

ULUSLARARASI SOSYAL ARAŐTIRMALAR DERĐİŐİ THE JOURNAL OF INTERNATIONAL SOCIAL RESEARCH

Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi / The Journal of International Social Research
Cilt: 13 Sayı: 71 Haziran 2020 & Volume: 13 Issue: 71 June 2020
www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ KULLANILARAK SİVAS İL'İNDE KURAKLIK ANALİZİ DROUGHT ANALYSIS FOR SIVAS PROVINCE USING STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX

Murat KARABULUT*

Öz

Kuraklık, iklimin normal ve tekrarlayan bir özelliği olup tüm iklim bölgelerinde görülür, ancak özellikleri bölgeden bölgeye önemli ölçüde değişir. Ortaya çıkardığı çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri nedeniyle üzerinde durulması en önemli doğal olayların başında gelir. İç Anadolu bölgesi, Türkiye'de sık sık kuraklık koşullarını içeren yağış değişikliklerine duyarlı bölgelerden biridir. Bu çalışmada, İç Anadolu bölgesinde yer alan Sivas İl'inde 1964-2018 periyodu boyunca çeşitli zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 12 aylık) kuraklık olayları incelenmiştir. Kuraklık koşullarını belirlemek için Standart Yağış İndeksi (SPI) ve kümülatif sapma eğrisi teknikleri kullanılmıştır. Sonuçlar, çalışma alanında nemli ve kurak dönemlerin döngüsel bir karakter gösterdiğini ortaya koymuştur. Ancak son zamanlarda kurak koşulların frekanslarında artma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yağış serilerinin analizleri, bölgenin yağış özelliklerinin dikkate alınan kayıt dönemi için uzun süreli ve sık kuraklık olayları ile karşılaştığını göstermektedir. Araştırma sahasının bir kısmında yıllık yağış toplamalarında önemsiz düzeyde bir azalma gerçekleşmiş olsa da yağış paterninin değiştiği anlaşılmaktadır. Kümülatif sapma ve SPI sonuçları, 1964-2018 döneminde Sivas İl'inde önemli sayıda kurak periyodun yaşandığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlara göre son on yılda yağışlar istasyonların tamamında azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişkenliği, Kuraklık, Standart Yağış İndeksi, Sivas.

Abstract

Drought is a normal and recurrent feature of the any climate and happens in all climatic regions, but its characteristics vary substantially from region to region. Because of its environmental and socio-economic results, it is one of the most important natural events to focus on. Central Anatolia region, is one of the sensitive to precipitation changes, including drought conditions in Turkey. In this study, drought events in various time scales (1, 3, 6, 12 months) were examined in Sivas Province in the Central Anatolian region during the period 1964-2018. Standardized Precipitation Index (SPI) and cumulative deviation curve methods were used to assess drought conditions. The results revealed that moist and dry periods show a cyclical character in the study area. However, it has recently been determined that dry conditions tend to increase in their frequencies. Analyzes of precipitation series used in this study show that long-term and frequent drought events are encountered for the recording period in which the precipitation characteristics of the region are taken into consideration. It is understood that although there is a slight decrease in annual precipitation totals in a part of the research area, the precipitation pattern has changed. Cumulative deviation and SPI results reveal that a significant number of arid periods were experienced in Sivas Province in the 1964-2018 period. According to these results, precipitation has decreased in all stations in the last ten years.

Keywords: Climate Variability, Drought, Standard Precipitation Index, Sivas.

* Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, mkarabulut@ksu.edu.tr

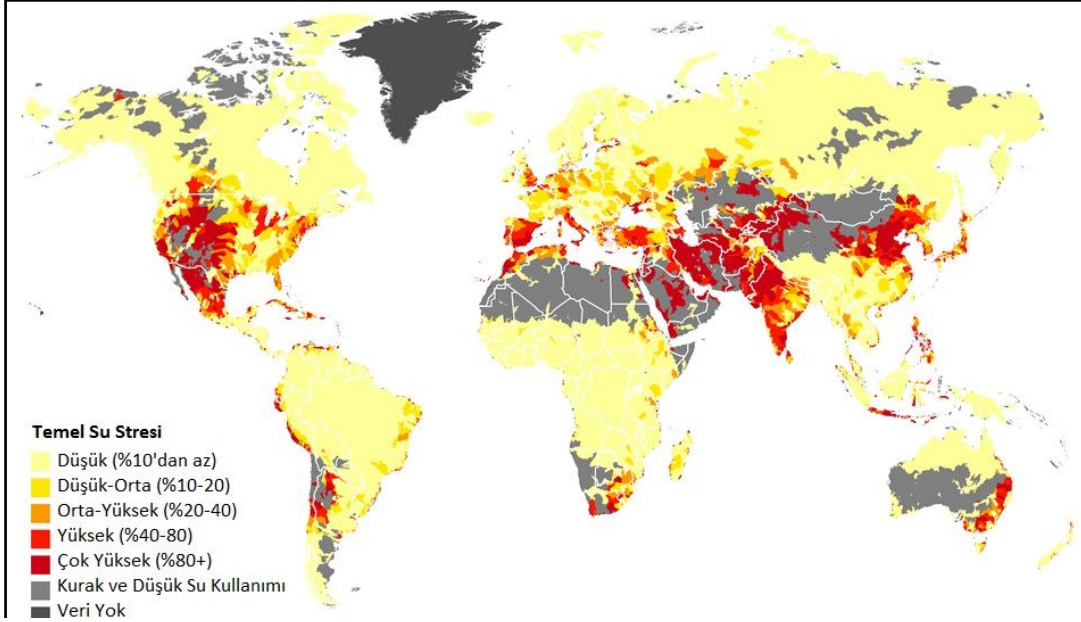


1. GİRİŞ

Sıcaklık artışı ve yağış düzeninin bozulması şeklinde ifade edilen Küresel iklim değişikliği düşüncesi Dünyada geniş çapta kabul görmeye başlamıştır. Yağış paterni değişim senaryoları kuraklık riskinin birçok bölgede artacağını göstermektedir (Türkeş, 2001, 197; Beniston, 2007, 743). Kuraklık, dünya tarihi boyunca ekonomik zarar açısından en yaygın ve en maliyetli doğal afetlerden birisi olmuştur. Son otuz yılda, dünyada bir dizi kuraklık meydana gelmiş (1989 yılı gibi) ve büyük çapta maddi ve diğer zararlara neden olmuştur. Küresel ölçekte gözlenen sıcaklık artış eğilimi nedeniyle kuraklık riskine ilişkin endişeler artmaktadır (Şekil 1). Kuraklığın insan faaliyetleri üzerindeki önemli etkileri nedeniyle, bu fenomen iklim bilimcilerin anlamaya çalıştığı konuların başında gelmektedir (Türkeş, 2001; Bordi vd., 2001; Türkeş, 2003; Sırdaş ve Şen, 2003; Karabörk, 2007; Türkeş ve Tatlı, 2009; Türkeş, 2011; Tabari vd., 2012).

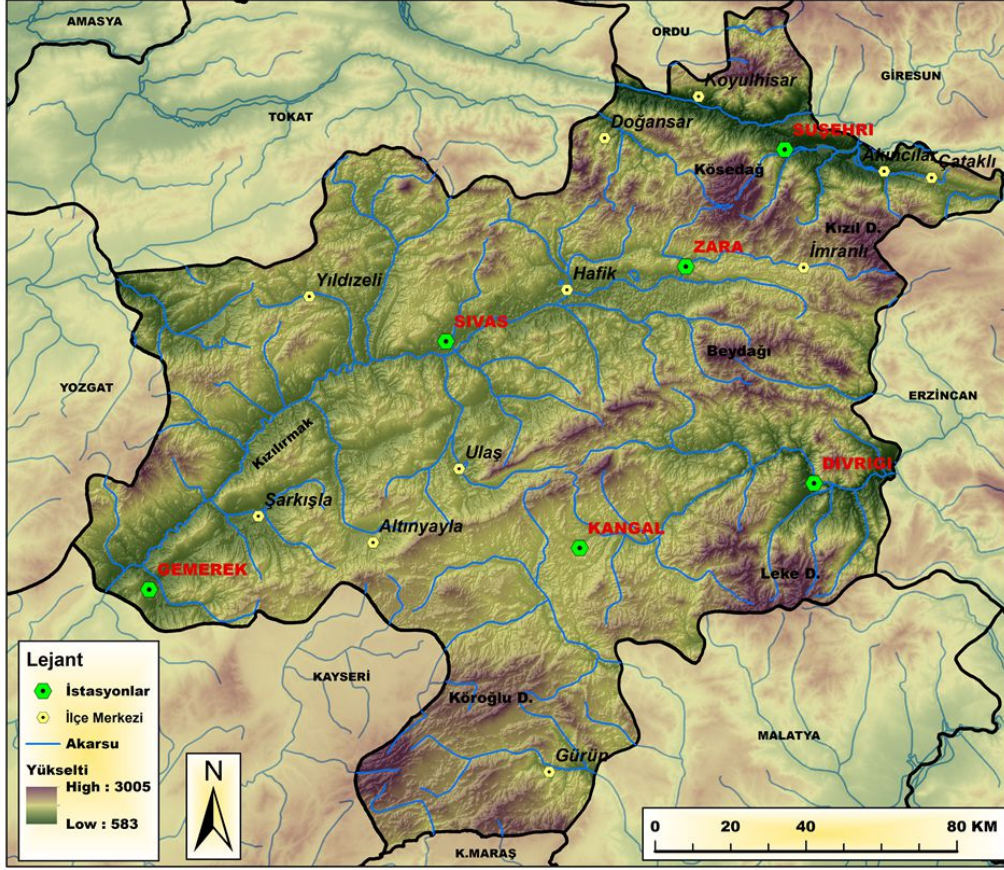
Kuraklık, iklimin normal ve tekrarlayan bir özelliğidir. Tüm iklim bölgelerinde görülür, ancak özellikleri bölgeden bölgeye önemli ölçüde değişir. Düşük yağış alanlarında iklimin kalıcı bir özelliği olan aridite kavramından farklıdır. Bu nedenle kuraklığı tanımlamak zordur (Redmond, 2002, 1143). Birleşmiş Milletler kuraklığı "Yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay" şeklinde tanımlamaktadır (BMÇMS, 1997; MGM). Kuraklık göreceli bir kavramdır, bu nedenle tanımı ne olursa olsun, kuraklığın sadece fiziksel bir olgu olarak görülemeyeceği, ancak toplum üzerindeki etkileri ile ilgili olarak ele alınması gerektiği bir gerçektir.

Yinelenen iklim koşulları olan kuraklıklar Türkiye'nin birçok yerinde (Koçman vd., 1995; Kömüştü ve Erkan, 2001; Pamuk vd., 2004; Türkeş vd., 2009; Türkeş, 2001) ve Dünyanın birçok bölgesinde görülür (Khalil ve El-Kadi, 2001; Khan vd., 2008). Bu doğal süreç önemli ölçüde su kıtlığı, ekonomik kayıplar ve daha kötü sosyal sonuçlar doğurmaktadır (Sönmez vd., 2005, 244; Karabörk, 2007, 45). Beklenmedik sonuçlardan kaçınmak için kuraklığa hazırlık ulusal çevre politikalarının önemli bir parçası olmalıdır (Khan vd., 2008, 175). Kuraklığın etki düzeyi normal iklim koşullarına, mevcut su kaynaklarına, tarımsal uygulamalara ve bölgenin çeşitli sosyo-ekonomik durumuna bağlı olarak bir yerden diğerine değişir. Bilim adamları kuraklığı tanımlamak, analiz etmek ve karmaşık doğasını göstermek için çeşitli teknikler ve bakış açıları kullanırlar (Dracup vd., 1980, 298; Wilhite ve Glantz, 1995; Sönmez, vd., 2005, 244; Khan vd., 2008). Birçok çalışmaya göre, meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik olmak üzere dört çeşit kuraklık vardır. Meteorolojik kuraklık, bir alanda uzun zaman yağış ortalamasında %25'ten fazla yağış düşüşünün olduğu bir durum olarak tanımlanabilir. Hidrolojik kuraklık ise yeraltı sularının, rezervuarların, göllerin, akarsuların, nehirlerin su seviyesinin normalin altına düşmesine neden olan uzun vadeli meteorolojik kuraklıkların bir sonucu olarak ortaya çıkar. Tarımsal kuraklık, sağlıklı ürün büyümesini desteklemek için büyüme mevsimi boyunca toprak nemi yetersiz olduğunda meydana gelir (belirli bir zamanda belirli bir mahsulün ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli toprak nemi olmadığında meydana gelir). Bu tür bir kuraklık meteorolojik bir kuraklıktan sonra gerçekleşir, çünkü tarım genellikle kuraklıktan etkilenen ilk ekonomik sektördür. Son olarak, sosyoekonomik kuraklık, bazı ekonomik malların arz ve talebini meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık unsurlarıyla ilişkilendirir. Diğer bir ifade ile sosyo-ekonomik kuraklık, meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklıkların sosyo-ekonomik sonuçlarının özelliklerine işaret etmektedir (Wilhite ve Glantz, 1995, 4; Sönmez, vd., 2005, 244). Bu etkiler fiyat enflasyonu, kıtlık, kitlesel göç ve siyasi istikrarsızlıkları içerebilir. Su kıtlığı insanları etkilemeye başladığında ve su talebi arzı aştığında ortaya çıkar. Öte yandan kuraklık, ekonominin birçok kesimini etkileyen çeşitli sonuçlar yaratır. Bunun nedeni, suyun mal üretme ve hizmet sunma kabiliyetimizin ayrılmaz bir parçasıdır. Kuraklığın etkileri genellikle ekonomik, çevresel ve sosyal olarak kategorize edilir. Aslında her tür kuraklığın önemi esas olarak etkili olduğu bölgenin coğrafi özelliklerine bağlıdır.



Şekil 1. Dünya temel su stresi haritası (Dünya Kaynakları Enstitüsü, 2020; <https://www.wri.org/>)

Son yıllarda yapılan çalışmalar Türkiye'nin kış mevsiminde önemli ölçüde azalan yağış eğilimi ile karşı karşıya olduğunu tespit etmiştir (Türkeş, 2009; Karabulut, 2009). İç Anadolu bölgesinin doğusunda yer alan çalışma alanı, kısa ve uzun süreler boyunca güçlü kuraklık koşulları yaşama olasılığı yüksek alanlar arasındadır (Kızılelma ve Karabulut, 2015). Çalışma alanının iklimi sıcak ve kurak yazlar, soğuk ve kar yağışlı kışlar ile karakterize olur. Saha bazen mevsimsel ve yıllık yağışlarında aşırı iklimsel değişikliklere maruz kalır ve bu da tekrarlayan kuraklık ve sellere neden olur. Kuraklık olayları nedeniyle bitki örtüsü ve diğer doğal kaynaklar kolayca zarar görür. Özellikle kuraklık düşük mahsul verimi, arazi bozulması ve daha kısa vejetasyon süresi gibi sayısız sonuçla ilişkilidir. İç Anadolu bölgesinde gözlenen yağış değişkenliklerinin yerel düzeyde etkisini ortaya koymak amacıyla, bu çalışmada, 1964-2018 periyodunda bölgede bulunan Sivas İl'inde kuraklık durumu incelenmiştir (Şekil 2). Çalışma alanı su ihtiyacını yüksek ölçüde yağışlardan sağlamaktadır. Yağış durumu değerlendirildiğinde yaz mevsiminde en düşük seviyelere düştüğü, ilkbahar mevsiminde ise maksimum seviyelere ulaştığı anlaşılmaktadır. Çalışma bölgesinde, tarım, sanayi ve konutlarda tüketilen suyun önemli bir bölümü rezervuarlardan ya da yeraltı suyu kaynaklarından temin edilmektedir. Zirai açıdan değerli tarım arazilerine sahip olan çalışma sahası, yakın dönemlerde gerçekleşen anormal ve tehlikeli iklimsel ekstremler sebebiyle su kaynakları üzerinde belirginleşen riski önemli ölçüde hissetmeye başlamıştır. O nedenle son beş yıllık dönem boyunca ortaya çıkan şiddetli ve sürekli kuraklık koşulları su ihtiyacını artırmış ve var olan kaynakların limitlerinin zorlamasına neden olmuştur. Bu tip iklimik varyasyonlar çalışma alanının iklim değişkenliklerine karşı hem hassas hem de savunmasız olduğunu ortaya koymaktadır. Bilhassa yaz mevsiminde değişkenliğin belirginleşmesi beklenmedik sonuçların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Kuraklıktan kaçınmak mümkün değildir, ancak kuraklığa hazırlık yapılabilir ve etkileri yönetilebilir. Her ikisinin başarısı, diğerlerinin yanı sıra kuraklıkların ne kadar iyi tanımlandığına ve kuraklık özelliklerinin ne kadar iyi ölçüldüğüne bağlıdır (Smakhtin ve Hughes, 2004). Son yıllarda çalışma alanındaki su ve diğer doğal kaynaklara olan talebin artması kuraklık etkilerinin doğru belirlenmesi ve kuraklık olaylarının izlenmesi ve raporlanması ekonomik açıdan ve çevreye duyarlı alanlarda kritik öneme sahiptir. Bu nedenle Sivas İlinde kuraklık koşullarının değerlendirilmesi önemlidir. Hedeflerimize ulaşmak için, farklı zaman ölçeklerinde kuraklık özelliklerini belirlemek amacıyla 1964-2018 periyodunu kapsayan veriler kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır.

2. MALZEME VE METOT

Bu çalışmada, 1964-2018 dönemi için Sivas, Zara, Kangal, Gemerek, Divriği ve Suşehri meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen yıllık ve aylık yağış toplamları kullanılmıştır (Tablo 1). Günlük yağış verileri ilk olarak aylık ve yıllık değerlere dönüştürülmüştür. Daha sonra, ortalama ya da genellikle ortalamadan negatif mesafe olarak tanımlanan kuraklık koşullarını inceleyebilmek için 1964-2018 dönemi için ortalama yağış miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen ortalama değerler kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık SPI değerleri hesap edilmiştir.

Tablo 1: Gözlemlerinden yararlanılan istasyonların özellikleri

İstasyon Adı	Yükselti (m)	Gözlem Aralığı	Enlem	Boylam	Coğrafi Bölge
SİVAS	1294	1964-2018	39,7437 K	37,0020 D	İç Anadolu
ZARA	1338	1964-2018	39,8928 K	37,7473 D	İç Anadolu
GEMEREK	1182	1964-2018	39,1850 K	36,0805 D	İç Anadolu
KANGAL	1521	1964-2018	39,2428 K	37,3890 D	İç Anadolu
DİVRİĞİ	1121	1964-2018	39,3618 K	38,1142 D	Doğu Anadolu
SUŞEHİRİ	1164	1970-2018	40,1623 K	38,0752 D	Doğu Karadeniz



Çalışmada, verileri kullanılan meteoroloji istasyonlarının yeri ölçüm periyodu süresince hiçbir zaman değişmemiş olmasına rağmen veri setinin kullanılan metoda uygunluğunu test etmek amacıyla parametrik olmayan Thom's homojenlik testi, yıllık yağış değerleri için hesap edilmiştir (Lazaro vd., 2001, 376). Bu testin amacı, olayların ortaya çıkış sırasında bir olağanüstülüğün olup olmadığını test etmektir. Sonuçlar %95 güven aralığında yağış verilerinin istatistiksel olarak homojen olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle yağış verileri homojen kabul edilerek çalışmada herhangi bir düzeltme yapmadan kullanılmıştır (Karabulut, 2015).

Bireysel sapmalar olarak adlandırılan ortalamadan sapmalar, yağış değişkenliği hakkında ipuçları sundukları ve farklı zaman serilerinden veriler arasında karşılaştırmaya izin verebildikleri için hesaplanmıştır (Lazaro vd., 2001, 278; Tosic ve Ukasevic, 2005, 69). Daha sonra yağış eğilimlerini incelemek için ve olası dalgalanmaların varlığının tespit edilebilmesi için istatistiksel bir prosedür olan kümülatif sapma eğrileri üretilmiştir. Bu yöntem serideki ani olmayan değişikliklerin belirlenmesi için kullanışlıdır. Nemli ve kurak dönemlerin belirlenmesinde önemli ipuçları verebilir. Ayrıca bu yöntem oldukça değişken iklim eğilimlerini analiz etmek için kullanışlıdır (Karabulut, 2015).

Belirli bir alandaki kuraklık durumunun nesnel değerlendirmesi, gelecekteki olayların olumsuz etkilerini önlemek ve azaltmak için su kaynaklarını planlamanın ilk adımıdır. Bu amaçla, yıllar boyunca, su arz açığını yağış kıtlığının süresine göre değerlendirmek için çeşitli endeksler geliştirilmiştir (Keyantash ve Dracup, 2002, 1169; Heim, 2002, 1151). Bunlardan bazıları Normal Yüzdesi, Standart Yağış İndeksi (SPI), Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI) ve Tahıl Nem İndisi (CMI)'dir. Genellikle bu indisler yağış miktarına dayanır ve gerçek yağışların tarihsel olarak ortaya çıkmış olan ortalamasından sapmaları ölçer. Bazıları bunun yerine sıcaklık, buharlaşma veya toprak nemi gibi diğer iklimsel değişkenleri de dikkate alır. Bununla birlikte, genellikle farklı hidrolojik dengeleri olan farklı alanların kuraklık koşullarını karşılaştırmak istiyorsak, bir endeksin en önemli özelliği standardizasyonudur. Bu amaçla, SPI en güçlü endeks gibi görünmektedir. Standart bir endekstir ve yukarıda belirtilen tüm kuraklıkları izlemek için farklı zaman ölçeklerinde hesaplanabilir. SPI, McKee vd., (1993 ve 1995) tarafından iklim değişkenliğini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Bu teknik, istenen zaman aralıklarında uzun vadeli yağış verileri kullanılarak hesaplanabilmektedir (Khan vd., 2008, 161). Standart Yağış İndeksi (SPI) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$DI(SPI) = \frac{(X_i - X_{ort})}{SD} \quad (1)$$

Burada, DI kuraklık indisi, X_i yağış, X_{ort} uzun dönem yağış ortalaması ve SD ise standart sapmayı ifade etmektedir.

Kuraklık analizleri sırasında SPI'nin kullanımından bir dizi avantaj ortaya çıkar. Her şeyden önce, indeks basittir ve sadece yağış miktarına dayanır, böylece değerlendirmesi oldukça kolaydır. İkincisi, indeks kesinlikle keyfi olmakla birlikte, tipik olarak en sık görülen dört kuraklık türünü (meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik) de tanımlanan zaman ölçeklerindeki belirlemeyi mümkün hale getirir. Üçüncüsü, indeks coğrafi konumdan bağımsız olarak (aynı yerdeki ortalama yağışa göre hesaplanan) hem kurak dönemleri hem de nemli dönemleri benzer şekilde tanımlama yeteneğine sahiptir. Ancak düşük yağışlı bölgelerde indeksin çok kısa süreler (1 veya 2 aylık ölçekte) için uygulanması durumunda hem pozitif hem de negatif SPI değerlerini yanıltıcı şekilde verebilir.

SPI değerleri, tarihsel olarak bölgedeki kuraklık seviyesini 1, 3, 6, 12 veya 24 aylık yağış toplamalarını kullanarak belirleyebilir. SPI değerlendirmeleri, çalışmada kullanılan zaman ölçeğine göre farklılık gösterebilir. Örneğin, 1 aylık SPI toprak nemi ile ilişkili olabilecek kısa vadeli kuraklık koşullarını yorumlamak için kullanılabilir. Öte yandan, 3 aylık SPI değerleri mevsimsel yağış tahminine imkân sağlarken, 6 ve 9 aylık SPI yağış koşullarında meydana gelen mezo-ölçek eğilimleri gösterir (Wu vd., 2001, 746). Son olarak, 12 aylık SPI'ler ise uzun vadeli yağış dalgalanmalarını ortaya koyar. Aylar ya da haftalar gibi kısa süreli olanlar tarımsal uygulamalar için önemli olabilirken, yıllar gibi uzun vadeli koşullar akarsu akışları, baraj ve hatta yeraltı suyu seviyeleri gibi su temini yönetim sistemleri için hayati önem taşıyabilir.

SPI değerlerini çeşitli kategorilerde sınıflandırmak mümkündür (Tablo 2). SPI, negatif değerlerin kuraklığı, pozitif değerlerin ise nemli koşulları ortaya koyduğu boyutsuz bir indekstir (McKee vd., 1993; Giddins vd., 2005, 38).



Tablo 2. SPI değerleri ve karşılık gelen kuraklık kategorileri.

SPI Değerleri	SPI Sınıfları
2,0 +	Ekstrem Nemli
1,50 _ 1,99	Çok Nemli
1,0 _ 1,49	Orta Derecede Nemli
0,5 _ 0,99	Normale yakın
0,0 _ 0,49	Normal
0,0 _ -0,49	Normal
-0,5 _ -0,99	Normale yakın
-1,0 _ -1,49	Orta Derecede Kurak
-1,5 _ -1,99	Şiddetli Kurak
-2,0 ve daha küçük	Ekstrem Kurak

3. BULGULAR

İç Anadolu bölgesinde yer alan Sivas ili arazisi çoğunlukla Yukarı Kızılırmak Bölümünde yer alır (İl topraklarının küçük bir kısmı ise Yeşilirmak ve Fırat havzaları içerisindedir) ve 28,164 km² alan kaplar. Yer şekilleri yönünden genel olarak dağlık, platoluk ve ovalık alan olmak üzere üç bölüme ayrılır. İlin kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve güneydoğu bölümleri dağ sistemleri ile çevrelenmiştir. Ergin ve Buldur'un (2016) yaptığı hesaplamalara göre Sivas İlinin yaklaşık %19'u düzlük ve ovalık alanlardan, %18'i platoluk ve %63'ü ise tepelik ve dağlık alanlardan meydana gelmektedir. Çalışma alanında yükselti Yeşilirmak vadisinde 580 m civarında başlayarak Kızıldağ'da 3000 m'nin üzerine çıkar (Şekil 1).

Köppen iklim sınıflama sistemine göre Dsb iklim zonunda bulunan araştırma sahasında sıcak yazlar ve soğuk kışlar hâkim koşulları oluşturur. İl genelinde iklimin zaman ve mekân ölçeklerindeki durumu oldukça kompleks olup birçok yerel ve global coğrafi faktörden etkilenir. Kış mevsiminde çoğunlukla Sibiryaya yüksek basıncının etkisi altında kalmasıyla birlikte çalışma sahasında sıcaklık önemli ölçüde düşer. Yaz mevsiminde ise basınç merkezlerinin alan değiştirmesi sonucunda Muson alçak basıncının tesiri altına giren bölgede sıcaklık artar. Çalışma alanının kuzeyinde Karadeniz etkisi hissedilirken Doğu Anadolu bölgesi sınırları içerisinde kalan bölümlerde yükselti ve topoğrafyanın etkisiyle karasallığın şiddeti daha da artar. Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemine göre ise çalışma alanı genel olarak *Yarı Kurak az nemli 1. derece mezotermal su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan denizel şartlara yakın iklim* tipine dâhildir (Tablo 3 ve Şekil 3). Ancak farklı olarak Zara Yarı nemli, Kangal ise 2. Derceden Mikrotermal iklim grubunda yer alır.

Tablo 3. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanındaki istasyonların iklim sınıfı (MGM).

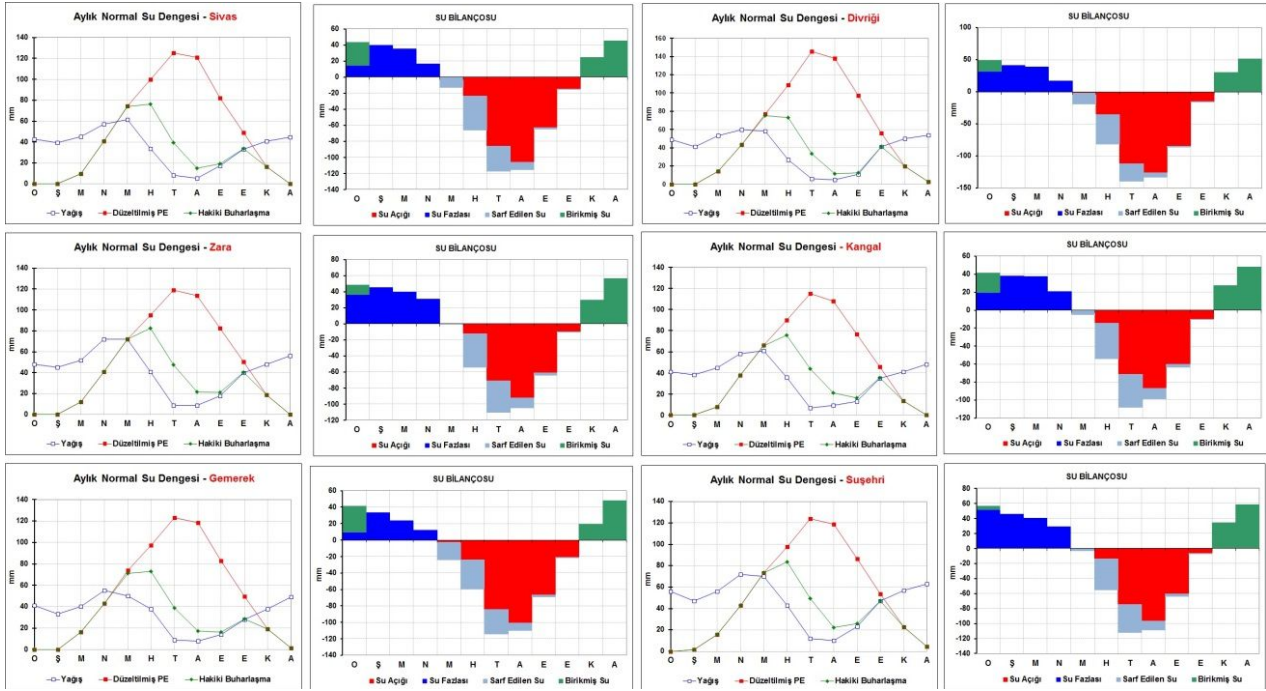
İstasyonlar	İklim Sınıfı	İklim Özellikleri
Sivas	C1,B'1,s,b'2	Yarı Kurak az nemli 1. derece mezotermal su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan denizel şartlara yakın iklim tipi
Zara	C2,B'1,s2,b'3	Yarı nemli 1. derece mezotermal Su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan tali iklim denizel şartlara yakın iklim tipi
Gemerek	C1,B'1,s,b'2	Yarı Kurak az nemli 1. derece mezotermal su fazlası kış mevsiminde çok kuvvetli olan denizel şartlara yakın iklim tipi
Kangal	C1,C'2,s2,b'2	Yarı kurak az nemli 2. derece mikrotermal su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan denizel şartlara yakın iklim tipi
Divriği	C1,B'1,s,b'2	Yarı kurak az nemli 1. derece mezotermal Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan denizel şartlara yakın iklim tipi
Suşehri	C1,B'1,s,b'3	Yarı kurak az nemli 1. derece mezotermal Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan denizel şartlara yakın iklim tipi

Yıl içerisinde yağışlar eşit bir şekilde dağılmamıştır. Yılın büyük bir bölümünde genellikle cephesel sistemlere bağlı olan yağışlar, yaz mevsiminde ise konvektif süreçler sonucunda gerçekleşir. O nedenle, düşen yağış miktarı küresel süreçlerle birlikte yerel coğrafi koşulların da etkisinde kalır. Evapotranspirasyon maksimumlarına yaz mevsiminde ulaşılırken, minimum değerlere ise kış mevsiminde rastlanır. Yağış maksimumları nisan ve mayıs aylarında gerçekleşirken, minimum değerlere temmuz ve ağustos aylarında gerçekleşir. Öte yandan en yüksek sıcaklıklar temmuz ayında ortaya çıkarken, minimum değerler ise ocak ayında meydana gelir.

İstasyonların tamamında da su temini büyük ölçüde yağışa bağlıdır. Yağışlar, yaz aylarında çok sınırlı iken (ortalama olarak Sivas 49,15 mm, Zara 59,42 mm, Divriği 31,76 mm, Gemerek 47,02 mm, Kangal 51,95 mm ve Suşehri 51,71 mm) İlkbahar aylarında en yüksek seviyesine ulaşır (Sivas 166,55 mm, Zara 205,08



mm, Divriği 135,60 mm, Gemerek 144,92 mm, Kangal 162,13 mm ve Suşehri 146,79 mm). Çalışma alanında yaz aylarında sulama, ev ve sanayi için kullanılan suyun çoğu barajlardan ve yeraltı sularından sağlanır.



Şekil 3. Çalışma alanındaki bazı istasyonların su bilançoları.

Yıllık, mevsimsel ve aylık yağış miktarlarının istatistiksel özellikleri Tablo 4'te verilmiştir. Betimsel istatistik sonuçlarına göre, aylık düzeyde hiçbir istasyonun varyans katsayısının (CV) %40'ın altına düşmemesi çalışma alanında yağış değişkenliğinin çok yüksek olduğu anlamına gelir. Zara istasyonun diğer lokasyonlara göre nispeten daha dengeli bir yağış dağılımına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Yaz aylarında ise istasyonların hepsinde CV değerleri %100'ün üzerine çıkmıştır. Bu durum ise yaz mevsiminde alanda ciddi su noksanının meydana gelebileceğine işaret etmektedir. Yıllık düzeyde Sivas, Zara ve Suşehri için elde edilen %20'nin altındaki CV değerleri bu üç istasyonun diğerlerine göre nispeten daha düşük değişkenlik gösterdiği anlamına gelmektedir. En yüksek yağış değişkenliğine ise Kangal istasyonunda rastlanmıştır. Maksimum yağışların meydana geldiği ilkbahar aylarında dahi CV değerlerinin %40'ın üzerine çıkması alandaki kuraklık riskinin ne kadar yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4. Aylık, mevsimsel ve yıllık yağış serilerinin istatistiksel özeti.

İstasyon	Sivas			Zara			Divriği			Gemerek			Kangal			Suşehri		
	Ort	S.S	CV	Ort	S.S	CV	Ort	S.S	CV	Ort	S.S	CV	Ort	S.S	CV	Ort	S.S	CV
Ocak	42,0	24,0	57,2	44,2	29,4	66,5	31,5	21,4	67,9	39,2	25,9	66,1	37,3	19,4	51,9	33,8	24,8	73,3
Şubat	38,1	17,8	46,8	40,1	20,7	51,5	30,4	16,6	54,6	30,7	17,7	57,8	34,3	21,9	63,8	30,7	21,5	70,1
Mart	46,8	24,7	52,9	53,5	26,5	49,5	38,1	32,7	85,7	41,5	19,6	47,4	44,0	27,9	63,4	35,4	18,3	51,6
Nisan	58,1	29,1	50,1	78,5	33,9	43,2	46,3	24,7	53,3	48,7	29,3	60,1	57,9	28,5	49,2	53,7	25,0	46,5
Mayıs	61,7	32,6	52,9	73,0	33,2	45,5	51,2	32,2	62,9	54,8	27,9	50,9	60,2	31,2	51,8	57,8	34,7	60,0
Haziran	34,5	21,4	61,9	42,2	24,9	58,9	21,5	15,6	72,5	33,7	21,7	64,2	36,3	24,0	66,1	36,0	21,5	59,6
Temmuz	8,7	12,7	145,7	9,4	10,7	114,3	6,4	7,6	118,2	7,1	9,1	128,1	7,8	12,4	159,4	8,6	10,0	116,6
Agustos	5,9	8,5	144,2	7,8	11,5	147,8	3,9	4,9	126,6	6,2	10,1	162,3	7,9	11,0	139,6	7,1	8,8	123,2
Eylül	18,1	16,7	92,3	20,9	16,1	77,4	10,5	9,8	93,8	13,6	14,0	102,8	13,4	15,3	114,8	17,9	13,4	75,0
Ekim	36,0	24,5	68,1	45,8	28,3	61,8	31,8	23,9	75,1	32,1	24,2	75,6	32,6	23,5	72,0	40,5	23,1	57,0
Kasım	41,3	29,1	70,4	49,1	36,2	73,8	34,5	23,3	67,4	39,2	31,3	79,8	35,7	27,8	77,7	44,3	32,9	74,2
Aralık	46,1	22,9	49,7	51,3	24,7	48,1	34,5	24,6	71,3	45,0	26,0	57,9	41,4	22,3	53,8	35,8	21,6	60,5
Yıllık	437,2	73,2	16,7	515,8	84,9	16,5	344,4	69,6	20,2	391,6	79,9	20,4	408,8	84,6	20,7	401,4	73,0	18,2
İlkbahar	166,6	45,0	27,0	205,1	57,7	28,1	135,6	48,4	35,7	144,9	47,8	33,0	162,1	48,2	29,7	146,8	48,2	32,8
Yaz	49,2	29,1	59,1	59,4	30,6	51,4	31,8	16,9	53,2	47,0	24,9	52,9	52,0	29,0	55,8	51,7	26,9	52,1
Sonbahar	95,3	41,0	43,0	115,7	47,4	41,0	76,7	34,8	45,3	84,8	43,2	50,9	81,7	43,1	52,8	102,7	41,1	40,0
Kış	126,2	42,0	33,3	135,6	50,9	37,5	96,5	38,2	39,6	114,8	42,0	36,6	113,0	40,3	35,6	100,2	39,2	39,1

3.1 Kuraklık Analizi

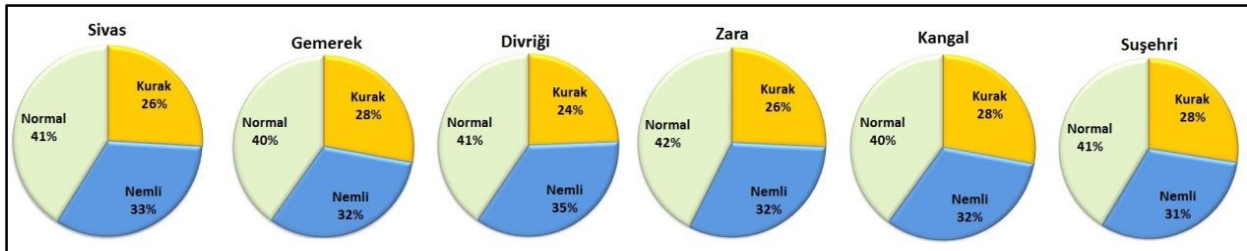
Bu çalışmada, Sivas ilindeki kuraklık oluşumları, standartlaştırılmış yağış endeksi kullanılarak çoklu zaman aralıklarında araştırılmıştır. SPI analizleri 1964-2018 dönemi boyunca altı istasyonda uzun süreli



yağış verilerine uygulanmıştır (Şekil 5). 1, 3, 6 ve 12 aylık gibi çeşitli kuraklık kategorilerindeki olaylar, Sivas, Zara, Kangal, Gemerek, Divriği ve Suşehri gibi istasyon bazında analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı kuraklık olaylarını ve sıklıklarını belirlemektir. Bu çalışmada kullanılan tüm istasyonlar yarı kurak iklimin hâkim olduğu Makro Akdeniz iklim kuşağının karasal etkilerinin yüksek olduğu Türkiye'nin iç kısımlarında yer almaktadır (Şekil 1). Karadeniz'e paralel şekilde uzanan sıra dağların güney tarafında denize 150-200 km mesafede bulun çalışma sahası Türkes'e (1998) göre Karasal İç Anadolu (CCAN) bölgesinde bulunmaktadır.

Tablo 2'de kümülatif kuraklık oluşumu, değişen kuraklık şiddeti kategorileri için çoklu zaman adımlarında ifade edilmektedir. Sayılar, her kuraklık kategorisinde kuraklık oluşumlarının birikme olasılıkları ile elde edilmiştir. 1 ve 12 aylık zaman ölçekleri için SPI değerleri hesaplanmış ve altı istasyonun tümü için tablo 2'de gösterilmiştir. SPI'nin negatif değerleri, son zamanlarda çalışma alanında önemli ölçüde kurak koşulların yaşadığını göstermektedir. 12 aylık SPI hesaplamasına göre, çalışma periyodu boyunca, Sivas için 23, Zara için 29, Divriği için 28, Gemerek için 26, Kangal için 28, Suşehri'nde ise 23 yıl negatif yağış anomalisi gerçekleşmiştir (Tablo 2 ve Şekil 3). Sonuçlar, istasyonlar arasında toplam kuraklık yıl sayılarında çok büyük farklılıklar olmadığını göstermektedir. Orta derecede, Şiddetli ve Ekstrem kuraklık kategorileri baz alındığında ise 55 yılın Sivas için 9(%12,36), Zara için 6 (%10,9), Divriği için 7 (%12,72), Gemerek için 7(%12,72), Kangal için 7 (%12,72) ve Suşehri için 6(%12,76)'sının kurak geçtiği tespit edilmiştir (Tablo 1). SPI sonuçlarına göre, çalışma döneminde şiddetli ve ekstrem kuraklık yılları tüm istasyonlarda benzer sayılarda yaşanmamıştır.

Tüm istasyonlar için kuru yılların sayısı nemli yıllardan daha azdır (Şekil 4). Aylık SPI analizleri, çalışma döneminde (toplam 660 ay ilk beş istasyon, Suşehri ise 564 ay) çeşitli kuraklık seviyelerinin (Sivas, Gemerek, Divriği, Zara, Kangal ve Suşehri için sırasıyla 171, 184, 161, 170, 184 ve 155 ay) ortaya çıktığını göstermektedir.



Şekil 4. SPI değerlerine göre nemli, normal ve kurak ayların dağılımları.

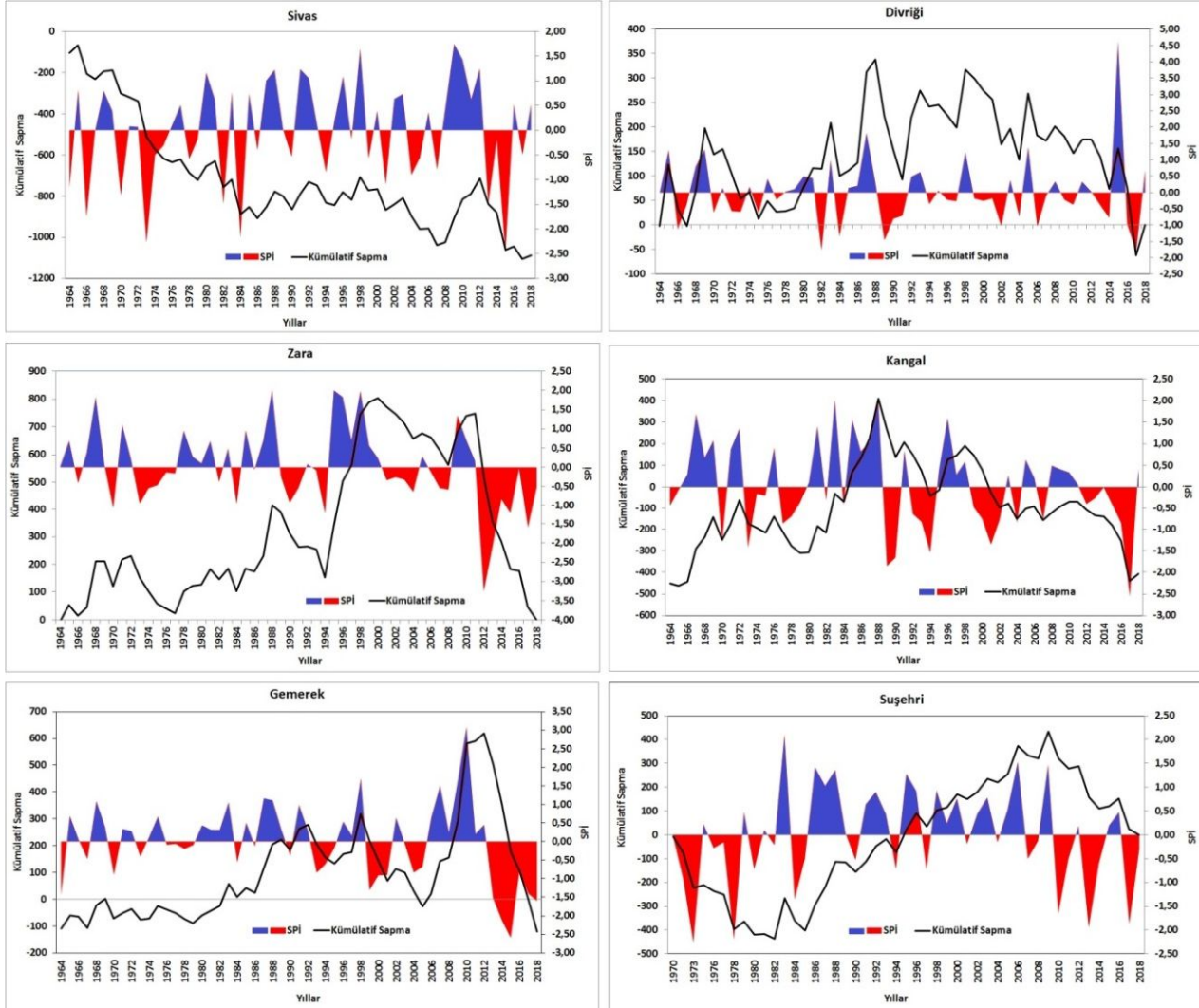
Yıllık analizlere göre, en şiddetli kurak yıl Sivas (SPI = -2,48) için 2015, Gemerek (SPI= -2,59) için 2015, Divriği (SPI= -1,81) için 2017, Zara (SPI = -3,26) için 2012, Kangal için 2017 (SPI = -2,56) ve Suşehri için 1973 (SPI = -2,26) olarak gerçekleşmiştir. Bu yıllarda, bütün istasyonlar en az 9 ay ortalamasının altında yağış almıştır. Sözü edilen kurak yıllarda yağış toplamları Sivas'ta 273,10 mm, Gemerek'te 214,20 mm, Divriği'de 206,7 mm, Zara'da 282,8mm, kangalda 225 mm ve Suşehri'nde ise 253 mm ölçülmüştür. Bu değerler ise sırasıyla %41,99, %45,60, %39,98, %45,17, %44,96 ve %36,91 oranında yağış düşüşüne karşılık gelmektedir.

Tablo 2. SPI kategorileri ve bunlara karşılık gelen aylık ve yıllık kuraklık dağılımları.

SPI	Sivas		Zara		Divriği		Gemerek		Kangal		Suşehri	
	Yıllık	Aylık	Yıllık	Aylık	Yıllık	Aylık	Yıllık	Aylık	Yıllık	Aylık	Yıllık	Aylık
Ekstrem Nemli	0	4	2	7	1	5	1	7	2	10	1	8
Çok Nemli	2	23	3	29	1	14	3	29	3	18	1	29
Orta Derecede Nemli	8	67	2	64	5	71	4	60	4	69	5	57
Normale Yakın	11	124	8	109	3	142	7	115	7	115	7	82
Normal	11	149	11	154	17	150	14	162	11	150	10	111
Normal	5	122	13	127	12	117	10	103	12	114	8	122
Normale Yakın	9	96	10	69	9	56	9	80	9	86	9	83
Orta Derecede Kurak	3	44	3	42	5	38	3	55	3	45	1	34
Şiddetli Kurak	3	12	1	34	2	46	2	19	3	35	3	27
Ekstrem Kurak	3	19	2	25	0	21	2	30	1	18	2	11



Şekil 5'te görülebileceği gibi, yıllık SPI analizi ve kümülatif sapma sonuçları çalışma alanında kuraklığın tekrarlayan bir karakterde olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma periyodu boyunca istasyonların tamamında kuraklık vakaları belli aralıklarla meydana gelmiş kimi zaman birkaç yılı kapsayacak şekilde etki göstermiştir. Özellikle son on yılda meydana gelen kurak koşullar daha öncekilerle karşılaştırıldığında hem süreleri hem de şiddetleri daha belirgin olmuştur. İstasyonlar arasında bazı farklar olsa da genel olarak benzer dönemlerde kuraklık yaşandığı anlaşılmaktadır. Sivas istasyonunda 1965-1985 yılları arasında 20 yıllık zaman diliminin yarısında kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde etkili olan kurak yılların 6 tanesi orta dereceden daha yüksek kuraklık olayı olarak kayda geçmiştir. Aynı istasyonda 1986-2013 yılları arasında kurak ve nemli yıllar birbirini takip etmiş olsa da genel olarak yağışlı koşullar daha belirgindir. Özellikle 2008-2012 arası herhangi bir kuraklık olayı meydana gelmemiştir. Yağışlarda pozitif anomali hali beş yıl boyunca devam etmiştir. Ancak 2013'ten itibaren etkisini göstermeye başlayan kuraklık günümüze kadar varlığını devam ettirirken 2015 yılında rekor seviyeye ulaşmıştır.



Şekil 5. İstasyonlar için yıllık SPI dağılımları ve kümülatif yağış sapma eğrileri.

Zara istasyonunda 1973-1977, 1989-1994 ve 2001-2008 periyotlarında gerçekleşen zayıf negatif yağış anomalileri hafif düzeyde kuraklık koşullarına neden olmuştur. Ancak sözü geçen istasyonda 2012 yılında başlayan kuraklık rekor düzeye ulaşarak günümüze kadar devam etmiştir. 2012 yılında ekstrem kuraklık seviyesine ulaşılmıştır. Takip eden yıllarda belli oranda şiddeti düşse de etkisini devam ettirdiği anlaşılmaktadır. 1995-2000 periyodu ise pozitif anomalilerinin yaşandığı zaman dilimi olarak kayda geçmiştir. Gemerek istasyonunda ise 1964-2012 yılları arasında yağışlarda 19 kez negatif anomali durumu gerçekleşse de bunlardan sadece iki tanesi (1964 ve 1999) önemli sayılabilecek kurak koşul üretmiştir. Ancak 2012 de başlayan kuraklık 2015 yılında rekor seviyesine ulaşarak günümüze kadar devam etmiştir. Adı geçen istasyon çalışma periyodunun son altı yılını içerisine alan şiddetli kuraklık koşullarına maruz kalmıştır.



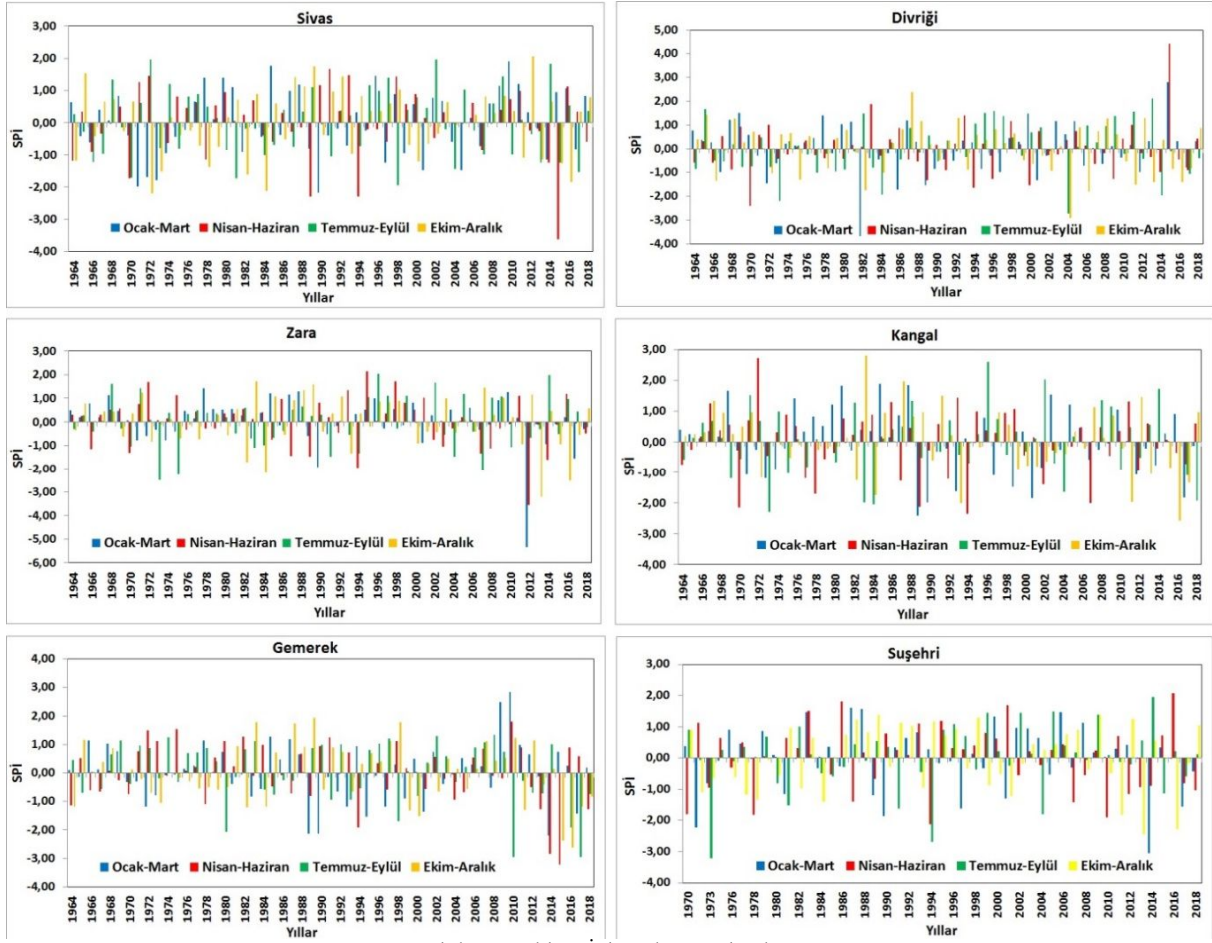
Divriği istasyonu 1971-1975, 1989-1990, 1999-2004 periyotlarında kurak koşullarla karşı karşıya gelmiştir. 2012-2017 arasında 2015 yılı hariç olmak üzere uzun süreli negatif yağış anomalisi ile karakterize olmuştur. Bu istasyon diğer istasyonların aksine 2015 yılında pozitif anomali değerleri ile ön plana çıksa da yaptığımız değerlendirmelere göre bu yılın nisan ayı yağış ölçümlerinde hata yapıldığı tahmin edilmektedir. Divriği istasyonunda en etkili kuraklık 2017 yılında meydana gelmiştir. Kangal istasyonunda 1964-1988 yılları arasında yağışlar 9 yıl negatif anomali göstermiş sadece 1970 ve 1973 yıllarında önemli sayılabilecek kurak koşullar yaşanmıştır. Sözü geçen istasyonda 1989 yılında başlayan kuraklık şiddetlenerek günümüze kadar devam etmiştir. Bu zaman aralığında sadece 1995-1998 ve 2008-2011 dönemlerinde yağışlar pozitif anomali ile karakterize olmuştur. Gerçekleşen kuraklık seviyesi 2017 yılında rekor düzeye ulaşırken alanda en az 6 yıl şiddetli kuraklık yaşanmıştır. İlçede meydana gelen 1999-2004 ve 2011-2017 kurak periyotları belirgindir.

Karadeniz coğrafi bölgesinin yağmur gölgesinde bulunan Suşehri istasyonunda 1970-1985 yılları arasında meydana gelen kurak koşullar belirgindir. Bu dönemde sadece 4 yıl (1974, 1979, 1981 ve 1983) içerisinde yağışlar pozitif anomali göstermiştir. 1983 yılı çalışma periyodu boyunca en nemli yıl olarak kayda geçmiştir. 1986-2010 periyodunda bazı yıllarda negatif anomaliler gözlemlense de genel olarak nemli bir dönem yaşanmıştır. Bu zaman aralığında önemli sayılabilecek herhangi bir kurak koşul gerçekleşmemiştir. Ancak 2010 yılından başlamak üzere 2018 yılına kadar çok belirgin bir kurak dönem ortaya çıkmıştır. 2010, 2013 ve 2017 yılları kuraklığın zirve yaptığı yıllar olarak kayda geçmiştir.

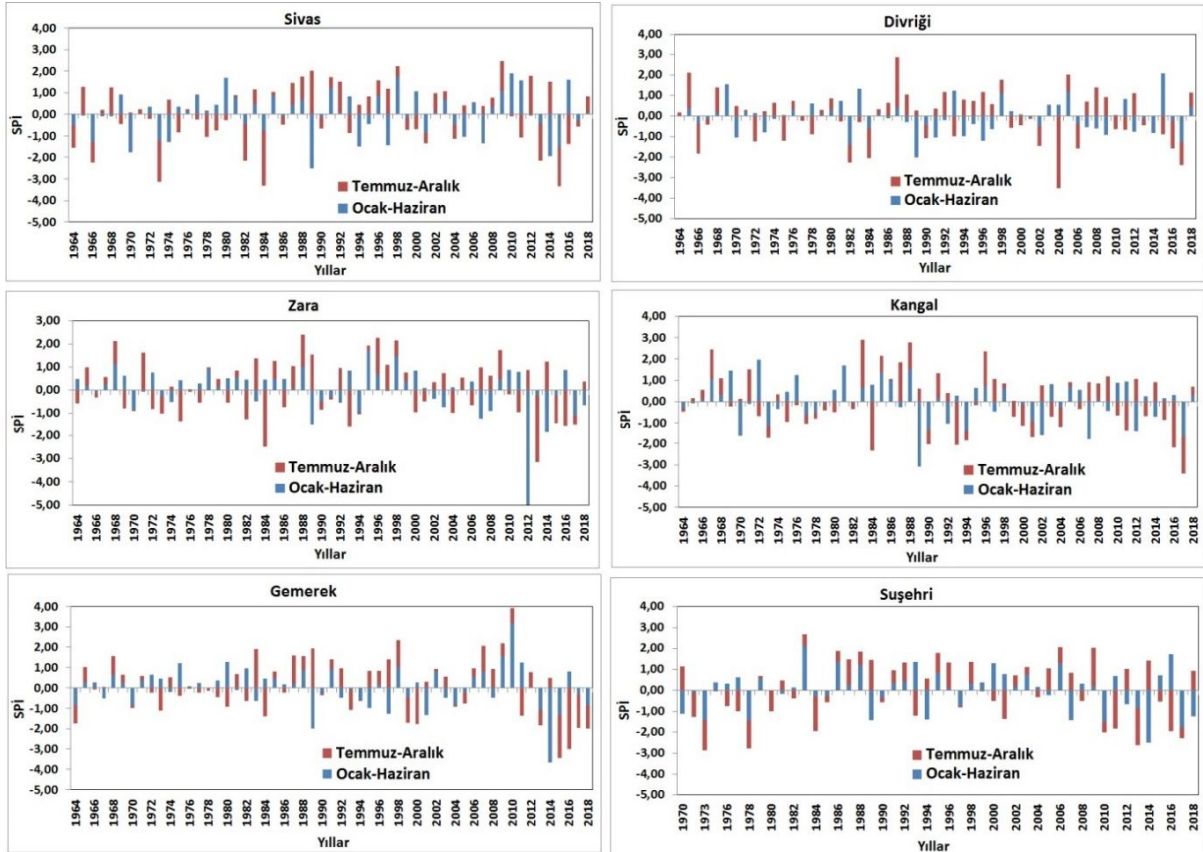
Çalışma sahasında kuraklığın 3'er aylık periyotlardaki dağılımları Şekil 6'da verilmiştir. Genel olarak küçük farklılıklara rağmen bütün istasyonlarda benzer dağılımların ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. İstasyon bazlı detaylı değerlendirmelere göre Sivas, Zara ve Kangal'da kuraklık tekrarı en çok temmuz-eylül, Gemerek ve Kangal'da Ekim-Aralık periyodunda gerçekleşmiştir. En düşük kuraklık olaylarına ise Sivas ve Kangal'da Nisan-Haziran, Zara, Gemerek, Divriği ve Suşehri'nde ise Ocak-Mart arasında rastlanmıştır. Son dönemde meydana gelen kuraklıkların ise daha çok yılın birinci yarısını temsil eden periyotlarda meydana geldiği görülmektedir.

Çalışma alanında kuraklığın 6 aylık periyotlardaki dağılımını belirlemek için Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık dönemlerini kapsayan SPİ değerleri hesap edilmiştir (Şekil 7). Burada amaç özellikle tarımsal faaliyetler için suyun çok daha önemli olduğu Ocak-Haziran dönemindeki kuraklık olaylarının durumunu tespit etmektir. Diğer bir ifade ile çalışma sahasında yılın birinci yarısında düşen yağışlar tarımsal üretim açısından daha hayati role sahiptir. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar verim üzerinde birinci derecede etkilidir. İstasyon bazında yapılan değerlendirmelere göre her iki periyotta meydana gelen kuraklık sayısı dengeli bir şekilde dağılmış gözükmemektedir. Sadece Sivas ve Divriği istasyonlarında birinci periyotta kuraklık olayları daha çoktur. Gemerek istasyonunda eşit iken geri kalan diğer istasyonlarda ikinci periyotta meydana gelen kuraklık sayısı daha yüksektir. Son on yılda meydana gelen kuraklıklarda da benzer bir durumun gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

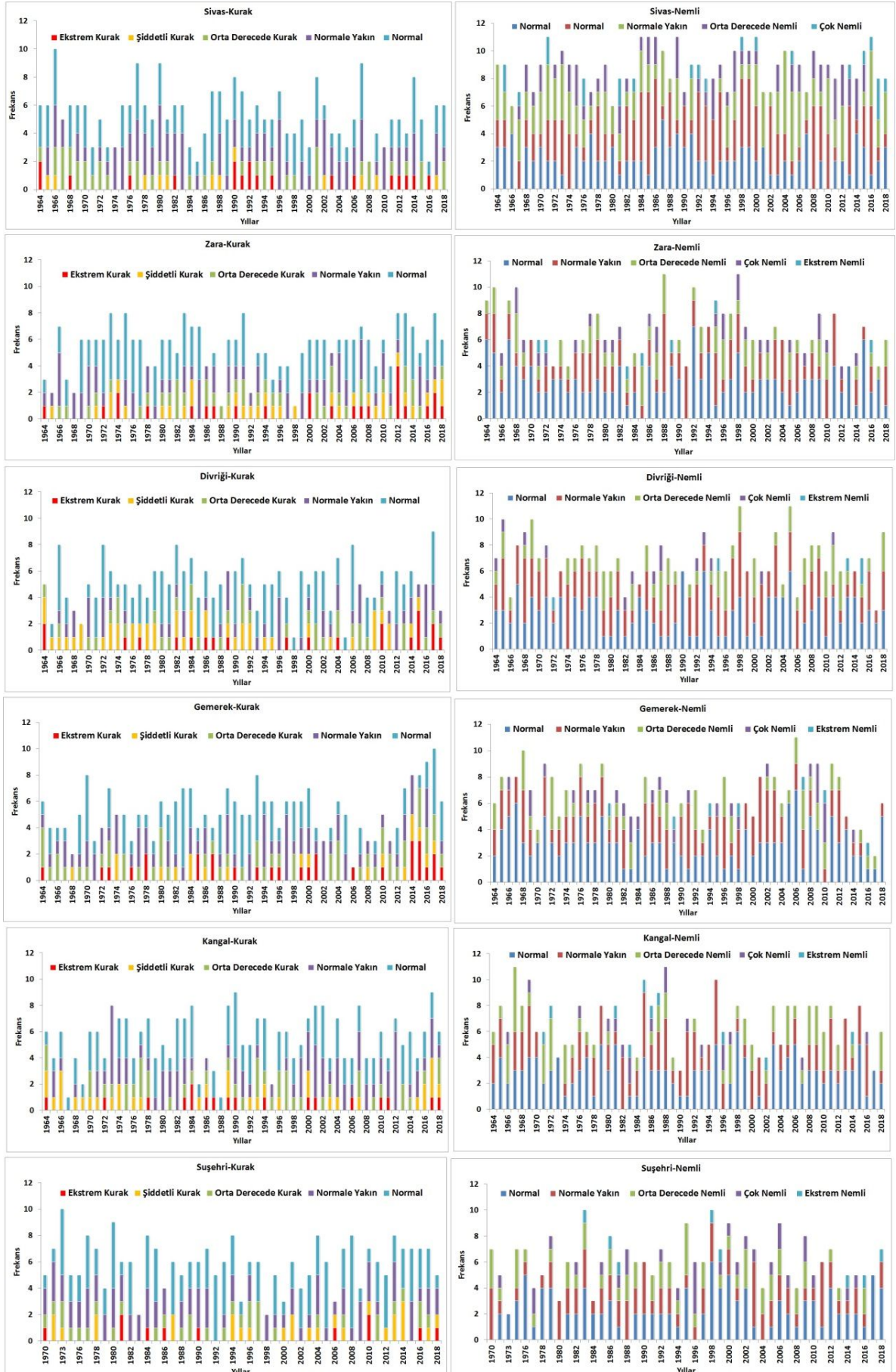
Normal, nemli ve kurak ayların mutlak frekansları Şekil 8'de gösterilmiştir. Çalışma periyodu boyunca aylık düzeyde elde edilen SPİ değerlerine ait kategoriler bağlamında frekanslar belirlenmiştir. Genel bir değerlendirme ile çalışma alanında nemli ayların kurak aylardan fazla olduğu görülmektedir. Ancak istasyon bazlı sonuçlara bakıldığında bariz farkların olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin Sivas istasyonunda nemli ayların baskınlığı göze çarparken, Gemerek istasyonunda belirgin farkın oluşmadığı izlenmektedir. SPİ değeri -0,5 ila 0,5 arasında değişen normal aylara ait frekansların bütün istasyonlarda neredeyse eşit olarak dağıldığı görülebilir. İstasyonların tamamında kurak ayların frekanslarında 2010 yılından sonra belirgin bir artışın varlığı göze çarpmaktadır. Nemli ayların frekanslarında ise 1990'lı yılların sonları ile 2000'li yılların başlarında artışlar yaşanmıştır.



Şekil 6. 4 aylık SPI değerlerinin dağılışı.



Şekil 7. 6 aylık SPI değerlerinin dağılışı.



Şekil 8. Kurak ve nemli ayların mutlak frekansları.

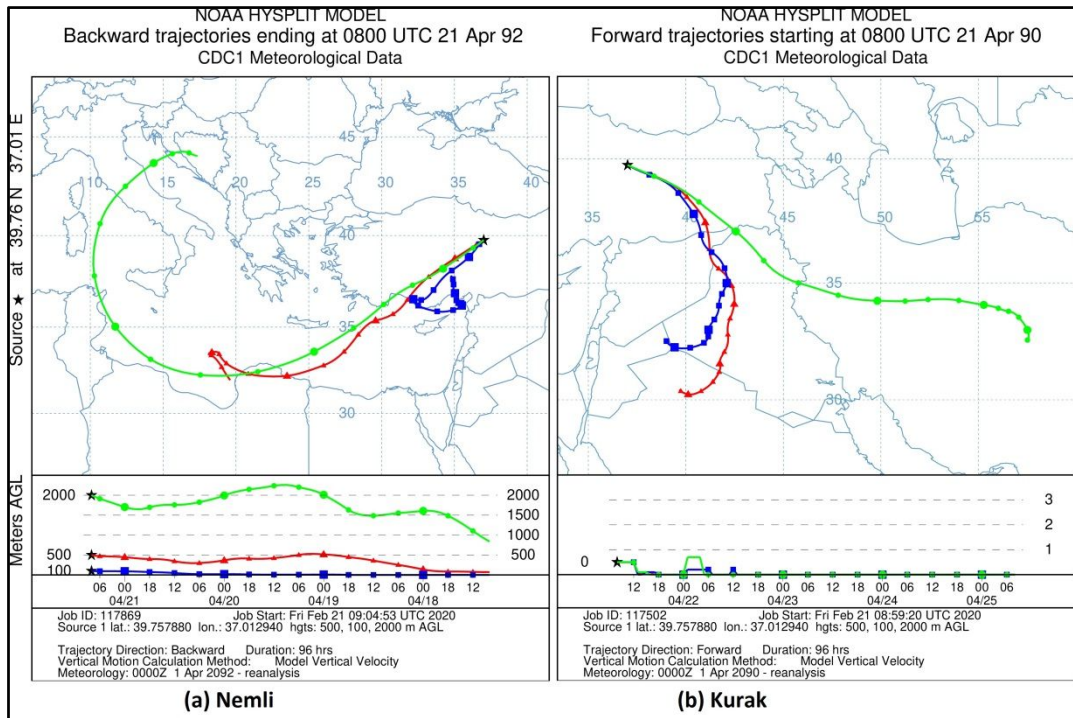


4. TARTIŞMA

Bilim insanları arasında mevcut iklim dalgalanmalarının ve anomalilerinin insan faaliyetlerinden kaynaklandığı konusunda son dönemlerde fikir birliği oluşmaya başlamıştır. Bu tür anomalilerin etkileri küresel, bölgesel ve yerel olarak değişirken; şiddetli fırtına, sel veya kuraklık gibi aşırı hava olaylarının meydana geliş sıklıklarında artışlara yol açtığı bir gerçektir. Türkiye'de İç Anadolu bölgesinin doğusunda yer alan çalışma alanı da kısa ve uzun süreler boyunca şiddetli yağış dalgalanmaları ile karşı karşıya kalma olasılığı yüksek alanlar arasındadır. Bu nedenle, bölgedeki kuraklık koşullarını değerlendirmek hayati önem taşımaktadır.

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, büyük ölçekli atmosferik sirkülasyon patenlerinin Türkiye'nin yağış toplamları üzerinde önemli bir etkisi olduğu söylenebilir (Turkeş 1998, Turkeş ve Erlat 2005). Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan bazı çalışmalar, Türkiye ve İç Anadolu bölgesindeki yağış miktarı ve dağılımı üzerinde doğrudan kontrol etkisi olan birçok diğer faktörün var olduğunu göstermiştir. Bu faktörler, anti-siklonik akımların gücü, orta enlem siklonlarının güzergahları ve frekansları, Polar cephenin konumu ve gücü, denize yakınlık, Jet akıntısının pozisyonu, Kuzey Atlantik Salınımının pozitif veya negatif olma durumu, 700 ve 500 hPa'nın konumu, gücü ve yükseklik anomalileri, yerel ve bölgesel topoğrafik koşullar şeklinde sıralanabilir (Deniz ve Karaca 1995, Karaca vd., 2000, Turkeş vd., 2002, Turkeş ve Erlat, 2005; Karabörk, 2007, 51).

Çalışma alanında yağışlı dönem olarak kabul edilebilecek ekim ve haziran ayları arasında orta enlem siklonlarının güzergahları ve sıklığı, yağışların bölgesel dağılımı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şekil 9 araştırma sahasında kurak ve nemli koşullara neden olan hava kütlelerinin izledikleri yolları göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere Akdeniz üzerinden gelen hava kütleleri yağışa neden olurken, kara üzerinden hareket eden hava kütleleri kuraklığa sebep olmaktadır. Ayrıca, kuraklık olayları, jet akıntısının konumu, siklon güzergahları, 700 ve 500 hPa yükseklik serilerindeki dalgalanmalar, muson sirkülasyonlarındaki salınımlar gibi genel atmosferik dolaşım modellerindeki veya atmosferin termodinamik koşullarındaki değişimler ile ilişkilendirilebilir (Xoplaki vd., 2004, Deniz ve Karaca 1995, Turkeş 1998). Bu nedenle, kış ve ilkbahar mevsimlerindeki negatif SPI değerleri, artan atmosferik jeopotansiyel yükseklikleri ve Türkiye üzerindeki siklon aktivitesinin azalmasına bağlı oluşan antisiklonik dolaşımın baskın hale gelmesiyle ilgili olabilir (Turkeş vd., 2007). Birçok çalışma Türkiye'de kış mevsiminde yağış değişkenliğinin büyük ölçekli Kuzey Atlantik Salınımları ile açıkça ilişkili olduğunu göstermiştir (Turkeş ve Erlat, 2005; Kahya, 2011; Karakoç ve Tağıl, 2014; Topuz vd., 2014; Sezen ve Partal, 2019). Bu nedenle tespit edilen kuraklık olayları, Ülkemizde kurak koşulları üreten hava kütlesi güzergahlarının Akdeniz'den batı ve kuzey Avrupa'ya doğru kuzeye doğru kaymasına neden olan Azor Yüksek Basınç alanının etkinliğini artırması ile ilişkili olabilir (Xoplaki vd., 2006, Turkeş vd., 2007).





Şekil 9. Hysplit modeline göre nemli ve kurak dönemde Sivas'a ulaşan hava kütlelerinin izlediği yol.

5. SONUÇ

Kuraklık, dünyada toplumları ve canlı organizmaları etkileyen en zararlı ve karmaşık doğal afetlerden biridir. Kuraklık Türkiye'de de tekrar eden bir olgu olup çalışma alanında da sıklıkla gözlemlenen iklimsel olaydır. Kuraklığın etkileri çeşitli ekonomik, çevresel ve sosyal yönlerden hem mekânsal hem de zamansal ölçeklerde değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, her ulus kuraklıkla ilişkili etkileri azaltmak için kuraklıkla mücadele planına sahip olmalıdır. Bu araştırmaya konu olan çalışma alanı, kısa ve uzun süreler boyunca etkili kuraklık koşulları yaşama olasılığı en yüksek alanlar arasında yer almaktadır. O nedenle, bölgedeki kuraklık olaylarını analiz etmenin sayısız yararı bulunmaktadır. Bu çalışmada Sivas ilinde 1964-2018 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar 6 meteorolojik istasyona ait (Sivas, Zara, Gemerek, Divriği, Kangal, Suşehri) aylık yağış verileri kullanılarak standart yağış indisi yöntemiyle analiz edilmiştir. Kuraklık durumu 1, 3, 6, 12 aylık periyotlar için hesap edilerek değerlendirilmiştir. Böylece söz konusu istasyonların yağışlarında meydana gelen değişimler ya da salınımlar tespit edilmiştir.

Gözlem süresi boyunca çeşitli periyotlarda yağış serileri için hesap edilen SPI değerleri ve kümülatif sapma sonuçları, araştırma sahasının yağış özelliklerinin değiştiği ve kuraklık olaylarının, kayıt dönemi boyunca daha sık hale geldiğini ortaya koymuştur. Özellikle son yıllarda kuraklığın hem frekans hem de şiddetinde artışlar meydana gelmiş tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyecek biçimde karakter kazanmıştır. Özellikle Suşehri, Zara, Gemerek ve Divriği gibi istasyonlarda son on yıl içerisinde kuraklık şiddeti en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Yoğun tarla ziraatının yapıldığı arazilere sahip olan çalışma alanı, artan talep nedeniyle su kaynakları üzerinde önemli düzeyde bir baskı hissetmektedir. Bölge, son yıllarda daha sık görülen ve kuraklık gibi beklenmedik aşırı iklim olaylarına eğilimlidir. Son on yıl içerisinde kurak yılların sayısı önemli ölçüde artmıştır. Bu tür hava koşulları çalışma alanının yağış dalgalanmalarına ve değişkenliğe karşı çok hassas olduğunu göstermektedir. Bölgenin yağış rejiminin mevsimsel değişkenliği de yaz aylarında daha belirgindir.

Elde edilen sonuçlar, Türkiye'nin yağış eğilimlerini konu alan çalışmaların bulguları ile paralellik göstermektedir (Türkeş, 1996; Türkeş vd., 2007; Karabulut, 2009; Karabulut, 2015). Genel olarak Türkiye de dolayısıyla çalışma alanında çok sık rastlanan kuraklık olayları, Doğu Akdeniz'de artan atmosferik jeopotansiyel yükseklikleri ve azalan siklon aktivitesi nedeniyle antisiklonik dolaşımın baskınlığı ile ilişkili olabilir (Türkeş, 1998). Ayrıca pozitif NAO dönemlerinin de kurak koşullar üzerinde etkili olduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Türkeş ve Erlat, 2005; Kahya, 2011; Sezen ve Partal, 2019). Çalışma süresi boyunca hesaplanan SPI değerlerine göre bölgedeki kuraklıklar hafif ila orta derecede kurak arasında yoğunluk kazansa da şiddetli kuraklıkların frekansı da önlem alınmasını gerektirecek düzeydedir. Çalışma sahasında kuraklık süreleri bir aydan başlayıp birkaç ay hatta yılı kapsayacak şekilde gerçekleşmiştir. Bu durum ise planlama yapılmadığı takdirde tarım ve su tedarik sistemleri üzerinde ciddi etkilere neden olabileceğini göstermektedir. O nedenle uzun süreli kuraklık olaylarının etkilerini azaltmak için uygun kuraklık yönetim planları hazırlanmalıdır. Su kaynakları planlamacıları veya ilgili profesyoneller, bugüne kadar kaydedilen en uzun kurak dönemleri ve etki derecelerini inceleyerek kuraklıkla mücadele programları hazırlamalıdır.

KAYNAKÇA

- Beniston, M. (2007). Current and future trends of climatic extremes in Switzerland. *Geography Compass*, 1 (4): 739-751.
- BMÇMS, (1997). Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, Paris.
- Bordi, L., Frigio S, Parenti P. (2001). The analysis of the standardized precipitation index in The Mediterranean Area: large-scale patterns. *Annali di Geofisica*, 44: 965-978.
- Deniz, A. ve Karaca, M. 1995. Analysis of cyclone tracks over Turkey. *Journal of ITU*, 53: 59-66.
- Dracup, J. A., Lee, K. S., Paulson, Jr. E. G. (1980). On the definition of droughts. *Water Resources Research*, 16(2): 297-302.
- Giddins, L., Soto, M., Rutherford, B. M. (2005). Standardized precipitation index zones for Mexico. *Atmosfera*, 18(1): 33-56.
- Heim, R.R. (2002). A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8), 1149-1165.
- Kahya, E. (2011). The Impacts of NAO on the Hydrology of the Eastern Mediterranean. In *Hydrological, Socioeconomic and Ecological Impacts of the North Atlantic Oscillation in the Mediterranean Region* (pp. 57-71), Springer Netherlands
- Karabörk, M.Ç. (2007). Trends in drought pattern of Turkey. *Journal of Environmental Engineering Sciences*, 6: 45-52.
- Karabulut, M. (2009). Precipitation Trends in Kahramanmaraş along with Gaziantep and Adıyaman during the period of 1963-2005. *Ekoloji*, 18(71): 15-27.
- Karabulut, M. (2015). Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey. *Journal of Arid Land*, 7: 741-754.
- Karaca, M, Deniz, A. ve Tayanç, M. (2000). Cyclone track variability over Turkey in association with regional climate. *International Journal of Climatology*, 20: 122-136.
- Karakoç, A., Tağlı, S. (2014), İzmir ve Ankara'da Yağış Paterni İle Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) Arasındaki İlişki. *Journal of International Social Research*, 7 (30): 148-157.



- Khalil, A. ve El-Kadi, A. (2001). Variation of rainfall and drought conditions in Gaza-Palestine: on a regional and global context. *Journal of the Islamic University of Gaza*, 2: 41-66.
- Khan, S., Gabriel, H.F., Rana, T. (2008). Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on water tables in irrigation areas. *Irrigation Drainage Systems*, 22: 159-177.
- Kızılelma, M., Karabulut, M. (2015). Yozgat ve çevresinde kuraklık analizi. I. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 5-7.
- Koçman, A., Işık, Ş., Mutluer, M. (1995). Ege ovalarında yağış değişkenliği ve kuraklık sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 8: 25-36.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A. (2011). Kuraklık ve Türkiye açısından genel bir değerlendirme. *Devlet Meteoroloji İşleri (State Meteorology Works)*. [2019-05-20]. <http://www.mgm.gov.tr>
- Keyantash, J., Dracup, J.A. (2002). The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8): 1167-1180.
- Lazaro, R., Rodrigo, F. S., Gutierrez, L., vd. (2001). Analysis of a 30-year rainfall record (1967-1997) in semi-arid SE Spain for implications on vegetation. *Journal of Arid Environment*, 48: 373-395.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight Conference on Applied Climatology, California: *American Meteorological Society*, 179-184.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, Dallas, Texas, 233-236.
- Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K. (2004). Standart yağış indisi (SPI) ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1): 99-106.
- Redmond, K.T. (2002). The Depiction of Drought: A Commentary, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8):1143-1147.
- Sezen, C., Partal, T. (2019). The Influences of Arctic & North Atlantic Oscillations on Temperature and Precipitation Data of Eastern and Northern Marmara. *Turkish Journal of Water Science and Management*, 3 (2): 16-27.
- Sırdaş, S. ve Şen Z. (2003). Meteorological drought modelling and application to Turkey. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2): 95-103.
- Smakhtin, V.U., Hughes D.A. (2004). *Review, Automated Estimation and Analyses of Drought Indices in South Asia*. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, Working Paper No. 83.
- Sönmez, K., Kömüşçü, A.Ü., Erkan A, Turgu, E. (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards*, 35: 243-264.
- Tabari, H., Abghari, H. Talae, P.H. (2012). Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran. *Hydrological Processes*, 26: 3351-3361.
- Topuz, M., Karabulut, M., Korkmaz, H., Geçen, R. (2014). Hatay ili yağışları ile Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi, *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı*, 4-6 Haziran, Muğla, 438-444.
- Tosic, I., Ukasević, M. (2005). Analysis of precipitation series for Belgrade. *Theoretical Applied Climatology*, 80: 67-77.
- Türkes, M. (1996a). Meteorological drought in Turkey: a historical perspective, 1930-1993. *University of Nebraska Pub.*, 8: 17-21.
- Türkes, M. (1996b). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16: 1057-1076.
- Türkes, M. (1998). Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 18: 649-680.
- Türkes, M. (2001). Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri. *Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi*, 1: 187-205, Ankara.
- Türkes, M., Sümer, U.M., Kılıç, G. (2002). Persistence and periodicity in the precipitation series of Turkey and associations with 500 hPa geopotential heights. *Climate Research*, 21: 59-81.
- Türkes, M. (2003). Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey in Mediterranean Climate Variability and Trends. In: Bolle H J. *Mediterranean Climate*, Springer Verlag, 181-213.
- Türkes, M. ve Erlat, E. (2005). Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology*, 81: 45-69.
- Türkes, M, Koç T. ve Sarış, F. (2007). Spatial and temporal analysis of the changes and trends in precipitation total and intensity series of Turkey. *Turkish Journal of Geographical Sciences*, 5: 57-73.
- Türkes, M., Akgündüz, A.S. ve Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2): 129-144.
- Türkes, M, Koç, T. ve Sarış, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 1056-1074.
- Türkes, M. ve Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 2270-2282.
- Türkes, M. (2011). Akhisar ve Manisa yörelerinin yağış ve kuraklık indisi dizilerindeki değişimlerin hidroklimatik ve zaman dizisi çözümlemesi ve sonuçlarının çölleşme açısından coğrafi bileşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1): 79-99.
- Xoplaki, E., González-Rouco, J.F, Luterbacher, J., vd. (2004). Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Climate Dynamics*, 23: 63-78.
- Xoplaki, E., Luterbacher, J., González-Rouco, J.F. (2006). Mediterranean summer temperature and winter precipitation, large-scale dynamics, trends. *IL Nuovo Cimento*, 29: 45-54.
- Wilhite, D.A., Glantz, H.M. (1995). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *IWRA Water International*, 10(33): 110-120.
- Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A., vd. (2001). An evaluation of the standardized precipitation index, the Chine z-index and the statistical z-score. *International Journal of Climatology*, 21: 745-758.