

# Farklı Zaman Ölçeklerindeki Standart Yağış İndekslerinin Havza Bazında Değerlendirilmesi

Ertan TURGU<sup>1</sup>, Osman Eskioglu<sup>2</sup>, Özkan ÖZ<sup>3</sup>, Alaattin UĞURLU<sup>4</sup>

**Anahtar Kelimeler:** SPI, aylık yağış, akarsu havzası, zaman ölçeği

**Özet:** Standart Yağış İndeksi (SPI) farklı zaman ölçeklerinde kümülatif olasılık yöntemine göre kurak ve nemli periyodları belirlemek amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Bu çalışmada, Türkiye’de Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen 25 akarsu havzası için son 35 yılda SPI yöntemine göre hesaplanmış meteorolojik olarak kurak veya nemli geçen aylar 11 kategoride ele alınmıştır. Çalışmanın amacı kuraklık ve nemlilik olaylarının şiddet ve süre bakımından hangi havzalarda ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktır. İlk aşamada 238 meteoroloji istasyonuna ait 1980-2014 yılları arası aylık toplam yağış verileri kullanılarak SPI yöntemine göre 3, 12 ve 24 aylık kuraklık ve nemlilik şiddetini ifade eden indeks değerleri elde edilmiştir. İkinci aşamada ise 11 kategori için elde edilen SPI değerlerinin frekans haritaları hazırlanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise her bir havza için farklı zaman ölçeklerinde 11 kategoride en yüksek frekans değerlerinden örnekler verilmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı zaman ölçekleri göz önüne alınarak su kaynaklarına olan muhtemel etkileri (yüzey akış, toprak nemi, akım ve yeraltı suyu) açısından değerlendirilmiştir. Kuraklığın nehir akımları ve akarsu havzalarındaki su kaynaklarına etkisi ele alındığında, Van, Batı Karadeniz, Ceyhan ve Dicle-Fırat havzalarında Olağanüstü Kuraklık etkili olurken, özellikle Ege ve Batı Akdeniz havzalarında Çok Şiddetli Kuraklık etkili olmuştur. Ege Havzaları aynı zamanda farklı periyotlarda Şiddetli Kuraklıktan da etkilenmiştir. Diğer taraftan Doğu Akdeniz, Fırat-Dicle ve Gediz havzaları Çok Nemlilikten etkilenirken, Aras, Fırat-Dicle, Batı Akdeniz, Kuzey Ege ve Marmara havzaları ise Aşırı Nemlilikten etkilenmiştir.

## 1.GİRİŞ

Kuraklık genel olarak suya ihtiyaç duyulan zamanlarda su eksikliğine sebep olacak şekilde yağıştaki azalmalar veya yağışın normalin altına düşmesi olarak tanımlanır. Bununla beraber suya dayalı aktivitelerin yağıştaki bu eksiklikten etkilenme zamanı ve süresine göre kuraklıkla ilgili çeşitli tanımlar ortaya çıkmıştır. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz oluşu, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi, ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özelliklerdir. Herhangi bir bölgede kuraklık, frekans, şiddet, süre ve etki alanı gibi ifadelerle tanımlanır.

<sup>1</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis, eturgu@mgm.gov.tr

<sup>2</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis, oeskioglu@mgm.gov.tr

<sup>3</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis, ooz@mgm.gov.tr

<sup>4</sup> Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis, augurlu@mgm.gov.tr

Kuraklık ve sel ile ilgili tanımlarda en bariz problemlerden biri kurak ve nemli dönem süresi boyunca normale göre yağış azlığı veya fazlalığının toprak nemi, su rezervuarları, kar kütleleri, nehir akımları ve yeraltı suları gibi farklı su kaynaklarına nasıl etki ettiği. Burada en önemli sorun su toplama havzalarında aşırı yağışlar ve kar erimelerinden kaynaklanan taşkınların bu kaynaklar üzerindeki etkisinin süre ve şiddeti açısından farklı olmasından kaynaklanmasıdır. Bu durumda aşırı yağışların izlenmesi açısından yağışta normale göre fazlalığın farklı zaman ölçüleri (dilimleri) içinde kantitatif olarak ifade edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Standart Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index veya kısaca SPI) yağış azlığının veya fazlalığının farklı zaman dilimleri içindeki değişkenliğini dikkate alabilen bir yöntemdir. Yağış azlığının veya fazlalığının farklı su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği mantığına göre, analizde 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman dilimleri seçilerek sel riskinin var olup olmayacağı yorumlanabilir. Buradaki yaklaşım aylık toplam yağışta meydana gelebilecek artışın toprak nem düzeyine hemen etki ettiği halde nehirlere, göllere, yeraltı sularına daha geç etki etmesi ile ilgilidir.

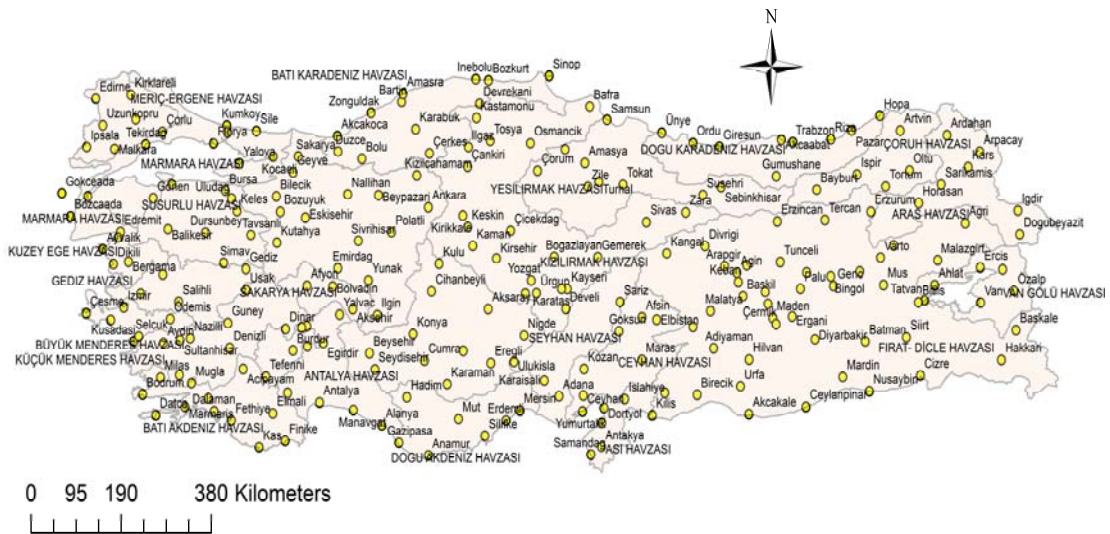
Kömüşcü, (1999) ve Sönmez ve arkadaşları (2005) tarafından yapılan çalışmalarda SPI yöntemi kullanarak Türkiye’de kuraklığın alansal ve zamansal analizleri yapılmıştır.

Sel, Türkiye ve dünyada can ve mal kaybına yol açan en harap edici ve yıkıcı doğal afetlerden birisidir. Seiler ve arkadaşları 2002 de yaptıkları çalışmada hidrolojik durum izleme ve sel riskinin ortaya konmasında SPI’nin bir araç olarak kullanılabilirliğini ifade etmiştir.

## 2.MATERYAL ve METOT

Çalışmanın ilk aşamasında DMİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 239 Büyük Klima istasyonuna ait 1980-2014 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Standart Yağış İndeksi (SPI) metoduna göre 3, 12 ve 24 aylık kuraklık ve nemlilik şiddetini ifade eden indeks değerleri elde edilmiştir.

Çeşitli zaman ölçeklerinde SPI oluşumlarının yüzde dağılımlarını göstermek amacıyla çizilen şekiller, Coğrafik Bilgi Sistemi (Geographic Information System) yardımıyla Alansal Analiz Aracından (Spatial Analyst Tools) uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi (Inverse Distance Weighting - IDW) metodu seçilerek çizgisellik yoğunluğu haritaları oluşturulmuştur. IDW tekniği ile veri enterpolasyonu yapılırken yağış değerleri Natural Breaks (Jenks) yöntemiyle 4 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonlar ve havzaların coğrafik dağılımı

Standart Yağış İndeks değerlerinin hesaplanmasında McKee ve diğerleri (1993) tarafından ortaya konulan Standart Yağış İndeksi yada literatürde bilinen adıyla Standart Yağış İndeksi (SPI) metodu kullanılmıştır. SPI, (1) no'lu formülde belirtildiği üzere, belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd, 1993). Gözlemi yapılan yağışların uzun dönem ortalamasından olan standart sapmalarının sayısıdır.

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma} \quad (1)$$

Gerçekte indeksin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle komplikedir ve bu sebeple yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. Sonuçta elde edilen SPI değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir. Bu yöntemle kuraklık şiddeti Tablo 1.'de gösterilen kategorilere göre sınıflandırılır (McKee ve arkadaşları, 1994).

**Tablo 1.** SPI Kuraklık İndeksine Göre Kuraklık ve Nemlilik Sınıflandırması (McKee vd,1994)

<b>KURAKLIK VE NEMLİLİK KATEGORİLERİ</b>	<b>SPI SINIRLARI</b>
1- Olağanüstü Kurak(Exceptionally Dry)	-2.00 dan küçük
2- Çok Şiddetli Kurak(Extremely Dry)	SPI>-2.00 ile SPI<=-1.60 arasında
3-Şiddetli Kurak(Severely Dry)	SPI>-1.60 ile SPI<=-1.30 arasında
4-Orta Kurak(Moderately Dry)	SPI>-1.30 ile SPI<=-0.80 arasında
5- Hafif Kurak(Abnormally Dry)	SPI>-0.80 ile SPI<=-0.50 arasında
6- Normal Civarı(Near Normal)	SPI>-0.50 ile SPI<=0.50 arasında
7- Hafif Nemli(Abnormaly Moist)	SPI>0.50 ile SPI<=0.80 arasında
8-Orta Nemli(Moderately Moist)	SPI>0.80 ile SPI<=1.30 arasında
9-Çok Nemli(Very Moist)	SPI>1.30 ile SPI<=1.60 arasında
10-Aşırı Nemli(Extremely Moist)	SPI>1.60 ile SPI<=2.00 arasında
11-Olağanüstü Nemli(Exceptionally Moist)	+2.00 dan büyük

SPI değerlerinin hesaplanmasında şu yöntem izlenir. En az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (*m* boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indekslerdeki değişimlerin gözleneceği 3,6,12,24, ve 48 aylık (*i*) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi subjektif bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde olur. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indeks değeri önceki (*i*) ayları değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri setine Gamma dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır. Thom (1958) iklimsel zaman

serisini en iyi temsil eden ve tam üzerine yerleşen dağılımın Gamma dağılımı olduğunu ortaya koymuştur. Gamma dağılımı, dağılım frekansı  $g(x)$  veya olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki denklemler ile tanımlanır.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad x > 0 \text{ ise}$$

(Haan, 1977). Yukarıdaki tanımlamada  $\alpha$  şekil parametresi,  $\beta$  ölçek parametresi,  $x$  yağış miktarını ve  $\Gamma(\alpha)$  Gamma fonksiyonunu ifade eder. Yine  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin tahmininde maksimum olasılık çözümlerini kullanılır. Buna göre;

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

ve

$$\beta = \frac{x}{\alpha}$$

olarak tanımlanır. Bu eşitliklerde,

$$A = \ln(x) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

Burada  $n$  toplam yağış gözlem sayısıdır. Eldeki mevcut verilerden elde edilen bu olasılık tanımlamaları daha sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir değer için kümülatif olasılığını bulmak için kullanılabilir. Bu durumda kümülatif olasılık aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx$$

Gamma fonksiyonu  $x=0$  için tanımsız olduğundan ve yağış dağılımı sıfır (0) değerler içerdiğinden kümülatif olasılık yeniden aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

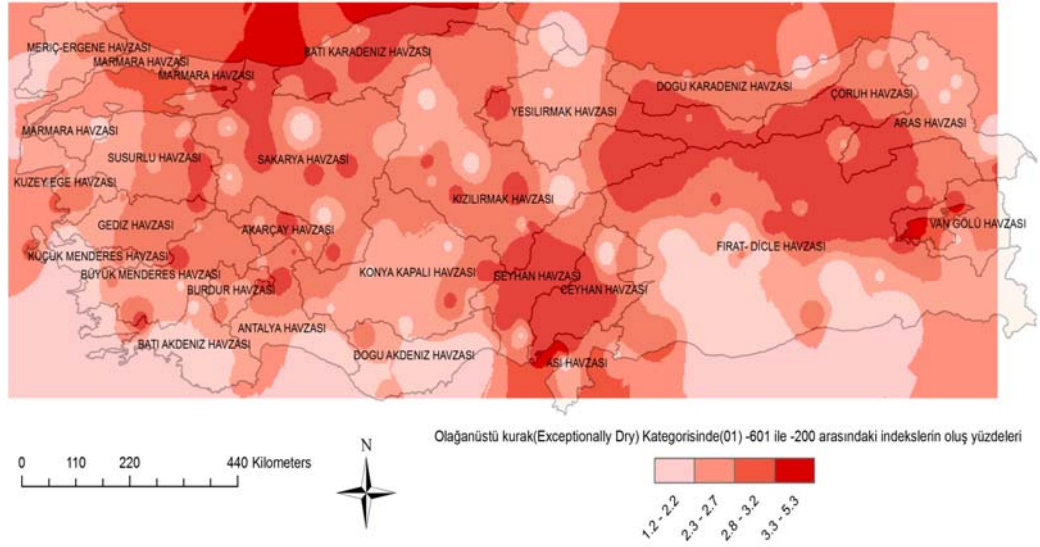
Yukarıdaki eşitlikte  $q$ , yağışların bulunmaması yani yağışsız günlerin yüzdesidir. Eğer  $m$  herhangi bir yağış zaman serisinde yağışsız günlerin sayısı ise bu yüzde  $q=m/n$  olarak tanımlanabilir. Kümülatif olasılık değeri  $H(x)$ , ortalama değeri sıfır (0) ve varyans değeri bir (1) olan standart normal rastlantısal  $Z$  değişkenine dönüştürülür. Bu çalışmada yukarıda açıklanan yöntemler izlenerek DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma Daire Başkanlığında PHP yazılımı ile geliştirilen program kullanılmıştır.

### 3.BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada SPI metodu kullanılarak farklı coğrafi ve iklim bölgelerini temsil eden 238 istasyona ait kuraklık analizleri 3,12 ve 24-ay bazında yapılarak kuraklığın hem zamansal ve hem de lokasyona göre değişen yüzde oluşumları incelenmiştir (Şekil 2-7). Burada şu hemen ifade edilmelidir ki, her kuraklık şiddet kategorisi için hesaplanan yüzde oluşum oranları o istasyona ait tüm tarihsel kurak veya nemli olaylar içinde hangi şiddet kategorisinin yüzde kaç oranında gerçekleştiğini ifade etmektedir.

3 veya 6 ay gibi kısa zaman periyodu seçildiğinde SPI sıfır değerinin üzerinde ve altında çok değişkendir, ancak 12, 24, 48 aylık zaman periyodları seçildiğinde SPI değeri yağıştaki değişime daha yavaş cevap vermektedir. (Sen Z, 2003)

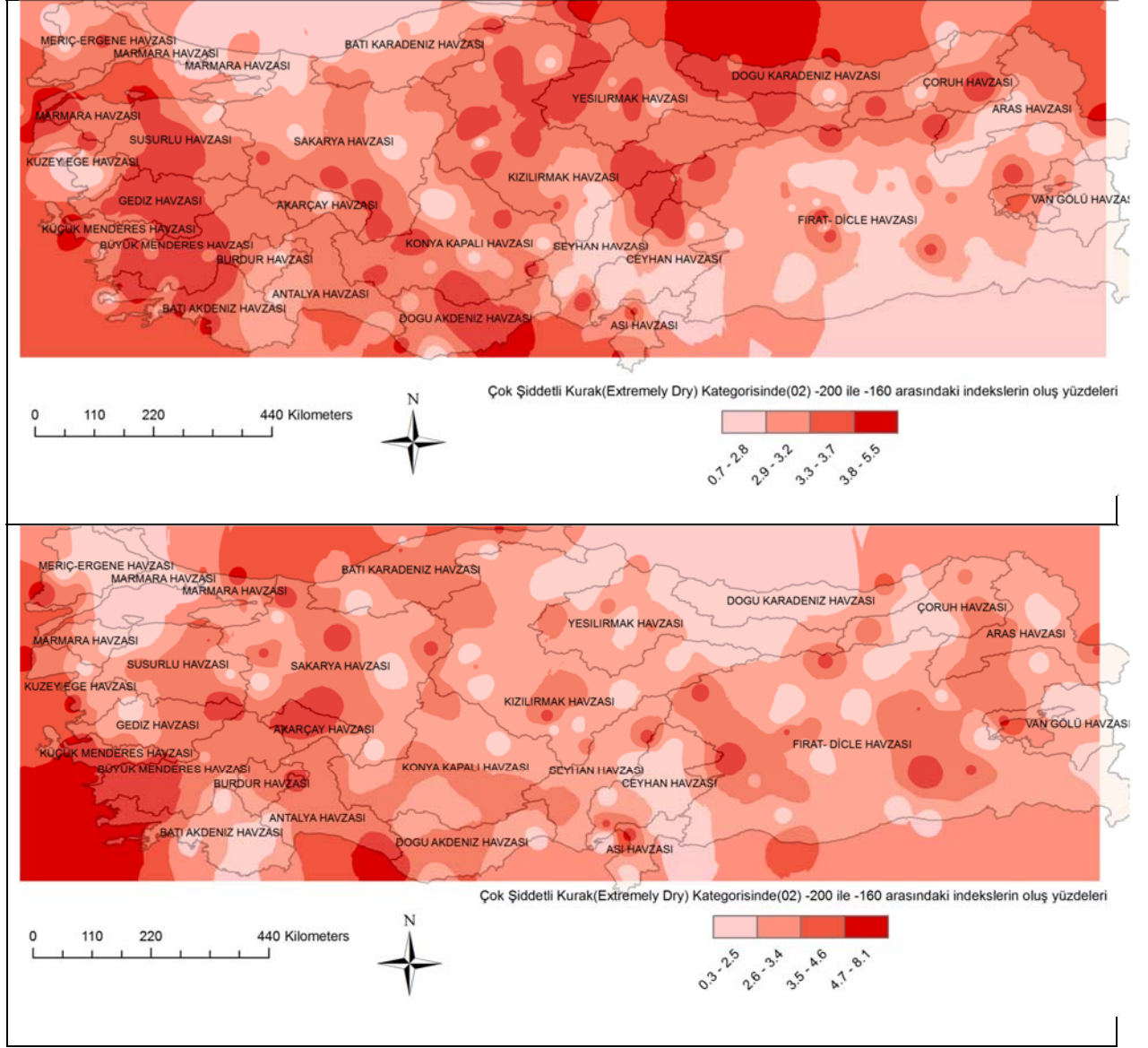
Toprak nemi 3-ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenirken, yeraltı sularının veya nehirlerin bu tür bir kuraklıktan etkilenmesi daha uzun süreli bir yağış eksikliğini gerektirebilir. Bu durumda kuraklığı bu alan için 6-ay veya 12-ay bazında ele almak daha yararlı olabilir. Bu çalışmada esas ele alınan konu, farklı kategorilerdeki kuraklık şiddetlerinin yüzde dağılımlarının analizidir.



Şekil 2. 3-ay periyodunda (üstteki) ve 24-ay periyodunda (alttaki) Olağanüstü Kurak (Exceptionally Dry) SPI oluşumlarının yüzde dağılımları

Şekil 2'de 3-ay periyodunda (üstteki) Olağanüstü Kurak SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Ceyhan havzasında (%5.3), Yeşilirmak havzasında (%4.8) ve Dicle-Fırat havzasında (%4.7) bulunmuştur.

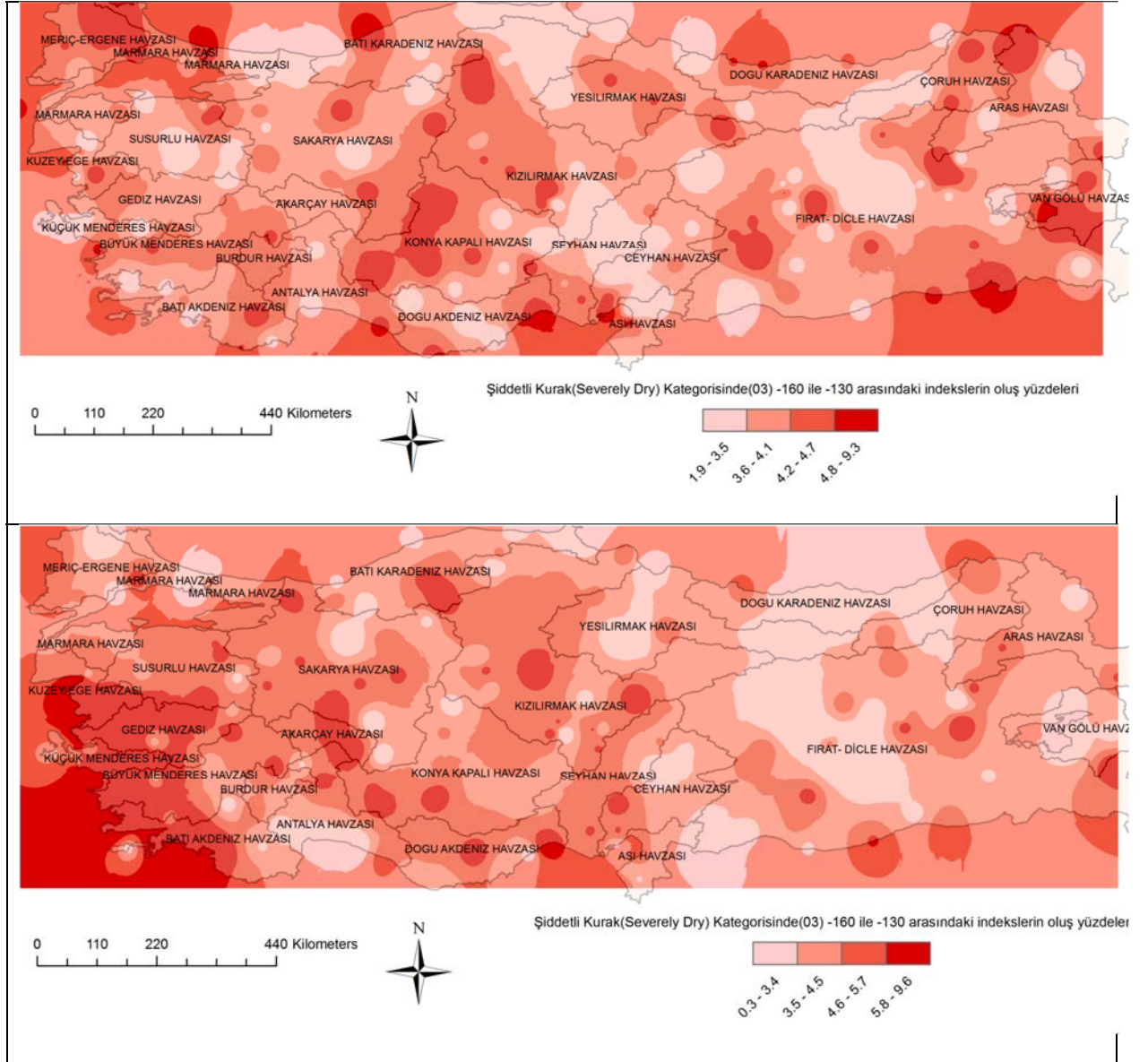
Şekil 2'de 24-ay periyodunda (alttaki) Olağanüstü Kurak SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Van Kapalı havzasında (%6.6), Batı Karadeniz havzasında (%6.1), Ceyhan havzasında (%5.8) ve Dicle-Fırat havzasında (%5.6) görülmüştür.



**Şekil 3.** 3-ay periyodunda (üstteki) ve 24-ay periyodunda (alttaki) Çok Şiddetli Kurak (Extremely Dry)SPI oluşumlarının yüzde dağılımları

Şekil 3’de 3-ay periyodunda (üstteki) Çok Şiddetli Kurak SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde Susurluk havzasında (%5.5), Yeşilirmak havzasında (%5.0), Aras havzasında (%4.8), Konya Kapalı havzasında (%4.8), Kızılırmak havzasında (%4.8), Batı Akdeniz havzasında (%4.8), Kuzey Ege havzasında (%4.8) ve Marmara havzasında (%4.8) bulunmuştur.

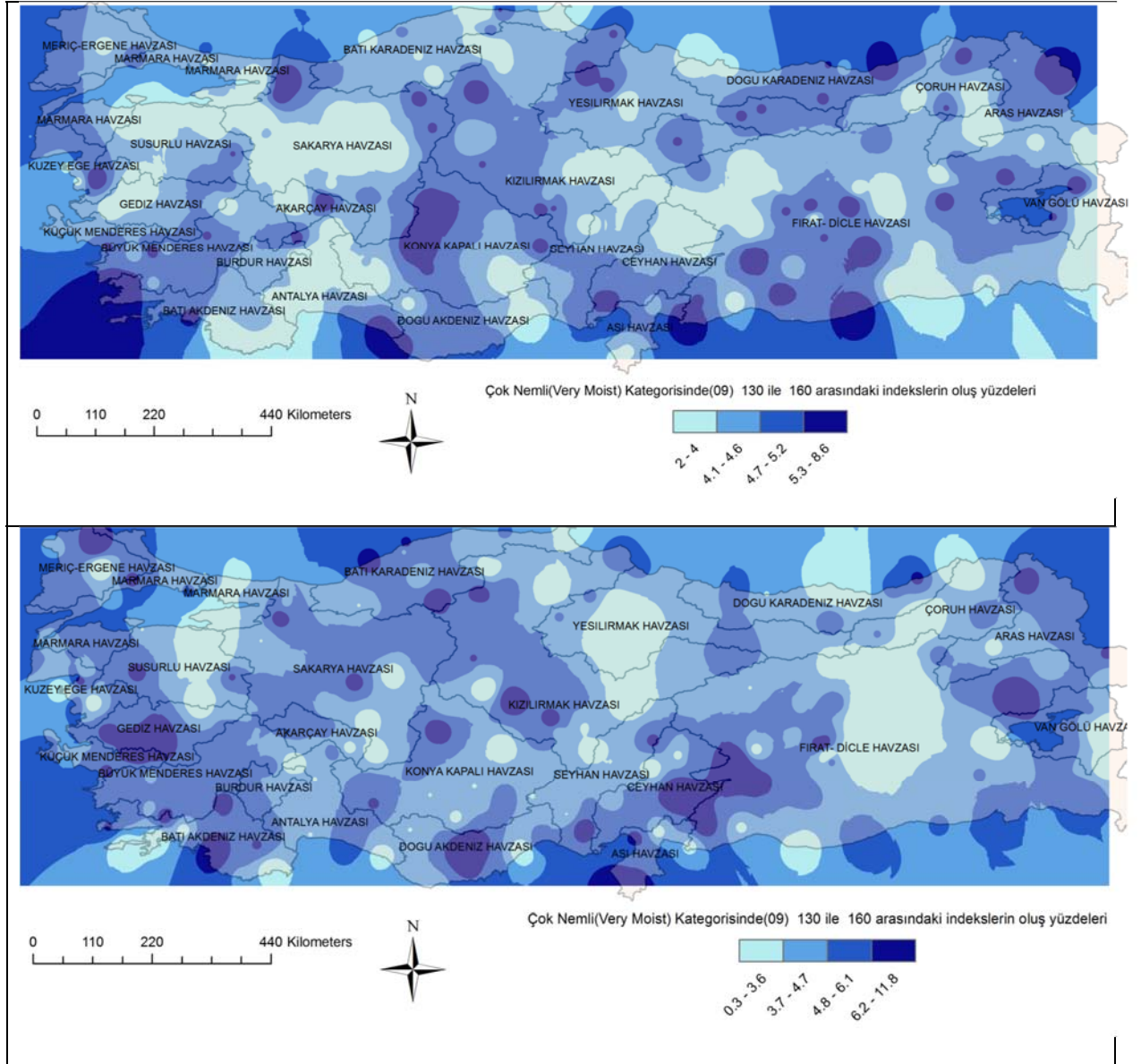
Şekil 3’de 24-ay periyodunda (alttaki) Çok Şiddetli Kurak SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Büyük Menderes havzasında (%8.1), Batı Akdeniz havzasında (%7.8), Küçük Menderes havzasında (%7.1) ve Gediz havzasında (%7.1) görülmüştür.



Şekil 4. 3-ay periyodunda (üstteki) ve 24-ay periyodunda (alttaki) Şiddetli Kurak (Severely Dry) SPI oluşumlarının yüzde dağılımları

Şekil 4’de 3-ay periyodunda (üstteki) Şiddetli Kurak SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde Dicle-Fırat havzasında (%9.4), Van havzasında (%6.7), Aras havzasında (%6.2), Kızılırmak havzasında (%6.2), Batı Karadeniz havzasında (%6.2), Susurluk havzasında (%6.1) ve Konya Kapalı havzasında (%5.8) bulunmuştur.

Şekil 4’de 24-ay periyodunda (alttaki) Şiddetli Kurak SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Küçük Menderes havzasında (%9.6), Gediz havzasında (%9.1) ve Batı Akdeniz havzasında (%8.8) görülmüştür.

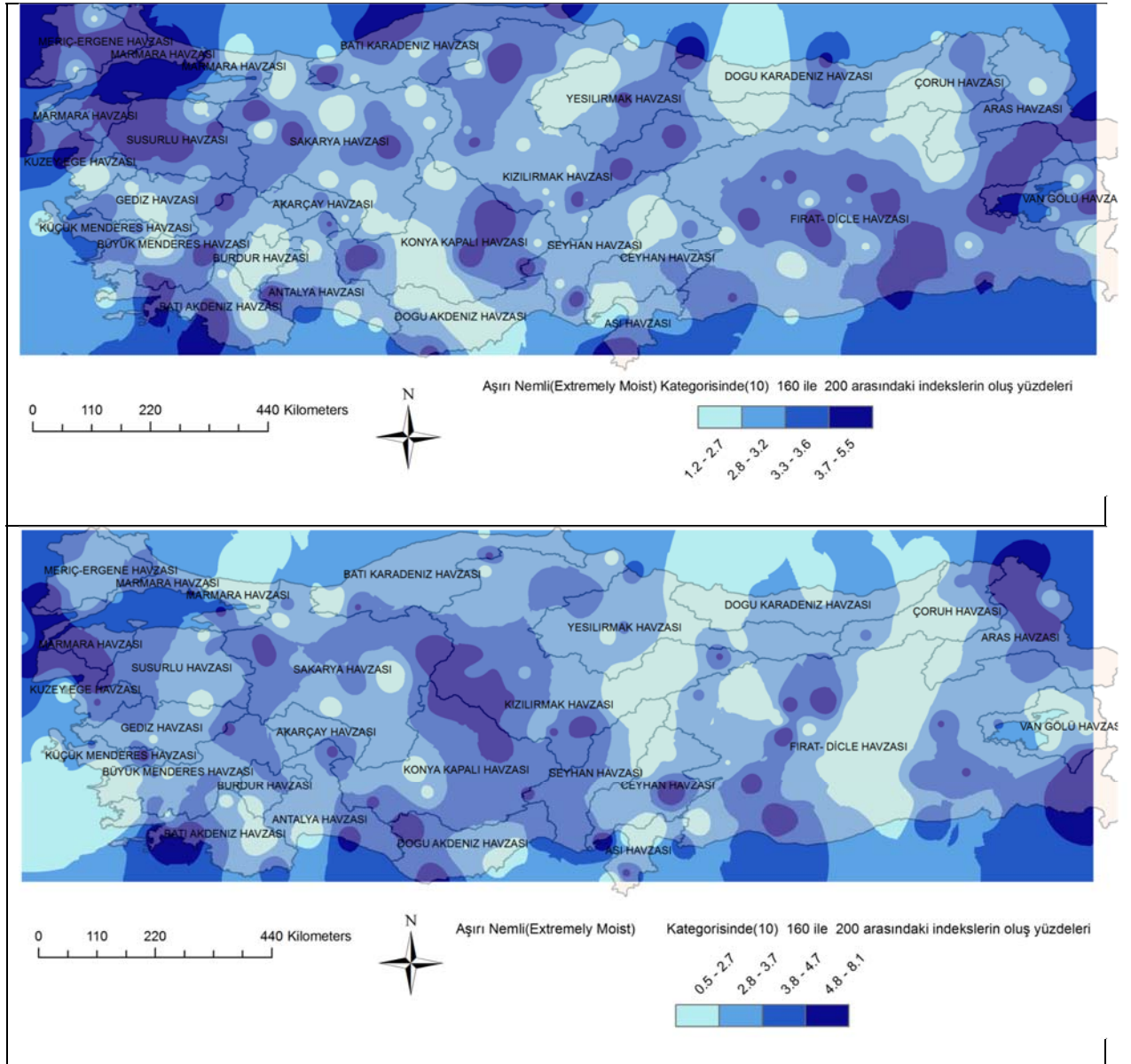


**Şekil 5.** 3-ay periyodunda (üstteki) ve 24-ay periyodunda (alttaki) Çok Nemli (Very Moist) SPI oluşumlarının yüzde dağılımları

Şekil 5’de 3-ay periyodunda (üstteki) Çok Nemli SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde Batı Akdeniz havzasında (%8.6), Aras havzasında (%6.6), Konya Kapalı havzasında (%6.5), Akarçay havzasında (%6.5) ve Kuzey Ege havzasında (%6.5) bulunmuştur.

Şekil 5’de 24-ay periyodunda (alttaki) Çok Nemli SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Doğu Akdeniz havzasında (%11.8), Dicle-Fırat havzasında (%11.4) ve Gediz havzasında (%11.4) görülmüştür.

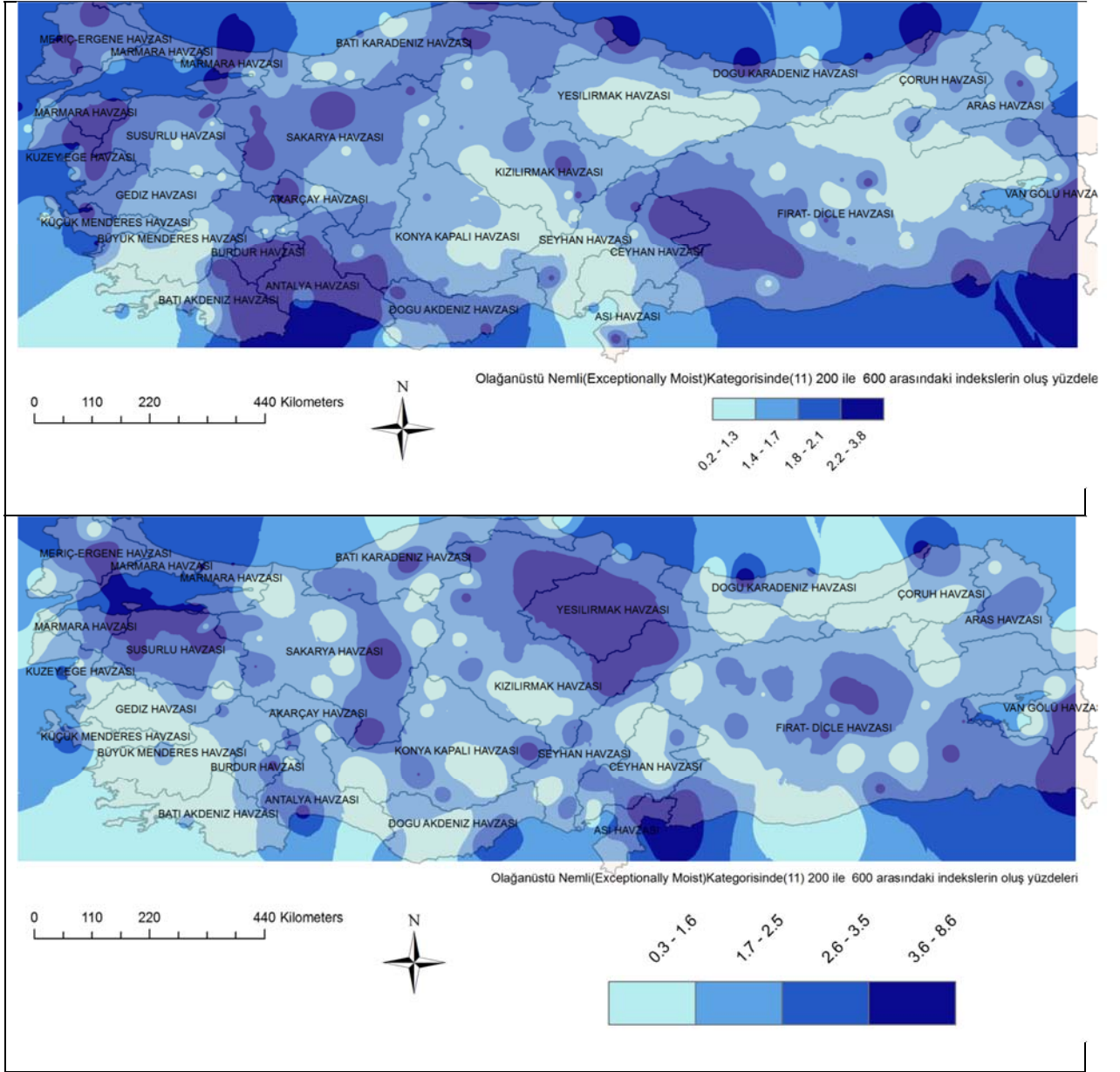




Şekil 6. 3-ay periyodunda (üstteki) ve 24-ay periyodunda (alttaki) Aşırı Nemli (Extremely Moist) SPI oluşumlarının yüzde dağılımları

Şekil 6'da 3-ay periyodunda (üstteki) Aşırı Nemli SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde Batı Akdeniz havzasında (%5.5), Konya Kapalı havzasında (%5.0), Kızılırmak havzasında (%5.0) ve Sakarya havzasında (%5.0) bulunmuştur.

Şekil 6'da 24-ay periyodunda (alttaki) Aşırı Nemli SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Aras havzasında (%8.1), Dicle-Fırat havzasında (%7.3), Batı Akdeniz havzasında (%7.1), Kuzey Ege havzasında (%7.1) ve Marmara havzasında (%7.1) görülmüştür.



**Şekil 7.** 3-ay periyodunda (üstteki) ve 24-ay periyodunda (alttaki) Olağanüstü Nemli (Exceptionally Moist) SPI oluşumlarının yüzde dağılımları

Şekil 7’de 3-ay periyodunda (üstteki) Olağanüstü Nemli SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde Burdur havzasında (%3.8), Dicle-Fırat havzasında (%3.7), Sakarya havzasında (%3.7), Van Kapalı havzasında (%3.6) ve Kuzey Ege havzasında (%3.6) bulunmuştur.

Şekil 7’de 24-ay periyodunda (alttaki) Olağanüstü Nemli SPI oluşumlarının yüzde dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler özellikle Van Kapalı havzasında (%8.6), Sakarya havzasında (%6.3) ve Dicle-Fırat havzasında (%6.1) görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlar farklı zaman ölçekleri kullanılarak kuraklık ve nemliliğin şiddetini ve süresini SPI metodu kullanarak belirleyebileceğimizi göstermektedir. Bu durumda geçmişe ait yağış verilerini kullanarak kurak veya nemli kategorilere göre SPI oluşumlarının yüzde dağılımları sayesinde ilgili havzadaki su kaynaklarının durumu, toprak nemi, nehirler, yeraltı suları, mevcut su kapasiteleri ve hidrolojik yönden planlamalar yapılabilir.

Nehir akımları ve akarsu havzalarındaki su kaynaklarına kuraklık ve nemlilik etkileri açısından Van Kapalı, Batı Karadeniz, Ceyhan ve Dicle-Fırat havzaları Olağanüstü Kuraklıktan etkilenmiştir. Büyük Menderes, Batı Akdeniz, Küçük Menderes ve Gediz havzaları Çok Şiddetli Kuraklıktan etkilenmiştir. Küçük Menderes, Gediz ve Batı Akdeniz havzaları Şiddetli Kuraklıktan etkilenmiştir. Buna karşılık Doğu Akdeniz, Dicle-Fırat ve Gediz havzaları Çok Nemlilikten etkilenmiştir. Aras, Dicle-Fırat, Batı Akdeniz, Kuzey Ege ve Marmara havzaları Aşırı Nemlilikten etkilenmiştir. Van Kapalı, Sakarya ve Dicle-Fırat havzaları Olağanüstü Nemlilikten etkilenmiştir. En fazla etkilenme %11.8 ile Çok Nemlilik kategorisinde Doğu Akdeniz havzasında görülürken, bunu gene aynı kategoride Dicle-Fırat (%11.4) ve Gediz (%11.4) havzaları izlemiştir. Karadeniz ve İç Anadolu havzalarında ise daha çok şiddetli kuraklık oluşumları hakim olmuştur.

#### 5. KAYNAKLAR

Haan,1977, Hydrological Methods in Hydrology

Komuscu A.U. 1999: Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News, (11) 7-11

McKee T.B., Doesken N.J. and Kleist J., 1993: The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Preprints, 8 th. Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, 179-184

McKee T.B., Doesken N.J., and Kleist J., 1994: Drought Monitoring With Multiple Time Scales. American Meteorological Society, Proceedings of 9 th.Conference on Applied Climatology, 233-236.

McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1995; Drought monitoring with multiple time scales. In Preprints, Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society: Dallas, TX. 233–236

Seiler R.R., Hayes M. and Bressan,L., 2002: Using the Standardized Index for Flood Risk Monitoring, International Journal of Climatology,22:1365-1376.

Sen Z, 2003: Su Bilimi ve Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, ISBN:975-6455-02-0.

Sönmez F.K., Kömüçcü A.Ü., Erkan A. and Turgu E., 2005: An analysis of spatial and Temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. Natural Hazards, 35, 243-265.

Thom, H.C.S. (1958). A note on the Gamma Distribution. Monthly Weather Review,86(4):117-122