

SPI VE PNI YÖNTEMLERİYLE TARIM YILI KURAKLIK ANALİZİ

Osman ŞİMŞEK¹, Belgin ÇAKMAK²

¹ DMİ Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı Zirai Meteoroloji Şubesi
06120 Kalaba, Keçiören, Ankara, TÜRKİYE, e-mail: osimsek@dmi.gov.tr

² A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
06110 Dışkapı, Ankara, TÜRKİYE, e-mail: bcakmak@ankara.edu.tr

ÖZET

Kuraklık, canlılar üzerinde büyük olumsuz etkileri olan, önemli ekolojik sorunların yaşanmasına neden olan, meteorolojik karakterli doğal bir afettir. 21. yüzyıl'da beklenen iklim değişikliği ve kuraklık, gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bu çalışmanın amacı, kuraklık izleme ve etkilerini azaltma çalışmalarının tamamlanmasına katkı sağlamaktır.

Bu çalışmada, Türkiye geneli için Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Normalin Yüzdesi İndeksi (PNI) yöntemleri kullanılarak aylık, mevsimlik ve tarım yılı bazında kuraklık analizleri yapılmıştır. SPI ve PNI yöntemlerine göre kuraklığın en fazla yaşandığı bölge Güneydoğu Anadolu olmuş, SPI'ya göre kuraklık 18 yıl ve %46.2'lik bir oranda, PNI'ya göre ise 9 yıl ve %23.1'lik bir oranda gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, SPI, PNI, Tarım yılı

AGRICULTURAL YEAR BASED DROUGHT ANALYSIS BY USING SPI AND PNI

ABSTRACT

Drought has been characterized as a meteorological natural disaster, which has profound negative effect on the living beings and led to major ecological problems. The expected climate change and drought scenarios in 21. century will have threatened the food security. The aim of this research is to contribute to the completion of studies which helps monitoring of drought and reduction of its effects.

In this study, monthly, seasonal and agricultural year based drought analyses for over all Turkey have been performed by using Standardized Precipitation Index (SPI) and Percent of Normal Index (PNI) methods. According to SPI and PNI methods, Southeastern Anatolia was the region which faced with drought at most. Drought was repeated 18 years with a rate of 46.2% by SPI and 9-year repetition period with a rate of 23.1% by PNI.

Key Words: Drought, SPI, PNI, Agricultural year

1. GİRİŞ

Kuraklık, canlıların yaşamı üzerinde çok büyük olumsuz etkileri olan, insanların çeşitli etkinliklerini sınırlayan, önemli ekolojik sorunların yaşanmasına neden olan ve her an afete dönüşebilen, meteorolojik karakterli bir doğal tehlikedir (Şahin ve Sipahioğlu,

2003). İnsanoğlunu etkileyen en önemli doğal afetlerden birisi olup, doğanın gizli bir tehlikesidir. İklimin sürekli tekrar eden bir olgusu olmakla birlikte hala tahmin edilememektedir. Meydana geldiği zaman, süresi, şiddeti ve etki alanı yıldan yıla değişmektedir. Bunun sonucunda ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler meydana getirmekte, bu etkiler zaman zaman insanlık için büyük tehlikeler oluşturmaktadır (Şimşek ve Çakmak, 2010). Kuraklık analizlerinde bir bölgedeki yağış ve evapotranspirasyon arasındaki dengenin uzun süreli ortalaması göz önünde bulundurulmalıdır. Kuraklık zamana bağlı bir parametredir (Graedel ve Crutzen, 2007). Yağışların başlangıcındaki gecikmeler, yağış-zaman ilişkisi, yağışların yoğunluk ve şiddeti kuraklık üzerine etkili bazı faktörler arasında yer alır. Yüksek sıcaklık, rüzgar ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler bir çok bölgede kuraklıkta etkili olur. Kuraklık yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak görülmemelidir. Onun, insan ve faaliyetlerinin su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum üzerinde çeşitli etkileri vardır (Shiklomanov vd., 2003).

Yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar tarım alanları üzerinde önemli düzeyde verim kayıplarına ve ciddi ekonomik gelir düşüşlerine neden olabilmektedir. Kuru havadan kaynaklanan nem azlığı bitki gelişmesi açısından zararlı canlıların gelişimi için elverişli bir ortam oluşturur ve zararlıların artmasına, bitki hastalıklarının çoğalmasına neden olur. Bu zararlı canlılar ve hastalıklar hem ürün miktarında önemli düzeyde kayıplara hem de ürün kalitesinde ciddi düşüşlere neden olur (Herdem vd., 2002). Yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar, süt üretimini, orman yangınlarını, ağaç hastalıklarını, çiftlik hayvanlarındaki ve balık üretimindeki kayıpları tetikler. Bunun sonucunda kırsal kesimden şehirlere göç artmaya başlar. Kuraklığın bir başka zararı ise ırmakların ve pınarların kurumması veya suyun azalması ile yabani hayvanların hayatının tehlikeye girmesi ve doğanın dengesinin bozulmasıdır.

Özellikle kuraklıkla mücadele ve etkilerinin azaltılması amacıyla, küresel ve ülkesel bazda son yıllarda önemli çalışmalar başlatılmış, bu bağlamda Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın (WMO) da desteği ile "Kuraklık İzleme ve Önleme" merkezleri oluşturulmuştur. Bu merkezlerin çalışmasında birinci aşama veri tabanı, değerlendirme ve haritalama aşamasıdır. Bunlar yapıldıktan sonra izleme, tahmin, araştırma, eğitim, felaketin planlanması ve yönetimi gelmektedir (Gathara vd., 2006).

Bu çalışmada, kuraklık izleme ve etkilerini azaltma çalışmalarında başlangıç aşamasının tamamlanmasına katkı yapacak veriler hazırlanmış ve analizler yapılmıştır. Bu çalışmalar yardımıyla, geçmişte meydana gelen kuraklık ve oluşan zararlar daha iyi analiz edilerek, gelecekte hangi aşamada hangi tedbirlerin alınması gerektiği konusunda planlamalar yapılabilecektir. Geçmişte, normal yıl bazında (Ocak-Aralık), değişik metotlar kullanılarak Türkiye için çok sayıda ve detaylı kuraklık analizleri yapılmıştır. Fakat tarımsal kuraklık değerlendirmesinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi ancak tarım yılının (Ekim-Eylül) esas alınması ile mümkün olacaktır. Ülkemizde tarım yılı bazında yapılmış kapsamlı kuraklık analizleri çok az olduğundan bu çalışma önemli bir eksikliği giderecektir (Şimşek, 2010).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

SPI ve PNI yöntemlerinin kullanılabilmesi için gerekli girdiler araştırılıp temin edilmiştir. Meteorolojik veriler DMİGM'den (DMİGM, 2009) alınmış olup, 260 Büyük Klima İstasyonu'na ait geçmiş ve aktüel verileri kapsamaktadır. İstasyonlar Türkiye

genelinde düzgün bir dağılım göstermektedir. Veriler, günlük olarak yağış değerleridir. Çalışmada SPI ve PNI yöntemleri için kesintisiz en az 30 yıllık verisi olan 151 istasyon kullanılmıştır.

Standart Yağış İndeksi (SPI)

SPI esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd., 1993). 1993 yılında McKee ve arkadaşları tarafından kuraklığın takibi amacıyla geliştirilen bu yöntem, dünyada kuraklık izlemesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir (Şaylan vd., 2003).

SPI metodu ile kuraklık değişimleri analizi yapılabileceğine örnek olması açısından Delphi V programlama dilinde SPI uygulama yazılımı geliştirilmiştir (Turgu vd., 2003). Bu yazılım sayesinde tek yada çoklu istasyon seçeneği ile aylık toplam yağış verileri kullanılarak geçmiş yıllara ait kuraklık analizi yapılabileceği gibi, ileriye dönük kuraklık tahmini de yapılabilmekte ve farklı kategorilerde kuraklık oluşumlarını sağlayan kritik yağış değerleri elde edilebilmektedir. Program istenilen istasyon için 3, 6, 12 ve 24 ay bazında bunların herhangi bir kombinasyonu için kuraklık indeksinin zaman ve yüzde oluşumunu hesaplayabilmekte ve aynı zamanda farklı kuraklık şiddeti kategorilerinde analize imkan vermektedir (Kömüşçü vd., 1999; 2000; 2003).

$$SPI = \frac{(X_i - \bar{X}_i)}{\sigma} \text{ Eşitlikte; } \quad (1)$$

- **SPI**: Standart Yağış İndeksi
- X_i : Aktüel yağış miktarı
- \bar{X}_i : Ortalama yağış miktarı
- σ : Standart sapma değeri

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 ve 24 aylık (i) 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) ayların değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri seti Gama dağılımına uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır. Thom (1958) Gama dağılımının klimatolojik zaman serilerine en uygun dağılım olduğunu ortaya koymuştur. Gama dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır (Haan, 1977).

SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü dönem kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken, indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee vd., 1994). SPI metoduna göre yapılan sınıflandırma Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 SPI metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma

SPI İNDİSİ DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
2.0 ve fazla	Olağanüstü Nemli
1.60 ile 1.99	Aşırı Nemli
1.30 ile 1.59	Çok Nemli
0.80 ile 1.29	Orta Nemli
0.51 ile 0.79	Hafif Nemli
0.50 ile -0.50	Normal Civarı
-0.51 ile -0.79	Hafif Kurak
-0.80 ile -1.29	Orta Kurak
-1.30 ile -1.59	Şiddetli Kurak
-1.60 ile -1.99	Çok Şiddetli Kurak
-2.0 ve düşük	Olağanüstü Kurak

Normalin Yüzdesi İndeksi (PNI)

PNI kuraklık indeksleri arasında en basitidir ve esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağış miktarının ortalamasına bölünmesiyle yüzdelik halinde elde edilir. PNI'nın hesabında yağışın 12 ay ve daha az periyotları da kullanılabilir (Willeke vd., 1994).

$$PNI = \left(\frac{P_i}{\bar{P}_i} \right) * 100 \quad \text{Eşitlikte;} \quad (2)$$

- **PNI** : Normalin Yüzdesi İndeksi
- **P_i** : Aktüel yağış miktarı
- **\bar{P}_i** : Ortalama yağış miktarı

PNI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak eşikten küçük olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. Eşiğin altına ilk düştüğü değer kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin eşikten yükseldiği değer ise kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir. Bu yöntemle kuraklık şiddeti kategorilere göre sınıflandırılır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 PNI metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma

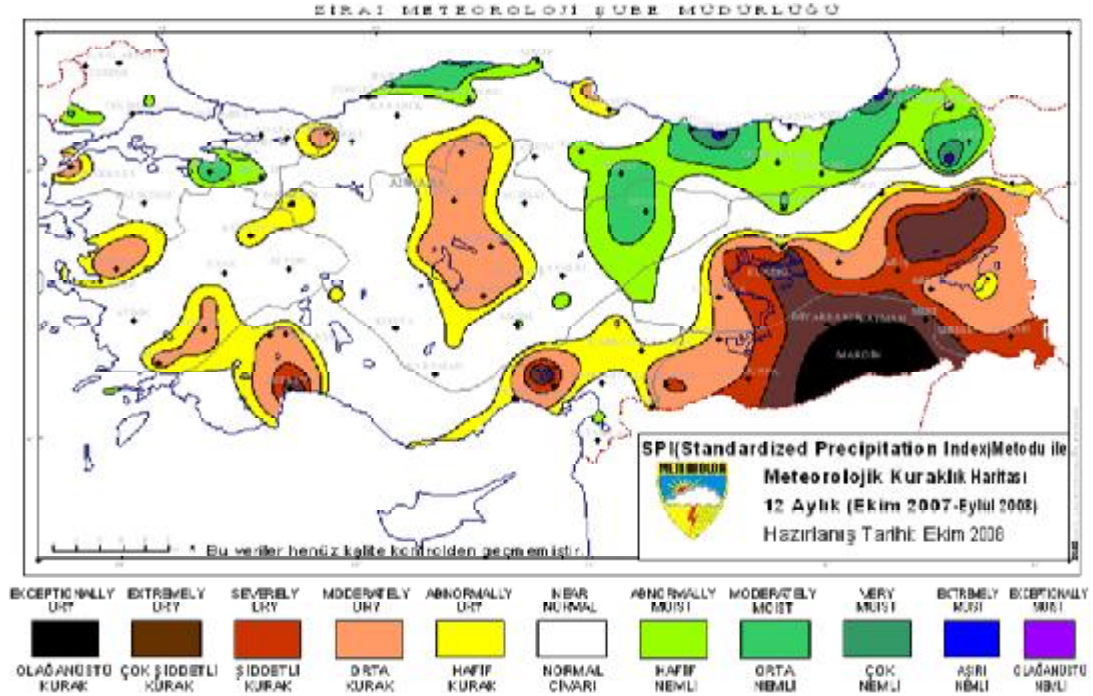
PERİYOT	NORMAL VE ÜZERİ (Risk Yok)	HAFİF KURAK (İzlemeye Başla)	ORTA ŞİDDETE KURAK (Uyarı)	ŞİDDETLİ KURAK (Acil Durum)
1	% 75 ten büyük	% 65 – % 75	% 55 – % 65	% 55 ten küçük
3	% 75 ten büyük	% 65 – % 75	% 55 – % 65	% 55 ten küçük
6	% 80 den büyük	% 70 – % 80	% 60 – % 70	% 60 tan küçük
9	% 83,5 tan büyük	% 73,5 – % 83,5	% 63,5 – % 73,5	% 63,5 tan küçük
12	% 85 ten büyük	% 75 – % 85	% 65 – % 75	% 65 ten küçük

3. BULGULAR

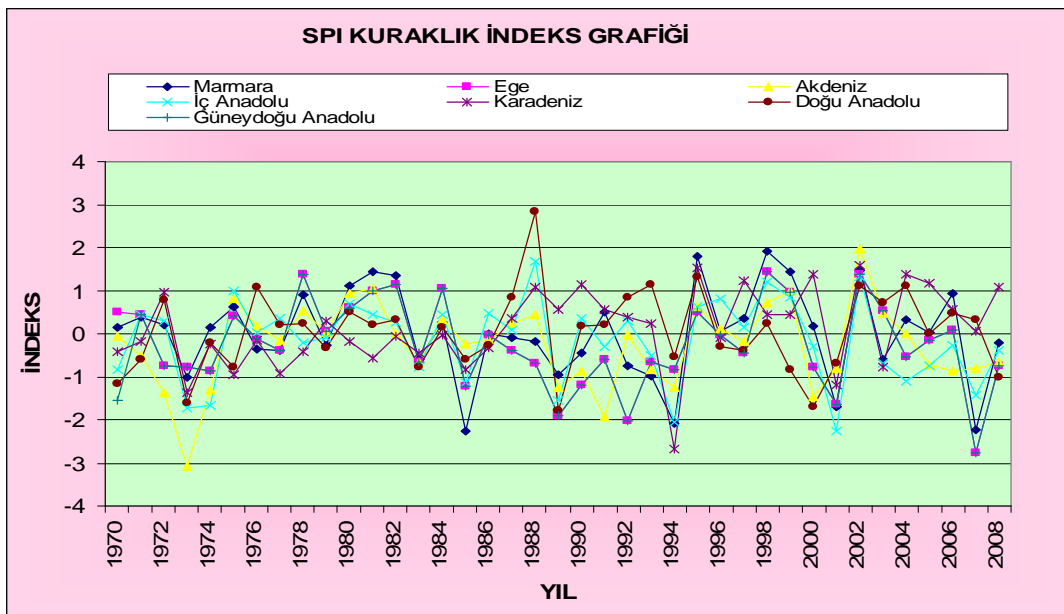
1970-2008 periyodundaki tarım yılları için SPI ve PNI yöntemleri kullanılarak Türkiye geneli kuraklık analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda hangi yılda hangi bölgenin ne derecede kuraklık yaşadığı, kuraklığın kaç yıl devam ettiği, tekerrür sayısı ve dönem içerisindeki yüzde olarak oranı tespit edilmiştir.

SPI ile tarım yılı kuraklık analizi

SPI yöntemiyle hazırlanmış kuraklık haritasında 11 sınıf bulunmaktadır. Siyaha doğru yapılan sınıflandırmalar kuraklığın arttığını, maviye doğru yapılan sınıflandırmalar ise nemliliğin arttığını göstermektedir. 2007-2008 Tarım Yılı'nda ülkemizin büyük kısmı normaller civarında olmakla birlikte Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın ve şiddetli kuraklığın mevcut olduğu görülmektedir (Şekil 3.1).



1970 yılından 2008 yılına kadar her bir tarım yılı ve her bir bölge için SPI metodu ile üretilen indis değerleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



En uzun süreli kesintisiz negatif değer (kuraklık), 1985-1994 yılları arasında (10 yıl) Ege ve Güneydoğu Anadolu'da görülmüştür. Karadeniz'de 1980-1986 yılları arasında 7 yıl, İç Anadolu'da 2003-2008 yılları arasında 6 yıl, Akdeniz'de 1989-1994 yılları arasında 6 yıl, Marmara'da 1987-1990 yılları arasında 4 yıl, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1972-1974 yılları arasında 3 yıl ve Türkiye genelinde 1989-1994 yılları arasında 6 yıl kurak dönem yaşanmıştır.

Normal ve civarı geçen yıl sayısı en az Ege ve Güneydoğu Anadolu'da 11 yıl olmuş, en fazla Türkiye genelinde 20 yıl olarak gerçekleşmiştir. En fazla tekrar eden sınıf "Normal Civarı" olarak görülmektedir. İkinci tekerrür sayısı en yüksek olan sınıf "Hafif Kurak" sınıfıdır. Ege ve Güneydoğu Anadolu'da 9'ar kez bu kuraklık görülmüştür. En az görülen kuraklık sınıfı ise "Olağanüstü Nemli" sınıfıdır. Bölgesel bazda olağanüstü nemli geçen yıl olmamıştır. Türkiye geneli için yapılan analizde 2001-2002 Tarım Yılı'nda olağanüstü nemli bir yıl yaşanmıştır. Olağanüstü kuraklık en fazla Marmara'da 3 kez görülmüştür. Doğu Anadolu'da ise olağanüstü kurak dönem hiç yaşanmamıştır.

Kuraklık sınıfının % olarak tekerrürüne baktığımızda Türkiye geneli % 2.6 oranında olağanüstü nemli ve olağanüstü kurak dönem yaşamıştır. % 51.3 oranında normal civarı kuraklık gerçekleşmiştir. Bölgeler bazında, olağanüstü nemli geçen dönem bütün bölgelerde hiç gerçekleşmemiş olup olağanüstü kurak geçen dönem oranı Marmara'da % 7.7, Ege'de % 5.1, Akdeniz'de % 2.6, İç Anadolu'da % 5.1, Karadeniz'de % 2.6 ve Güneydoğu Anadolu'da % 5.1'dir.

Tablo 3.1'de SPI ile kurak veya normal ve üzeri geçen yıl sayıları ile bunların yüzdeleri oranları verilmiştir.

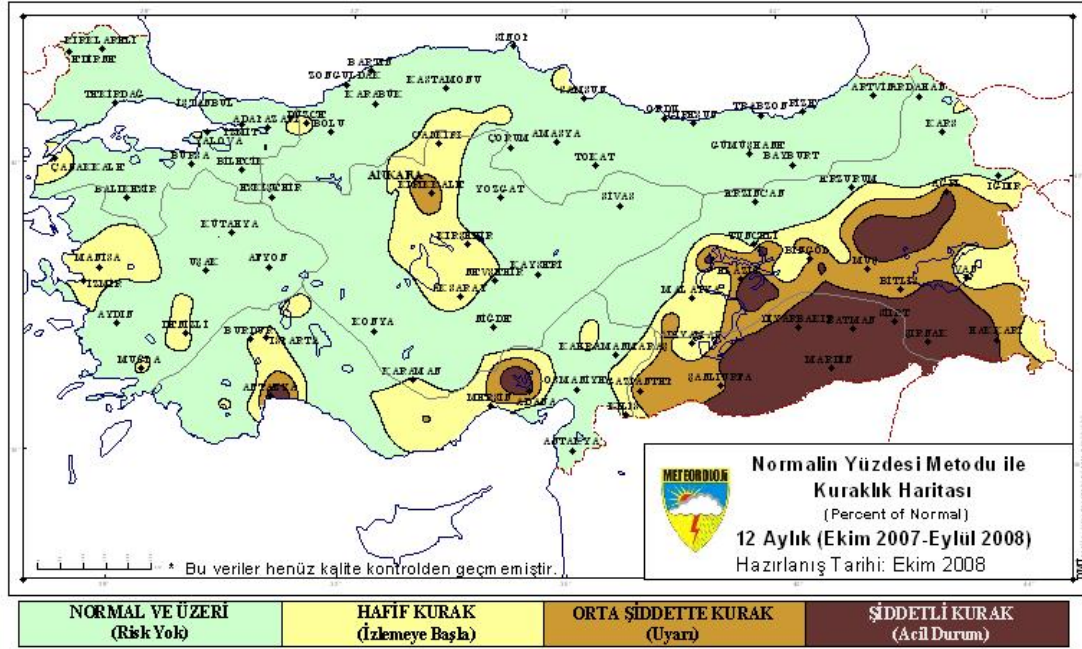
Tablo 3.1 SPI ile kurak olan ve olmayan yıl tekerrür tablosu

SINIFLANDIRMA	Normal ve Üzeri (Yıl)	Kurak (Yıl)	SINIFLANDIRMA	Normal ve Üzeri (%)	Kurak (%)
Marmara	30	9	Marmara	76.9	23.1
Ege	22	17	Ege	56.4	43.6
Akdeniz	23	16	Akdeniz	59.0	41.0
İç Anadolu	26	13	İç Anadolu	66.7	33.3
Karadeniz	31	8	Karadeniz	79.5	20.5
Doğu Anadolu	27	12	Doğu Anadolu	69.2	30.8
Güneydoğu Anadolu	21	18	Güneydoğu Anadolu	53.8	46.2

Kuraklığın en az yaşandığı bölge Karadeniz olmuş, kuraklık 8 yıl tekrar etmiş ve % 20.5'lik bir oran gerçekleşmiştir. Kuraklığın en fazla yaşandığı bölge ise Güneydoğu Anadolu olmuş, kuraklık 18 yıl tekrar etmiş ve % 46.2'lik bir oran yakalamıştır. En fazla nemlilik 31 yıl ve % 79.5'lik oranla Karadeniz'de, en az nemlilik ise 21 yıl ve % 53.8'lik oranla Güneydoğu Anadolu'da görülmüştür. Türkiye geneli ise 29 yıl ve % 74.4'lük oranla normal ve üzeri, 10 yıl ve % 25.6'lık oranla kurak geçmiştir.

PNI ile tarım yılı kuraklık analizi

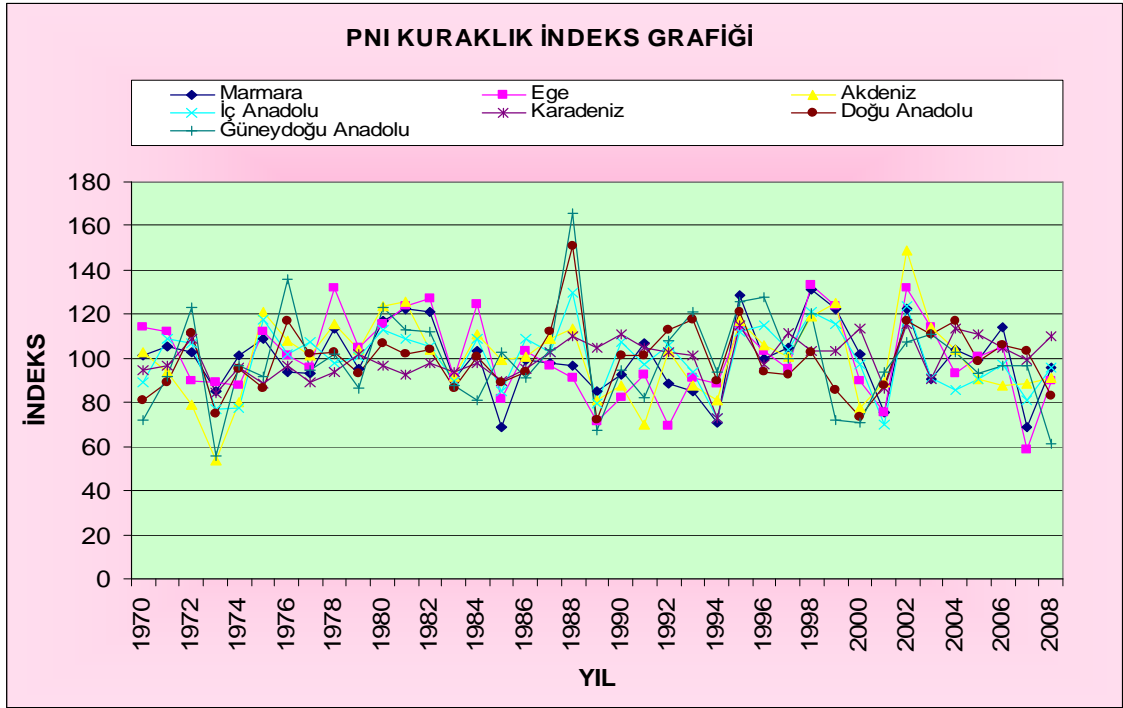
PNI yöntemiyle hazırlanmış kuraklık haritasında 4 sınıf bulunmaktadır. Kahverengiye doğru yapılan sınıflandırmalar kuraklığın arttığını göstermektedir. Yeşil olan normal ve üzeri nemliliği ifade etmektedir. 2007-2008 Tarım Yılı'nda ülkemizin büyük kısmı normaller civarındadır. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun güneyinde şiddetli kuraklığın mevcut olduğu görülmektedir. Adana ve Antalya civarlarında da noktasal olarak şiddetli kuraklık mevcuttur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 PNI kullanılarak hazırlanan 2007-2008 Tarım Yılı kuraklık haritası

1970 yılından 2008 yılına kadar her bir tarım yılı ve her bir bölge için PNI metodu ile üretilen indis değerleri aşağıda verilmiştir. İndis değerlerinin sınıflandırması metot bölümünde Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

PNI ile kuraklık analizinde en uzun süreli kurak dönem, 1987-1994 yılları arasında 8 yıl boyunca Ege'de görülmüştür (Şekil 3.4). Kesintisiz olarak yaşanan kurak dönemler, Karadeniz'de 1980-1986 yılları arasında 7 yıl, Marmara'da 1985-1990, İç Anadolu'da 2003-2008 yılları arasında 6'şar yıl, Akdeniz'de 2005-2008, Güneydoğu Anadolu'da 2005-2008 yılları arasında 4'er yıl, Doğu Anadolu'da 1973-1975 ve 1999-2001 yılları arasında 3 yıl olmuştur. Türkiye geneli için en uzun kurak dönem 1989-1994 yılları arasında 6 yıl olarak gerçekleşmiştir. Analiz edilen 1970-2008 döneminde görülen en yüksek değer 1988 yılında 165.9 olmuş, en düşük değer ise 1973 yılında 54.0 olarak tespit edilmiştir.

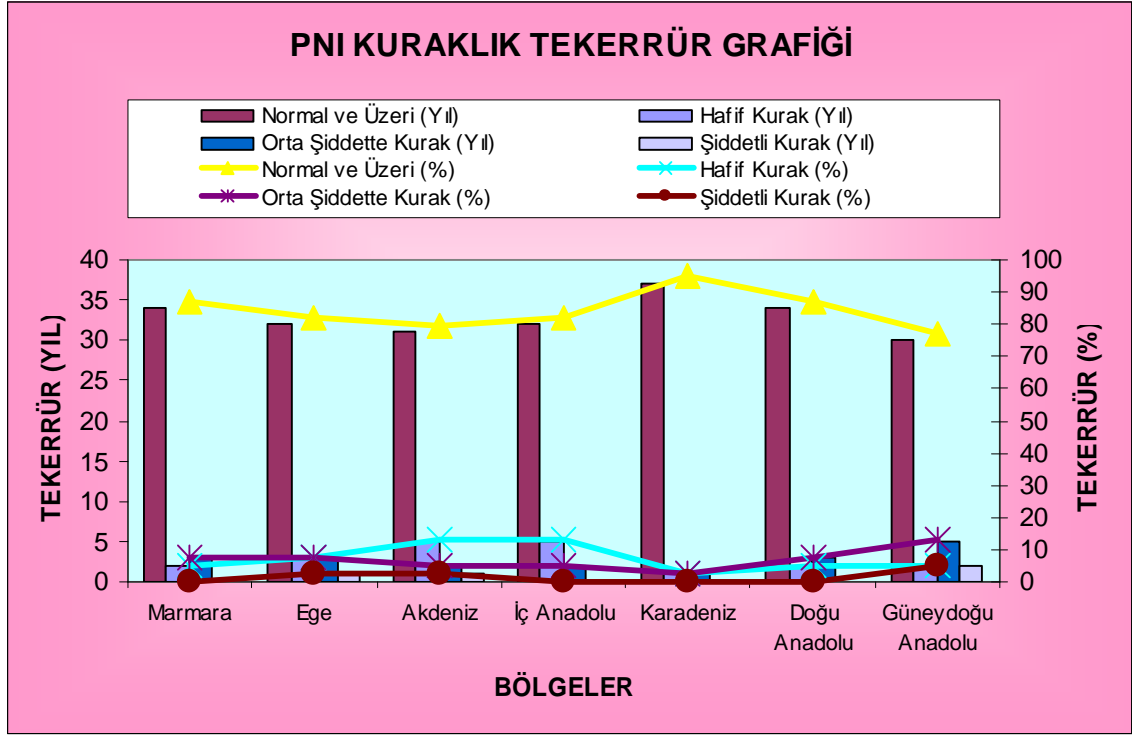


Şekil 3.5’de hangi kuraklık sınıfının toplam kaç yıl tekerrür ettiği ve % olarak hangi oranda görüldüğü de gösterilmiştir. Örneğin normal ve üzeri geçen yıl sayısı en az Güneydoğu Anadolu’da 30 yıl olmuş, en fazla Karadeniz’de 37 yıl olarak gerçekleşmiştir. En fazla tekrar eden sınıf “Normal ve Üzeri” olarak görülmektedir. İkinci tekerrür sayısı en yüksek olan sınıf “Hafif Kurak” sınıfıdır. Akdeniz ve İç Anadolu’da 5’er kez bu kuraklık görülmüştür. En az görülen kuraklık sınıfı ise “Şiddetli Kurak” sınıfıdır.

Bölgesel bazda Marmara, İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu’da şiddetli kurak geçen yıl olmamıştır. Ege ve Akdeniz’de 1 yıl, Güneydoğu Anadolu’da 2 yıl şiddetli kurak geçmiştir. Türkiye geneli için yapılan analizde 35 yıl normal ve üzeri, 2 yıl hafif kurak ve 1 yıl orta şiddette kurak dönem yaşanmıştır. Türkiye geneli değerlendirmede şiddetli kurak dönem yaşanmamıştır.

Türkiye geneli % 89.7 oranında normal civarı, % 7.7 hafif kurak ve % 2.6 orta şiddette kurak dönem yaşamıştır. Şiddetli kuraklık gerçekleşmemiştir. Bölgeler bazında, normal ve üzeri geçen dönem oranı İç Anadolu ve Ege’de % 82.1, Marmara ve Doğu Anadolu’da % 87.2 Akdeniz’de % 79.5, Karadeniz’de % 94.9 ve Güneydoğu Anadolu’da % 76.9’dur. Bölgesel bazda Marmara, İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu’da şiddetli kurak geçen dönem olmamıştır. Ege ve Akdeniz’de % 2.6, Güneydoğu Anadolu’da % 5.1 oranında şiddetli kurak dönem yaşanmıştır.

Kuraklığın en az yaşandığı bölge Karadeniz olmuş, kuraklık sadece 2 yıl tekrar etmiş ve % 5.1’lik bir oran gerçekleşmiştir. Kuraklığın en fazla yaşandığı bölge ise Güneydoğu Anadolu olmuş, kuraklık 9 yıl tekrar etmiş ve % 23.1’lik bir oran yakalamıştır. En fazla nemlilik 37 yıl ve % 94.9’luk oranla Karadeniz’de, en az nemlilik ise 30 yıl ve % 76.9’luk oranla Güneydoğu Anadolu’da görülmüştür. Türkiye geneli ise 35 yıl ve % 89.7’lik oranla normal ve üzeri, 4 yıl ve % 10.3’lük oranla kurak geçmiştir.



Şekil 3.5 PNI ile yıl ve % olarak kuraklık tekerrür grafiği

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Türkiye kuraklığın sürekli olarak tehdit oluşturduğu yarı kurak bir kuşakta yer almaktadır. Özellikle 1972, 1989, 2007 yıllarında yaşanan tarımsal kuraklık ülkemizde büyük üretim kayıplarına sebep olmuştur. Özellikle tarımda doğal koşullarının etkisine açık bir yapıda olan bitkisel üretimimizde kuraklık nedeniyle büyük dalgalanmalar oluşmuş, gıda açığı ve yüksek fiyatlar ortaya çıkmıştır. Şeker kamışı, mısır, soya fasulyesi, keten tohumu, kolza, buğday, hurma gibi tarımsal ürünlerin biyo yakıt olarak kullanılması nedeniyle üretim tüketimi karşılayamaz duruma gelmiş ve ürün fiyatları son dönemde hissedilir oranda yükselmiştir. Günümüzde de tarımda ve içme suyu temininde ciddi sıkıntılar yaşanmakta olup, 21. yüzyılda yaşanabilecek iklim değişikliği (IPCC, 2007) nedeniyle ortaya çıkacak kuraklığın bu sıkıntıların daha da artmasına sebep olması beklenmektedir.

Bu nedenle; meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın entegre bir şekilde, değişik disiplinlerden uzmanların oluşturduğu bir merkez tarafından sürekli olarak izlenmesi ve tehlike iyice büyümeden gerekli uyarılar yapılarak oluşabilecek zararların en aza indirilmesi sağlanmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- DMİGM. Meteorolojik Gözlemler. DMİ Genel Müdürlüğü, İstatistik ve Yayın Şube Müdürlüğü, Ankara, 2009.
- Gathara, S.T., Gringof, L.G., Mersha, E., Sinha Ray, K.C. and Spasov, P. Impacts of Desertification and Drought and Other Extreme Meteorological Events. WMO/TD-No. 1343, Geneva, Switzerland, 2006.
- Graedel, T.E. and Crutzen, P.G. Atmosphere, Climate and Change. New York, 2007.

- Haan, C.H. Statistical Methods in Hydrology. Iowa State University Press. Ames. 378 pp, Iowa, 1977.
- Herdem, Z., Dođan, M., Yeşilyurt, N., Akçı, M., Çelenk, H., Keskin, S., Pasin, V., Duman, H., Egemen, M., Dođan, O., Tutar, S., Kuzuođlu, E., Odabaşı, A. ve Koç, M. Buğday ve Arpa Tarımı. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2002.
- IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris, 2007.
- Kömüşçü, A.Ü. Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News, (11); 7–11, 1999.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A. ve Turgu, E. Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildirileri, Sayfa 268-275, 19-21 Mart 2003, İstanbul, 2003.
- Kömüşçü, A.Ü. ve Erkan, A. Kuraklık ve Çölleşme Süreci ve Türkiye Açısından Analiz ve Çözümler. Yayımlanmamış Rapor, 2000.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Preprints, 8th. Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA, 179-184, 1993.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. American Meteorological Society, Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology, 233-236, 1994.
- Shiklomanov, I.A. and Rodda, J.C. World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge Univ. Pres., Cambridge, 2003.
- Şahin, C. ve Sipahioğlu, Ş. Doğal Afetler ve Türkiye. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, S: 308:333, Ankara, 2003.
- Şaylan, L., Şen, O., Kadiođlu, M., Koçak, K., Toros, H., Çaldađ, B., Balkanoğulları, F. Avşar, F. ve Akbay, Ş. Trakya Bölgesi’nde Kuraklığın Asit Yağışları ve Yağış Rejiminin Belirlenmesi. İ.T.Ü. Araştırma Fonu Projesi Ara Raporu, İstanbul, 2003.
- Şimşek, O. Türkiye’de Tarım Yılı Kuraklık Deđerlendirmesi ve Bitki Gelişim Modeli İle Buđdayda Kuraklık-Verim Analizi. A.Ü. Ziraat Fak. Doktora Tezi, Ankara, 2010.
- Şimşek, O. ve Çakmak, B. Su Bütçesi Yöntemiyle Buğday Üretimi Risk Analizi. 1. Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu 27-29 Mayıs 2010. Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Cilt:1, s.431-441, K.Maraş, 2010.
- Thom, H.C.S. A note on the Gamma Distribution. Monthly Weather Review. 86 (4):117-122, 1958.
- Turgu, E., Erkan, A. ve Kömüşçü, A.Ü. Meteorolojik Kuraklık Analizinde Normalleştirilmiş Yağış İndeks (SPI) Modeli. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildirileri, Sayfa 257-267, 19-21, İstanbul, 2003.
- Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. and Guttman, N.B. The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report. 1994.