık indeks değerleri dikkate alınarak taşkınların önlenmesi, su kaynaklarının etkin kullanılması ve tarımsal üretim faaliyetlerinin olası kuraklıktan etkilenme düzeyini en aza indirgenmesi sağlanmalıdır.

5. Kaynaklar

- Dalezios, N.R., Loukas, A., Vasiliades, L., Liakopoulos, E., 2000. Severity-duration-frequency analysis of droughts and wet periods in Greece. *Hydrol. Sci. J.* 45, 751–769.
- Gathara, S.T., Gringof, L.G., Mersha, E., Ray, K.C.S., Spasov, P., 2006. Impacts of desertification and drought and other extreme meteorological events. *CAGM Rep.* 101.
- Juliani, B.H.T., Okawa, C.M.P., 2017. Application of a Standardized Precipitation Index for Meteorological Drought Analysis of the Semi-Arid Climate Influence in Minas Gerais, Brazil. *Hydrology* 4, 26.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, in: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. American Meteorological Society Boston, MA, pp. 179–183.
- Nearing, M.A., Jetten, V., Baffaut, C., Cerdan, O., Couturier, A., Hernandez, M., Le Bissonnais, Y., Nichols, M.H., Nunes, J.P., Renschler, C.S., 2005. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *Catena* 61, 131–154.
- Ogallal, L.A., 1994. Drought and desertification: an overview. *Bull. World Meteorol. Organ.* 43, 18–21.
- Turgu, E., Eskioğlu, O., ÖZ, Ö., UĞURLU, A., n.d. Farklı Zaman Ölçeklerindeki Standart Yağış İndekslerinin Havza Bazında Değerlendirilmesi.
- Valipour, M., 2016. How much meteorological information is necessary to achieve reliable accuracy for rainfall estimations? *Agriculture* 6, 53.
- Valipour, M., 2013. Use of surface water supply index to assessing of water resources management in Colorado and Oregon, US.
- Valipour, M., 2013. Necessity of irrigated and rainfed agriculture in the world. *Irrig. Drain. Syst. Eng* S9.
- Van Loon, A.F., 2015. Hydrological drought explained. *Wiley Interdiscip. Rev. Water* 2, 359–392.
- Wei, W., Chen, L., Zhang, H., Yang, L., Yu, Y., Chen, J., 2014. Effects of crop rotation and rainfall on water erosion on a gentle slope in the hilly loess area, China. *Catena* 123, 205–214.
- Yeğnidemir, M.K., 2005. İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Yu, B., 2005. Adjustment of CLIGEN parameters to generate precipitation change scenarios in southeastern Australia. *Catena* 61, 196–209.
- Yürekli, K., Anlı, S., 2008. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Karaman İli Kuraklığının Analizi, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltı suyu ve Kuraklık Konferansı, 246-251, Konya, Türkiye, 2008.