



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**AMPİRİK KOPULA TEMELLİ TÜRKİYE’NİN KURAKLIK
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET YARAMIŞ

Tez Danışmanı

PROF. DR. HASAN TATLI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

AMPİRİK KOPULA TEMELLİ TÜRKİYE’NİN KURAKLIK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET YARAMIŞ

Tez Danışmanı

PROF. DR. HASAN TATLI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Mehmet YARAMIŞ tarafından Prof. Dr. Hasan TATLI danışmanlığında hazırlanan ve **31/12/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**AMPİRİK KOPULA TEMELLİ TÜRKİYE’NİN KURAKLIK ANALİZİ**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Coğrafya Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Hasan TATLI (Danışman)

.....

Prof. Dr. Kasım KOÇAK

.....

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa AVCIOĞLU

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi :

.....

İSİM SOYİSMİ

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Mehmet YARAMIŞ

(Tarih) ../../20..

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Hasan TATLI'ya lisans hayatım boyunca karşılaştığım her problemde bana destek olan merhum hocam Prof. Dr. Telat KOÇ'a çalışma sũresince tũm zorlukları benimle gũęũsleyen, annem Hatun YARAMIŞ'a ve ablam Sabiha YARAMIŞ'a hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teőekkũrlerimi sunarım.”

Mehmet YARAMIŞ
anakkale, Ocak, 2022

ÖZET

AMPİRİK KOPULA TEMELLİ TÜRKİYE'NİN KURAKLIK ANALİZİ

Mehmet YARAMIŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Hasan TATLI

31/01/2022, 79

Bu çalışmada, çok değişkenli olasılık fonksiyonlarından; Ampirik Kopula Fonksiyonları kullanılarak, sıcaklık ve yağışın kuraklık üzerindeki etkilerinin ortak olasılıkları ile Türkiye ölçeğinde hem alansal hem de zamansal kuraklık değişimlerinin incelemesi yapılmıştır.

Bu tezde kuraklık izlemek amacıyla sıcaklık ve yağışın ortak olasılıklarından yararlanılarak geliştirilen Kopulla Kuraklık İndeksi (KKİ) kullanılmıştır. Elde edilen KKİ değerleri standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) ile kıyaslanmıştır. Analizlerde 12-aylık SYİ (SYİ-12) ve 12-aylık-KKİ (KKİ-12) kullanılmıştır. Elde edilen kuraklık indeksi değerlerinin Türkiye’de yaşanmış geçmiş yıllardaki kuraklık süreçleri ile mekansal ve zamansal değerlendirilmesi amacıyla [1973, 1974, 1991, 2001, 2007, 2008, 2015, 2016] yıllarına ait hem SYİ-12 hem de KKİ-12 haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile hazırlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; Türkiye’deki kuraklıkların oluşmasında büyük atmosferik sistemlerin yıl içinde konumlarındaki değişimlerin ülkeyi etkilemesi sonucu yağış noksanlığı olarak kendini gösterdiği söylenebilir.

Türkiye iklimini temsilen kış mevsimi için genelde Şubat ayı seçilir (Tatlı, 2021). Dolayısıyla, klimatolojik anlamda nemli bir dönemi gösteren Şubat ayı beklenenin aksine, özellikle 1973, 1974, 1991, 2001 ve 2008 yıllarında ülkenin büyük bir bölümünde kış kuraklıkları olarak kendini göstermiştir. Kurak geçen yılların hem nemli hem de kurak döneminin alansal dağılımında Türkiye’nin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz Bölgesi kuraklığın en hafif şiddetle yaşandığı bir bölge olmuştur. Kuraklığın gerek kurak ve gerekse nemli dönemde en fazla hissedildiği bölge ise Akdeniz Bölgesidir.

Genel olarak bakıldığında ise seçilen yıllar içerisinde, aşırı şiddetli kuraklığın yaşandığı yerler, ülkenin hemen her bölgesine dağıldığı görülür. Ancak, aşırı kuraklıkların sıklıkları göz önüne alınırsa; Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Ege, İç Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri şeklinde şiddet derecesine göre sıralanabilir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, Kopula, SYİ, KKİ, Türkiye



ABSTRACT

DROUGHT ANALYSIS OVER TURKEY BASED ON EMPIRICAL COPULA

Mehmet YARAMIŞ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master's Thesis of the Department of Geography

Advisor: Prof. Dr. Hasan TATLI

31/01/2022, 79

The combined probability of the impacts of temperature and precipitation on drought, as well as both regional and temporal drought fluctuations, were explored in this thesis using Multivariate Probability Functions and Empirical Copula Functions.

The Copulla Drought Index (KKI), which was established by combining the probability of temperature and precipitation, was used to monitor drought in this thesis. The KKI values obtained were compared to the standardized precipitation index (SPI). In the analysis, 12-month SPI (SPI-12) and 12-month CDI (CDI-12) were employed. Both SPI-12 and CDI-12 maps from the years [1973, 1974, 1991, 2001, 2007, 2008, 2015, 2016] were used for the geographical and temporal assessment of the acquired drought index values with the drought processes in Turkey. The maps were created with the use of a geographic information system (GIS).

According to the findings, variations in the locations of the major atmospheric systems during the year have an impact on the creation of droughts in Turkey, resulting in a lack of precipitation. Climatological era, which is a wet turkey in the month of February, contrary to predictions, 1973, 1974, 1991, 2001, and 2008, a substantial amount of winter in the month of February, Turkey has been observed droughts.

The spatial distribution of wet and dry years, as well as the wettest region during the dry period in Turkey, the Black Sea region, has been facing the most severe drought in the region. Drought in dry and humid areas impacted the region the most throughout the Mediterranean era. Overall, selected years in locations suffering extreme weather

Keywords: Drought, Copula, SPI, CDI, Turkey



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE / ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4

2.1. Kuraklık, Türleri ve İndeksleri.....	8
2.1.1. Kuraklık.....	8
2.1.1.1. Meteorolojik Kuraklık	10
2.1.1.2. Tarımsal Kuraklık	10
2.1.1.3. Hidrolojik Kuraklık.....	11
2.1.1.4. Sosyo-ekonomik Kuraklık.....	11
2.1.2. Kuraklık İzleme İndeksleri.....	12
2.1.2.1. Yüzey Su Sağlama İndeksi	16
2.1.2.2. Ürün Nem İndeksi.....	17
2.1.2.3. Normal Yüzde İndeksi.....	18
2.1.2.4. Desiller (Ondalıklar).....	19
2.1.2.5. Erinç İndeksi.....	20
2.1.2.6. Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi.....	21
2.1.2.7. De Martone Kuraklık Belirleme İndeksi.....	23

2.2.	Türkiye Topoğrafyası ve İklimi.....	25
------	-------------------------------------	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

	ARAŞTIRMA YÖNTEMİ / MATERYAL YÖNTEM	26
--	-------------------------------------	----

3.1.	Standartlaştırılmış Yağış İndeksi.....	27
3.2	Kopula Fonksiyonları	31
3.2.1	Parametre Tahmin Yöntemleri.....	33
3.2.2.	Marjinallere İlişkin Çıkarsama Yöntemi (IFM).....	33
3.2.3.	Ampirik Kopula.....	35
3.3.	Kriging Yöntemi.....	36

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

	ARAŞTIRMA BULGULARI	37
--	---------------------	----

4.1.	1973 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasın Desenleri.....	37
4.2.	1973 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri	39
4.3.	1974 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri	41
4.4.	1974 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	43
4.5.	1991 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	45
4.6.	1991 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	47
4.7.	2001 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	49
4.8.	2001 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	51
4.9.	2007 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	53
4.10	2007 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	55
4.11	2008 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	57
4.12	2008 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	59
4.13	2015 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	61
4.14	2015 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	64
4.15	2016 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	67
4.16	2016 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri.....	70

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER.....	72
KAYNAKÇA.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	79



SİMGELER VE KISALTMALAR

SYİ	Standartlaştırılmış Yağış İndeksi
KKİ	Kopula Kuraklık İndeksi
CSPDI	Kopula Fonksiyonlarına Dayalı Standartlaştırılmış Yağış İndeksi
PKŞİ	Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi
PHDİ	Palmer Kuraklık Hidrolojik İndeksi
EOF	Ampirik Ortogonal Fonksiyon
IFM	Marjinallere İlişkin Çıkarsama Yöntemi
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
YSSİ	Yüzey Su Sağlama İndeksi
ÜNİ	Ürün Nem İndeksi
CMI	Crop MoistreIndex
NYY	Normal Yağış Yüzdesi
RDI	Reconnaissance Kuraklık İndeksi
AI	Aridite İndeksi
IDM	Yıllık Kuraklık İndeksi
IM	Aylık Kuraklık İndeksi
P	Yıllı Toplam Yağış
T	Yıllık Ortalama Sıcaklık
Xi	Gözlenen Yağış
S	Serinin Standart Sapması
Pd	En Kurak Ayın Yağışı
Td	En Kurak Ayın Ortalama Sıcaklığı

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1.	Temel kuraklık indeksleri	15
Tablo 2.	YSSİ kuraklık sınıfları	17
Tablo 3.	Ürün nem indeksi kuraklık sınıfları	18
Tablo 4.	Desiller (ondalıklar) sınıfları	19
Tablo 5.	Erinç indeksine göre kuraklık sınıflandırması	20
Tablo 6.	Sulak ve kurak periyotlar için PKŞİ sınıflandırması	22
Tablo 7.	De Mortone kuraklık indeks değerleri ve iklim özelliği	24
Tablo 8.	Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) kuraklık sınıflandırması	28
Tablo 9.	Bazı kopula fonksiyonlarına ait denklemler	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1.	Kuraklık çeşitleri arasındaki bağıntı şeması	9
Şekil 2.	Kuraklığın doğal ve sosyal boyutu	12
Şekil 3.	Meteoroloji istasyonlarının Türkiye üzerindeki alansal dağılımı	27
Şekil 4.	Standart normal dağılımı	30
Şekil 5.	1973 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	38
Şekil 6.	1973 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	40
Şekil 7.	1974 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	42
Şekil 8.	1974 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	44
Şekil 9.	1991 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	46
Şekil 10.	1991 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	48
Şekil 11.	2001 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	50
Şekil 12.	2001 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	52
Şekil 13.	2007 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	54
Şekil 14.	2007 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	56
Şekil 15.	2008 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	58
Şekil 16.	2008 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	60
Şekil 17.	2015 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	63
Şekil 18.	2015 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	66
Şekil 19.	2016 Şubat ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	69
Şekil 20.	2016 Temmuz ayı SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık haritası	71

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Geçtiğimiz yüzyılda nüfus artışı neredeyse ikiye katlanmıştır. Buna bağlı olarak tüm alanlarda küresel su tüketimi artarak devam etmektedir. Günümüzde yaklaşık iki milyar insanın şiddetli su stresi yaşayan ülkelerde yaşadığı tahmin edilmektedir. İklim değişikliğinin dünya çapında kuraklık risklerini arttırdığı bilinmektedir. İklimin kurak ve yarı kurak bir şekilde hakim olduğu Akdeniz coğrafyasının bu durumdan en fazla etkileneceği alan olduğu düşünülmektedir. Kuraklık kümülatif ilerleyen bir süreç olduğundan etkileri aylar/yıllar sonra ortaya çıkar bu nedenle başlangıcını ve sonunu tahmin etmek oldukça zordur (Tatlı, 2021: 258).

Tüm kuraklıklar önce meteoroloji ile yani yetersiz yağışla başlar ve etkisi hidrolojik, tarımsal ve son olarak da sosyo-ekonomik kuraklık olarak kendini gösterir. İklim sisteminde meydana gelebilecek değişiklikler ve/veya değişimler, kendisine doğrudan bağlı olan alt sistemleri gecikmeli de olsa etkiler. Bu yansımalarından biri de meteorolojik kuraklıktır. Tarih boyunca medeniyetlerin karşı karşıya kaldığı temel sorunlardan biri, coğrafyanın su ihtiyacının karşılanmasından tarım, ulaşım ve modern kompleks endüstrilere kadar tüm sosyal ve ekonomik sektörleri etkileyen, sürekli tekrar eden kuraklıktır (Heim, 2002: 1149-1165).

Kuraklık ve etkilerinin incelenmesinde kullanılan yöntemlerin en belirleyici ve önemli girdisi olan yağışın kullanımı, yağışın mekânsal dağılımına, mevsimsel değişkenliğine ve tipolojisine, ortalama değerine, yeraltı su kaynaklarının arzına ve bitkilerin korunmasına bağlıdır (Türkeş vd., 2009: 2270-2282).

Kuraklık çalışmaları dört kategoride sınıflandırılabilir: ilki, kuraklığın oluşumuna ve bunun oluşmasına neden olan büyük atmosferik sirkülasyona (dolaşıma) ilişkin çalışmaları içerir. İkinci kategori, kuraklığın meydana gelme sıklığı ve şiddeti dahil olmak üzere, değişen derecelerde meydana gelme olasılığını karakterize eden çalışmaları içerir. Üçüncü kategori, kuraklığın etkilerini anlamak ve açıklamak için teori ve pratiği birleştiren çalışmaları içerir ve bu kategori ayrıca kuraklıkla ilgili kayıplar ve maliyetlere odaklanır. Söz konusu kayıplar ekonomik, sosyal ve çevresel olarak da sınıflandırılabilir. Son kategori ise zararı azaltma ve hazırlık stratejileriyle ilgili çalışmaları içerir.

Kuraklık sadece doğal ya da fiziksel olay olarak tanımlanmamalıdır. Bütün kuraklık türleri yağış noksanlığından kaynaklanmasına rağmen, kuraklık hem doğal hem de sosyal bileşene sahiptir. Herhangi bir bölgede kuraklık riski, diğer bir ifadeyle bölgenin olaya maruz kalabilmesi olasılığı (yani, çeşitli şiddet seviyelerindeki meydana gelme olasılıkları) toplumun hassasiyetinin bir sonucudur denebilir. Bu doğal olay, yani meteorolojik veya hidrolojik kuraklık, atmosferin küresel sirkülasyon desenindeki daimi büyük ölçekli desenlerinde (patternlerinde) bozulmaların meydana gelmesinin bir sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kuraklığa maruz kalma, daha çok mekânsal olarak değişir ve kuraklığın oluşumunu engellemek için yapacak çok az şey vardır. Diğer taraftan, kuraklığa karşı hassasiyetin, nüfus değişimleri (bölgesel veya kırdan kente), nüfus kaymaları, demografik özellikler, arazi kullanımı, çevresel bozulma, çevresel farkındalık, su kullanımı eğilimleri (trendleri), teknolojik gelişmeler, ekonomik politika ve sosyal davranış gibi sosyal faktörler tarafından belirlenir. Bu faktörler, zamanla şekil değiştirebilir ve böylece hassasiyetin bu değişimlerin tepkisine göre artış veya azalış sağlaması muhtemeldir. Hazırlık planı, risk değerlendirmeleri ve geliştirilmiş erken uyarı sistemleri kuraklığa karşı sosyal hassasiyeti büyük ölçüde azaltabilmektedir.

Kuraklığın etkileri hem alansal hem de zamansal olarak değişir. Her bölge veya havza hem topoğrafik açıdan hemde toplumsal bilinç açısından farklıdır. Günümüzde meydana gelen bir kuraklık olayı, geçmiş yıllarda meydana gelen bir kuraklığın şiddetine ve süresine benzeyebilir; fakat toplumsal bilinç değişimlerden dolayı, etkileri büyük bir olasılıkla belirgin farklılıklar gösterecektir. Böylece kuraklıktan kaynaklanan etkiler, bir doğal olay (doğal iklimsel değişkenlikten kaynaklanan yağış kıtlığı) ile suya olan talep ve insan kullanımlı sistemler tarafından doğal kaynaklar arasındaki etkileşimin sonucudur denilebilir. Örneğin, toplumların su ve diğer doğal kaynaklar üzerindeki talepleri kuraklığın etkilerini artırabilir. (Wilhite, 2007: 763-774).

Kuraklığın gelişme süresi ve şiddetine göre etkisi sosyo-ekonomik alanlarda gözlenebilir. Örneğin, Türkiye'nin tarım sektörü, kuraklıktan etkilenen sektörlerin başında gelir. Bu nedenle tarıma dayalı ekonominin sürdürüldüğü ülkemizde kuraklığın farklı değişkenler ve yöntemler kullanılarak izlenmesi akademik bir çalışmadan çok daha öte toplumsal bir gerekliliktir (Türkeş vd., 2009: 129-144).

Türkiye, sahip olduğu iklim özelliğinden dolayı, yağış klimatolojisi gereği su kaynakları bakımından zengin bir ülke değildir. Bu yüzden, 1970'li yılların başından beri

Orta ve Doğu Akdeniz havzasında ve Türkiye’de sürmekte olan kuraklaşma eğiliminin kuvvetlenebileceği olasılığı da dikkate alınarak, gelecekte karşı karşıya kalınabilecek olan ciddi su sıkıntısının önüne geçmek için, yasalarla desteklenen gerçekçi su politikalarının oluşturulması ve ivedilikle hayata geçirilmesi gerekir (Türkeş, 2011: 79-99).

Türkiye’nin bulunduğu konum ve buna bağlı olarak sahip olduğu iklim özellikleri kuraklık riskinden etkilenebilecek bir durumdadır. Bu nedenle Türkiye ölçeğinde yapılan kuraklık ile ilgi çalışmalar kuraklığın boyutunu değerlendirmek açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hem geçmiş yıllarda yaşanan kuraklık olaylarını KKİ yönteminin ne kadar temsil ettiği bulunmaya çalışılmış hem de 2015 ve 2016 gibi son yıllara ait veriler kullanılarak kuraklık riskinin ne boyutta olduğu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı kuraklık desenlerinin dağılımının klimatolojik açıdan SYİ ve KKİ kullanılarak elde edilmesidir.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE / ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkiye'de ilk kuraklık çalışmaları 1940'larda ortaya çıktı. Tanoğlu, (1943) ilk kuraklık çalışmasını yapmıştır. Tanoğlu, araştırmasında De Martonne'nin Kuraklık İzleme İndeksi'ni kullandı. Bu araştırma sonucunda Tanoğlu, Türkiye için bir kuraklık izleme indeks haritası çıkarmıştır.

Erinç, (1949) Thornthwaite'in formülünü kullanarak Türk klimatolojisini inceledi. Türk klimatolojisi üzerine yapılan bu çalışma, kurak ve yarı kurak bölgeleri tanımlayan ilk çalışmalardan biridir. Bu çalışmada Iğdır Ovası ve İç Anadolu yarı kurak bölgeler olarak belirlenmiştir.

Tümertekin, 1957 tarihli çalışmasında 1930-1951 yılları arasında 22 harita üretmiştir. Tümertekin bu çalışmada De Martonne Kuraklık İzleme İndeksi'ni kullandı. Bu çalışma sayesinde kuraklığın yıldan yıla değişimlerini görmek mümkündür. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Güneydoğu ve İç Anadolu'nun çöküntü ovaları, Akdeniz ve Ege kıyı bölgeleri ile Doğu Anadolu bölgesi kuraklıktan en çok etkilenen bölgeler olmuştur.

Erinç'in 1965 yılındaki çalışmasında, kuraklığın izlenmesi için yeni bir formül önerdi. Erinç bu çalışma için yıllık yağış verilerine dayalı bir harita oluşturmuştur. Nisan ve Ekim ayları arasındaki yedi aylık yağış verilerinin baz alındığı bu haritada yıl boyunca yağış değişimlerini görebiliyoruz. Bu çalışmada, ortalama yıllık yağış verilerine göre Türkiye'de tamamen kuru bir alan bulunmamaktadır. Araştırmaya göre, Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin çoğunda yarı kurak koşullar gözlemlendi.

Nişancı, (1976) kurak koşulların Türkiye üzerinde dağılışını bulmak amacıyla, Türkiye istasyonlarında ölçülmüş buharlaşma verilerini yağış verileri ile karşılaştırmıştır. Bu çalışma sayesinde buharlaşmanın yağış üzerindeki hem olumlu hem olumsuz yanları tespit edilmeye çalışılmıştır. Buharlaşma ve terleme (Evapotranspirasyon) yağış döngüsüne topoğrafyanın durumuna göre hem olumlu hem olumsuz katkı sağlayabileceğinden bu çalışma oldukça önemlidir. Araştırmacı bu çalışmasında topraktaki nem miktarına göre bir kuraklık analizi yapmıştır, topraktaki nem miktarının fazla olduğu alanlar nemli koşulları, topraktaki nem

miktarının az olduğu alanları ise kurak ve yarı kurak alanlar olarak belirlemiştir. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye’deki kurak alanlar İç Anadolu, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi olarak tespit etmiştir. Yarı kurak alanların ise Doğu Anadolu bölgesinde; Malatya, Erzurum, Erzincan, Elazığ, Van ve Iğdır illeri İç Anadolu bölgesinde ise; Çorum, Amasya illeri olarak tespit etmiştir.

Türkeş, 1990’ daki doktora çalışmasında, Erinç’in 1965 yılında önerdiği yağış verilerine göre oluşturulan kuraklık formülünü kullanmıştır. Türkeş bu çalışma ile yağışın hem alansal hem de yıllar arası zamansal değişimini ortaya koymuştur. Buna ek olarak Türkeş, normal dağılım frekansını kullanarak kuraklık ya da nemliliğin ölçüsünü tespit etmiştir. Buna göre Türkiye’de yağışların hem alansal hem de zamansal olarak farklılıklar gösterdiğini belirlemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye’de tam kurak sayılacak alanların olmadığını bunu yanısıra Iğdır ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde Ceylanpınar ilçesinde kurak koşullar belirlenmiştir. Yarı kurak alanların ise Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu bölgesi, Doğubeyazıt-Tuzluca yöreleri olduğunu belirlemiştir.

Koçak ve Şen (1998), “kurak ve yağışlı gün oluşumlarının Markov zinciri yaklaşımı ile uygulamalı incelenmesi” isimli çalışmalarında, yağış dışında farklı bir meteorolojik parametreye bağlı kalmadan, herhangi bir bölgeye gelecekte ne kadar bir yağış düşebileceğini öngörmek amacıyla Markov zinciri yaklaşımını Göztepe meteorolojisi istasyonunda ölçülmüş olan 30 yıllık günlük toplam yağış verilerine uygulamışlardır.

Sırdaş (2002) yapmış olduğu doktora Tezi çalışmasında kuraklığın Türkiye ölçeğinde alansal ve zamansal değişimini incelemiştir. Çalışmada 1930 ve 1990 yılları arasındaki Türkiye’deki 60 meteoroloji istasyonlarına ait yağış, sıcaklık ve nem verilerini kullanarak kuraklığın alansal ve zamansal değişimini gösteren haritalar üretilmiştir. Çalışmada, SYİ ile birlikte yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Kuraklık indeksi olarak adlandırılan bu yaklaşımda, bir yağış zaman serisinin en küçük değeri, standart sapmaya bölünerek kuraklık oranı elde edilmiştir. Türkiye’nin farklı klimatolojik bölgeleri için kuraklık oranı eklenmesiyle SYİ haritaları Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim ayları için elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçları arasında, yağış miktarlarıyla ilgili olarak ülkemizin kuzey kesiminde yağışların güneye göre daha yüksek olduğu, Doğu Karadeniz’de ve Batı Akdeniz’de yağış miktarının artarken İç Anadolu ve Ege bölgesinin doğusunda düşük yağış miktarlarına rastlandığı belirtilmiştir.

Shiau (2006)'da yayınlamış olduğu çalışmasında yağış ve sıcaklığın ortak olasılıklarını değerlendiren iki boyutlu bir kopula önermiştir. Çalışma iki boyutlu kopulaları kullanarak ortak kuraklık süresini ve şiddet dağılımını modellemeyi amaçlamaktadır. Marjlar için çıkarsamafonksiyonu yöntemi (IFM yöntemi) tek kutuplu marjinal dağılımların iki ayrı maksimum olasılık tahmini önce yapılır, daha sonra bağımlılık parametrelerinin bir fonksiyonu olarak iki değişkenli olasılığın maksimumuna çıkarılması ile kopulaları belirlemek için çeşitli kopulalar test edilir. Wushantou'n (Tayvan) Standartlaştırılmış Yağış İndeksinin (SYİ) ve önerilen metodolojiyi göstermek için seçilmiştir.

Türkeş vd., (2009) yaptıkları çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'nin Konya bölümünde yer alan Konya, Karaman, Aksaray ve Karapınar istasyonlarındaki baskın kurak dönemlerin, kuraklıkların başlangıç ve bitişleri ile şiddetlerinin belirlenmesinde Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi PKŞİ kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre, istasyonlarda belirlenen ortak-kurak dönemlerde yağışlarda gerçekleşen azalmaların %30 - 80 arasında değiştiğini ve yağıştaki azalmaların özellikle kış ve sonbahar mevsiminde belirginleştiğini belirtilmiştir. Su açığı miktarı (P-PET), kullanılabilir su ve PKŞİ zaman serilerine uyguladıkları Mann-Kendall trend analizine göre serilerde istatistiksel anlamda herhangi bir eğilim bulunmamasına karşın, genel bir azalma eğiliminin varlığına, yani daha kurak koşullara doğru bir gidişe işaret etmişlerdir.

Türkeş ve Tatlı (2009) yaptıkları çalışmada, Uyarlanmış Standartlaştırılmış Yağış İndisi olarak adlandırdıkları yeni bir yöntem ile Türkiye'deki kuraklık olaylarının şiddeti, frekansı ve alansal-zamansal desenlerini (pattern) tanımlamışlardır. Türkiye'nin klimatolojisi ve fiziksel coğrafyası göz önüne alındığında, önerdikleri metot kurak ve nemli yılları belirlemede klasik yaklaşımdan daha iyi sonuçlar verildiğini tespit etmişlerdir. Bu nedenle yazarlar, yıldan yıla yağışın çok değişken olduğu Akdeniz iklimi gibi yerlerde kuraklığın izlenmesi ve belirlenmesi için önerilen yeni SYİ'yi kullanmayı tavsiye etmişlerdir.

Tatlı ve Türkeş (2011)'in yaptıkları bir çalışmada kuraklık indekslerinin klimatolojik desenlerinin alansal dağılımını karşılaştırması amacıyla; PKŞİ, Palmer Hidrolojik kuraklık indeksi (PHDI), Palmer Nem Anomali İndisi (Z indeksi) ve Ağırlıklı Palmer Kuraklık Şiddeti İndislerine (WPDSI), Ampirik Ortogonal Fonksiyonlar (EOF) uygulayarak elde ettikleri desenler arasında bir farklılık olmadığını belirlemişlerdir. Diğer taraftan, P-PET 12 1 2 indeksinin EOF uygulaması ile elde edilen desenin diğerlerinden farklı olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmalarından elde ettikleri sonuç ise P-PET desenini dışarıda tutmak şartı ile kuraklığın iklimsel desenin incelenmesinde, yukarıdaki indislerden herhangi birinin diğerine üstünlüğü olmadığını belirtmişlerdir.

Chen vd., (2012) Kuraklığın bağımlılık modellerini, olasılıkları ve tepki sürelerini analiz etmek için iki boyutlu kopula analizi yerine dördüncü boyutlu bir kopula önermiştir.

Tatlı, 2021'deki çalışmasında kuraklıkları izlemek için sıcaklık ve yağış gibi çok çeşitli diğer hava değişkenleriyle ilgili koşullu olasılığı kullanan yeni bir indeks önermiştir. Çalışmada ortak olasılıkların bulunması amacıyla kopula fonksiyonları kullanılmıştır. Bu çalışmada önerilen kuraklık indeksi CSPDI olarak adlandırılmıştır. Sürekli bir kuraklık indeksi için yağışın sıcaklık gibi bir tür meteorolojik değişkene bağlı olacağını belirtir, yani koşullu olasılık yaklaşımına yenilik getirir. Genel olarak, değerlendirme, çoklu SYİ'ler sürecinde olduğu gibi ortak bir olasılık dağılımı kullanan bir kuraklık indeksi geliştirmeye yöneliktir. Tatlı, önermiş olduğu bu yeni indeks ile sadece kuraklığı değil aynı zamanda sıcaklık ve yağışın iklim değişimlerine olan etkisini değerlendirmek için indeksini İklim Sistemi modeli (CCSM-4) veri setleri üzerine inşa etmiştir. Tatlı, çalışma alanı olarak Rize, Erzurum, Şanlıurfa, Tunceli, Antalya, İzmir gibi yağış ve sıcaklık ortalamaları birbirinden farklı illeri seçmiştir. Çalışmada Rize ilinin CSPDI analizleri ile SYİ analizlerinin 1 ve 6 aylık periyotlar için değişmediğini fakat 12 aylık periyotta sıcaklığın bariz bir fark yarattığına değinmiştir. İkinci örnek, Erzurum ilidir. 1, 6, 12 aylık kuraklık indekslerine göre 1 aylık CSPDI sonuçları ile 1 aylık SYİ sonuçlarının birbiriyle örtüştüğü belirtilmiştir. 6 ve 12 aylık CSPDI analizlerinde ise kuraklıkta dalgalanmalar tespit edilmiştir. Üçüncü örnek izmir ilidir. CSPDI 1 ile SYİ 1 arasında önemli farklılıklar görülür. CSPDI 1 ve CSPDI 6 da kurak yani negatif bir süreç hakiken CSPDI 12 bu durum pozitifte dönmüştür. Dördüncü örnek, Şanlıurfa ilidir. Sıcaklık değerlerinin yüksek olması ve karassallığın etkisi ile CSPDI 1, 6, 12 de negatif kurak bir süreç gözlenmiştir. Beşinci örnek, Antalya ilidir. 1 ve 6 CSPDI sonuçlarına göre nemli ve normal dönemler hakimken CSPDI 12'de ise daha kurak bir dönem izlenmiştir. Son örnek Tunceli ilidir. Tunceli'deki belirli CSPDI paternlerinin Antalya ili kıyı şeridi ile aynı olduğu topoğrafyanın etkisi ile yüksek kesimlerde daha çok karasal özellikler vardır.

2.1. Kuraklık, Türleri ve İndeksleri

2.1.1. Kuraklık

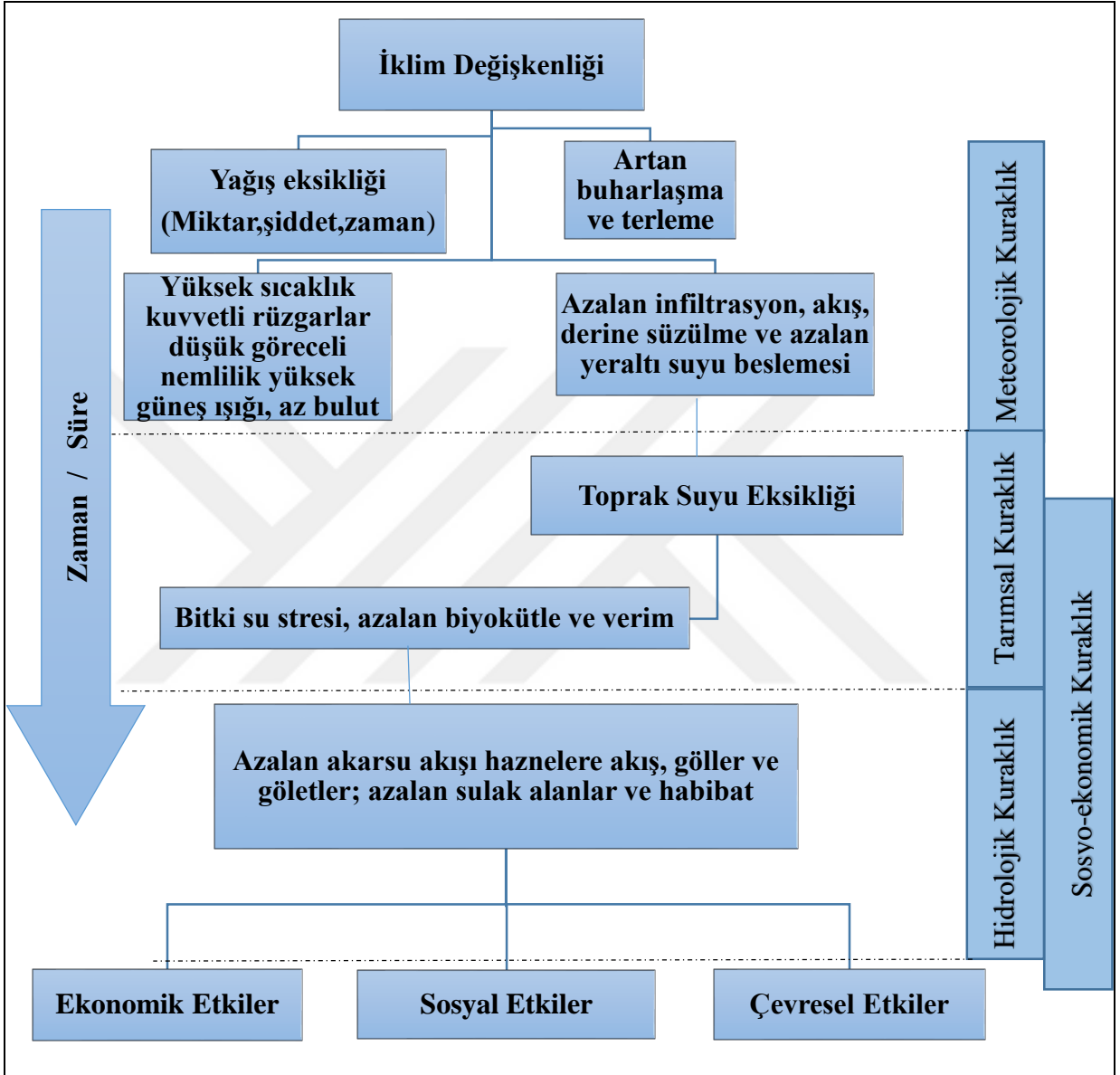
Pek çok kuraklık çalışmasında ortak bir kuraklık tanımı yoktur. Bununla birlikte, araştırmacılar aşağıdakiler gibi farklı tanımlarını yapmışlardır: “Hidrolojik, tarımsal ve meteorolojik kuraklık gibi bir ayrıma gidilmeksizin, genel olarak, yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, belirli bir zaman süresince ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın ya da normalin altında gerçekleşmesi sonucunda oluşan su açığı” olarak tanımlanan kuraklık ise, temel olarak şiddet, süre ve coğrafi yayılım bileşenleri ile nitelendirilebilen üç boyutlu bir doğa olayıdır” (Türkeş, 2007: 39).

“Kuraklık terimi, herhangi bir yerde uzun bir devre süresinde yağış azalması ya da eksikliğinden dolayı meydana gelen nem açığı, akarsu debisinin azalması, biyolojik ve tarımsal faaliyetlerde verimliliğin düşmesini ifade eder” (Atalay, 2013: 93).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)’ne göre; “Kuraklık, uzamış ve aralıksız devam eden yağış azalmasıdır.”

Kuraklık için; uzun bir periyotta meydana gelen yağış eksikliği sonucu, bölgesel ve sürekli olarak ortalama doğal su varlığının altında, gözlenen su varlığı tanımı yapılabilir.

Kuraklık neredeyse tüm iklim bölgelerinde meydana gelen ve tekrarlayan normal bir iklim özelliğidir. Normal iklim koşullarında meydana gelen sapmalar sonucu oluşan kuraklık bölgeden bölgeye önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Su yönetimi ve su talebi gibi insan faktörleri, kuraklığın bir bölge üzerindeki etkisini olumlu veya olumsuz yönde değiştirebilir. Kuraklık kümülatif ilerleyen bir süreçtir bu nedenle etkileri aylar/yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bu özelliğinden dolayı kuraklığın başlangıcını ve bitişini tahmin etmek zordur. Kuraklığın önlenmesi ve yönetimi zordur, olası ekonomik etkisi yavaş ancak potansiyeli (Gıda Temini) büyük ve tehlikelidir. Tüm kuraklıklar meteorolojik kuraklıktan ya da yağış eksikliğinden kaynaklanır ancak kuraklığın diğer türleri ve etkileri bu eksiliğin türevidir (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Türkeş (2014)'den uyarlanarak yeniden çizilmiş kuraklık çeşitleri arasındaki bağlantı akış şeması.

2.1.1.1. Meteorolojik Kuraklık

Belirli bir zaman periyoduna ait yağış normallerinden (en az 30 yıl) meydana gelen sapmadır. Kuraklık periyotları, belirlenen eşik değerinin altında yağışlı olan günlerin sayısı olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzündeki hemen her yerde yağış değerleri, bölgeden bölgeye hatta kısa mesafede bile çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu yüzden bir yerde kuraklığın oluşundan bahsedebilmek için yağış değerlerinin, belirlenen eşik değerinden daha az miktarda düşmesiyle o yörede meteorolojik kuraklığın yaşandığı söylenebilir. Ayrıca yarı kurak ve kurak iklim özelliğinin görüldüğü alanlarda, yağışın değişkenliği çok fazla olduğu için buralarda görülen kuraklık önemli ekolojik ve biyolojik yıkımlara neden olabilmektedir. Bu yüzden yağışın çok fazla değişkenlik gösterdiği araştırma sahası, kuraklık açısından çok hassas ve kırılğan özelliğe sahiptir. Meteorolojik kuraklıklar, diğer meteorolojik değişkenlere kıyasla yağış ve su açısından kaynaklanmaktadır (Tatlı, 2021: 259).

2.1.1.2. Tarımsal Kuraklık

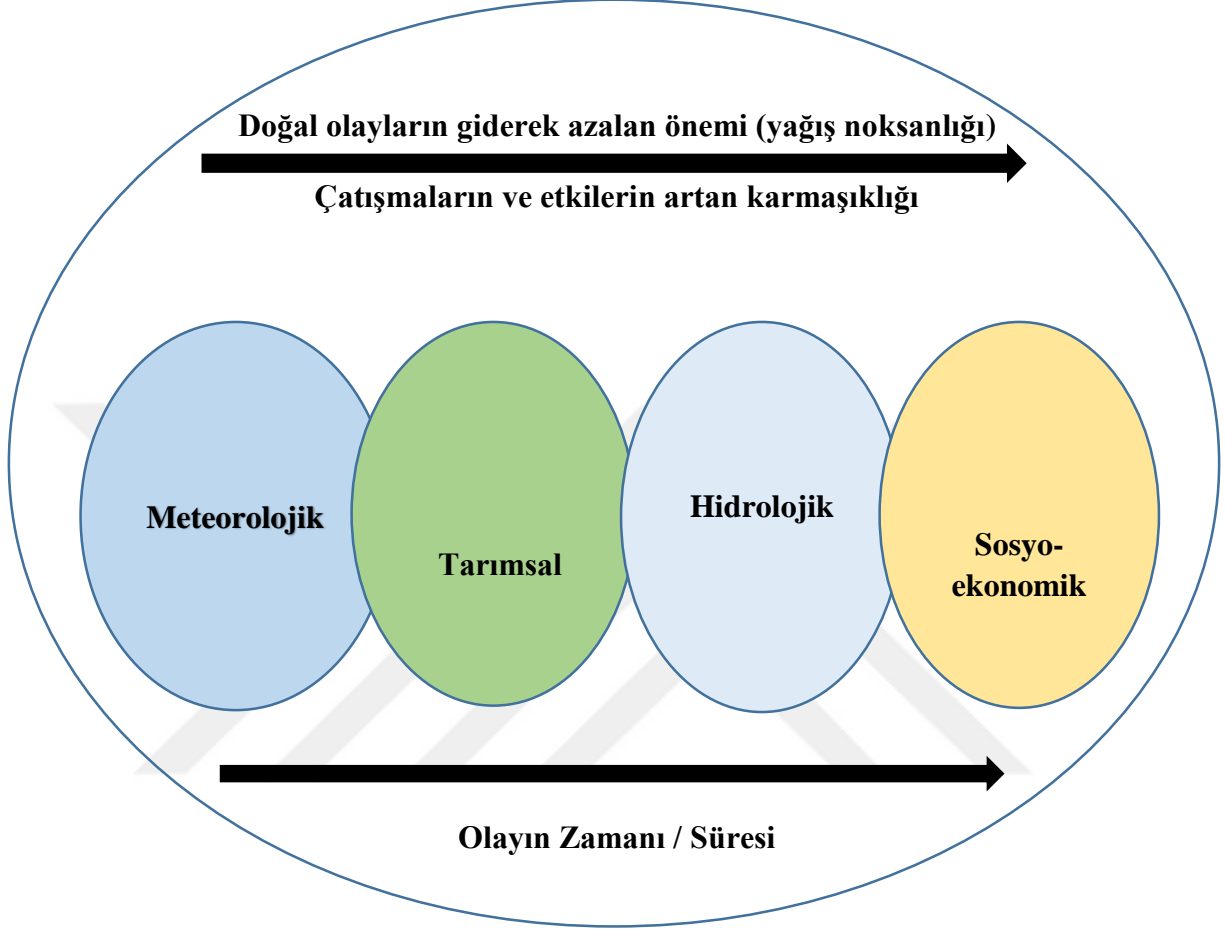
Bitkinin kök bölgesinde, büyüüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli kritik dönemde yeteri kadar toprak nemi almadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkar. Bu kuraklık modelinde klimatik (iklimsel) etkiler, vejetasyon (bitki) durumu ve pedolojik (toprak) faktörler gibi birçok faktör etkili olmaktadır. Tarımsal kuraklıktaki klimatik etkiler arasında, radyasyon süresi ve rüzgârın kurutucu etkisine bağlı olarak gerçekleşen buharlaşma miktarı, tarımsal kuraklığın klimatik etkilerini oluşturmaktadır. Ortam koşullarına hassas bitkinin yetiştirilmesi de tarımsal kuraklığın vejetasyonuyla ilgili kısmını oluşturmaktadır. Ortamdaki toprağın tuzlu, killi, kireçli vs. olması sonucu ya toprağın geçirimsizliğinden ya da topraktaki kimyasal özellikten dolayı, bitkinin dolaylı yoldan yaşadığı bir kuraklık olan fizyolojik kuraklıkların yaşaması da tarımsal kuraklığın pedolojik boyutunu oluşturur.

2.1.1.3. Hidrolojik Kuraklık

Uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yeraltı sularındaki azalma ve eksikleri ifade eder. Nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yeraltı suyu seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Hidrolojik kuraklık, akarsular, göller ve barajlar gibi yüzey sularıyla yeraltı sularında iklimik etkiler sonucu, su bütçesinde meydana gelen su açığıyla oluşan kuraklık çeşididir. Görülen bu kuraklık meteorolojik kuraklığın etkisinde gelişmekte olup, meteorolojik kuraklığın hemen ardından meydana gelmez. Hidrolojik kuraklık meteorolojik kuraklığın uzun zaman sürmesi sonucunda etkisini ortaya çıkarır. Görülen bu kuraklık kendi bölgesi dışında olan bir kuraklığın etkisinde kalarak mevcut alanı da etkileyebilmektedir. Örneğin, bulunduğu alan dışında, başka bir yerden kaynağını alan akarsuyun kaynak bölgesinde yaşanan kuraklık, akarsuyun geçtiği başka bölgeleri de negatif su bütçesiyle etkileyebilmektedir.

2.1.1.4. Sosyo-ekonomik Kuraklık

Sosyoekonomik kuraklık, meteorolojik kuraklık başta olmak üzere, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu kuraklık türü meteorolojik ve hidrolojik kuraklığa bağlı olarak meydana gelen su sıkıntısı ile tarımsal kuraklık sonucu ortaya çıkan gıda krizine bağlı olarak meydana gelmektedir. Yani daha çok ekonomik arz ve talep ile ilgili bir durumdur.



Şekil 2. Kuraklığın doğal ve sosyal boyutu (Wilhite (2005)'e göre yeniden çizilmiştir.

2.1.2. Kuraklık İzleme İndeksleri

Kuraklık yönetimi, genel olarak, kuraklık koşullarını belirlemede ve izlemede indekslere ve kuraklığa verilecek yanıtların etkinleştirilmesinde ya da karşı önlemlerinin harekete geçirilmesinde ise nesnel olarak belirlenmiş olan eşiklere (sınır değerlerine) yakından bağlıdır. Göstergeler ve eşikler, kuraklık koşullarının başlangıcını saptamak, kuraklık olaylarını ölçmek, izlemek, karşılaştırmak ve kuraklık afetinin büyüklüğünü nesnel olarak belirlemek açısından önemlidir (Türkeş, 2010: 395). Kuraklık izleme indeksleri, kuraklık potansiyelini ve riskini ortaya çıkarmak, zamansal ve mekansal dağılımını belirlemek için değerli öneriler sunmaktadır (Tatlı ve Türkeş, 2011: 981).

Kuraklık, kümülatif ilerleyen karmaşık bir süreçtir. Kuraklığın; şiddetini, süresini ve coğrafi dağılışını belirlemek, nitelendirmek ve izlemek için çok sayıda klimatolojik, meteorolojik ya da hidrolojik indeks kullanılır. Kuraklığın belirlenebilmesi için kuraklık indekslerinin doğru seçilmesi gerekir. Kuraklık indeksleri, kurak koşulların ortaya çıkışını ve evrimini çok açık bir şekilde tanımlar (Heim, 2002: 1149-1165).

Kuraklık indeksleri, tüm kuraklık çeşitlerini (meteorolojik kuraklık – normal yağış koşullarından negatif sapma; hidrolojik kuraklık – normal hidrolojik koşullardan negatif sapma; tarımsal kuraklık - ürünün büyümesi için gerekli olan normal toprak nemi koşullarından negatif sapma; sosyoekonomik kuraklık – toplumsal gereksinimleri karşılamada kullanılan su varlığının normal düzeyinden negatif sapması ya da normal düzeyinin altına inmesi) tanımlamak için kullanılabilir. Kuraklığın belirlenmesinde ve nitelendirilmesinde kullanılan göstergeler aşağıda verilen gereksinimleri karşılamalıdır.

- (a) Var olan meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal gözlem ve ölçüm sistemlerinden sağlanan veriler kullanılarak hesaplanabilmektedir;
- (b) Kuraklığın etkilerine açık sosyal, ekonomik ve çevresel sistemler ile öncelikli ve doğrudan bir ilgisi bulunmalıdır;
- (c) Bilgi kaybı en az olmalıdır;
- (d) Aşırı (çok düşük ya da yüksek) nitelendirme ve öngörü yapmamalıdır.
- (e) İzleme, erken uyarı ve öngörü için kullanılabilirliktir.

Ayrıca, iyi bir kuraklık nitelendirmesi, kaynakların, ölçüklerin ve çözümlemede kullanılan verinin güvenilirliği için bir ön tanının yapılmasını da içermelidir.

Kuraklık indekslerinden beklenen başlıca yarar, her coğrafi birimdeki (bölge, bölüm, yöre, havza, vb.) tarihsel kayıtlardaki meteorolojik, hidrolojik ya da tarımsal kuraklık dönemlerinin doğru bir biçimde nitelendirilmesinin sağlanmasıdır. Kuraklığın doğru nitelendirilmesi, karar vericiler, tarihsel iklim değişikliği ve değişebilirliğinin olağan dışılığı ve onun bir coğrafi alan üzerindeki etkilerinin ortaya konulması açısından nesnel bir ölçü olarak destekler. Kuraklık izlemesinin ise, gelişmekte olan olası bir kuraklık konusunda uyarı yapmak, nesnel bir kuraklık bildirisi ya da açıklaması ile şiddetli su kıtlığını ve sıkıntısını olabildiğince

önlemek için yeterli bir bilgi sağlama gibi önemli amaçları vardır. Bu yüzden, kuraklığın bu yönetsel bileşeni, tüm su kullanıcıları ve paydaşları için yaşamsal bir öneme sahiptir (Türkeş, 2010: 394).

Uygun bir kuraklık indeksi, kuraklığın çeşidine göre seçilir. Kuraklık göstergeleri, genel olarak ya planlanan ya da var olan yatırım ve hizmetlere bağlı olarak dikkate alınabilir. Gerçekte, bazı göstergeler izleme açısından, bazıları ise tarihsel kuraklık olaylarının çözümlemesi açısından daha uygun olduğu için, böyle bir ayrımı yapmak her zaman mümkün olmayabilir. İndekslerin birbirlerine göre üstünlükleri bulunur. Bu nedenle birden fazla kuraklık indeksini birlikte kullanmak, kuraklığın nitelendirilmesi ve sonuçların karşılaştırılması açısından daha ayrıntılı ve yararlı bilgiler sunacaktır.

Kuraklık indeksleri, genel olarak iklimsel değişkenler ve iklim ile ilişkili süreçler (örn. Toprak nemi ya da su içeriği) arasındaki karmaşık etkileşimleri birleştirerek görece daha kolay anlaşılmasını sağladığı için, yararlı yöntem ve yaklaşımlar olarak kabul edilir. Kuraklık indekslerinin kullanılması, iklimsel değişikliklerin şiddet, coğrafi yayılış ve oluşum sıklığı açısından niceliksel olarak değerlendirilmesine izin vermesinin yanı sıra, hem karar vericiler hem de toplum ve yurttaşlar arasında kuraklık konusunda bilgi değişimini sağlar.

Kuraklık olaylarını belirlemek, nitelendirmek ve izlemek amacıyla, farklı kuraklık indeksleri ve yöntemleri önerilmiştir (Tablo 1). Kuraklık indekslerinin bazıları, yağış dizilerine dayanır ve meteorolojik kuraklıklarla ilgiliyken, bazıları ise, hidrolojik veya tarımsal kuraklıkları ve kentsel su sağlama sistemlerindeki su açıklarını tamamlamaya yöneliktir. Çok sayıda kuraklık göstergesinin varlığı, herhangi bir kuraklık olayının açık bir biçimde tanımlanmasındaki zorluktan kaynaklanır. Günümüzdeki yaygın yaklaşım, örneğin ABD, İtalya, Yunanistan, İspanya, Fransa ve bazı kuzey Afrika ülkelerinde olduğu gibi, bir meteorolojik ve hidrolojik (hidrometeorolojik değişkenleri ve su kaynaklarını içerir) izleme sistemi içindeki farklı göstergelerden oluşan bir indeks grubunun uygulanmasını içerir. Bu tür meteorolojik ve hidrolojik izleme, kamuya ait çeşitli izleme merkezlerince ve üniversitelerin ilgili bölümleri ve araştırma birimlerince deteklenir. İzleme merkezlerinin başlıca amacı, bir kuraklık olayının başlangıcının zamanında belirlemek ve kabul edilmesi konusunda karar vericileri desteklemek ve doğru bilgilendirmektir (Türkeş, 2010: 396).

Tablo 1. Temel kuraklık izleme indeksleri Türkes (2010)'dan uyarlanarak yeniden çizilmiştir.

Kuraklık Göstergeleri	Gerekli Veri	İşlevi ve Kullanım Alanı
Desiller (Onda birler)	Yağış (yağmur, çisenti, kar, dolu, vb. hidrometeorları içerir.	Meteorolojik
Erinç Kuraklık (Yağış Etkinliği) İndeksi (ım)	Yağış ve Maksimum Sıcaklık	Klimatolojik ve iklim değişikliği senaryolarına uygun
Standardize Yağış İndeksi (SYİ)	Yağış	Meteorolojik izleme ve öngörü için kullanılır
Yağış Anomali İndeksi yada Normalleştirilmiş Yağış Anomali İndeksi	Yağış	Meteorolojik; aşırı olaylara karşı duyarlı
Reconnaissance Kuraklık İndeksi (RDI)	Yağış, Potansiyel evapotranspirasyon (PE)	Meteorolojik; İklim değişikliği senaryolarına uygun
Aridite İndeksi (A/)	Yağış, PE	Meteorolojik ve klimatolojik; İklim değişikliği senaryolarına uygun izleme için kullanılır
Gidiş(ler) Çözümlemesi	Yağış, Akım	Meteorolojik ve hidrolojik; tarihsel kuraklık olaylarının, alansal ve zamansal çözümlemesinde kullanılır
Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PKŞİ)	Yağış, sıcaklık, toprak nemi (toprak su içeriği AWC)	Meteoroloji; tarımda etkili, tarihsel çözümlemelerde verisk çözümlemelerinde kullanılır
Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (PHD/)	Yağış, sıcaklık, toprak nem koşulları	Hidrolojik; izleme açısından etkili
Palmer Nem Anomali İndeksi (Z İndisi)	Yağış, sıcaklık toprak nem koşulları	Agro-Hidrolojik
Yüzey Su Temini İndeksi (SWS/)	Kar yağışı, yağış, akım, su hazneleri	(Tarımsal Hidrolojik) Hidrolojik; kar yağışının önemli olduğu durumlarda etkili
Ürün Nem İndeksi (CM/)	Yağış, sıcaklık toprak nem koşulları	Tarımsal
Toprak Nemi Anomali İndeksi (SMA/)	Toprak nem koşulları, PE, potansiyel akış	Tarımsal hidrolojik

Günümüz dünyasında temel işlevlerine göre sıklıkla kullanılan indeksler vardır. Bunlardan başlıcaları McKee vd., (1993) tarafından geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ), Palmer (1965)'ın geliştirdiği Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PKŞİ) ve onda birler (desiller) indeksleridir. Öte yandan, izleme amacına yönelik olarak kullanılan en yalın ve görece kolay hesaplanabilen indeksler, tek bir klimatolojik değişkene, başka bir deyişle yağışa dayanan SYİ ile hesaplanmasında yağışa ek olarak ortalama maksimum sıcaklığın kullanıldığı Erinç Kuraklık İndeksi (Im) ve PE'ye gereksinim duyulan Reconnaissance Kuraklık İndeksi (RDI) ya da Aridite İndeksi'dir (AI) (Türkeş, 2010:396).

2.1.2.1. Yüzey Su Sağlama İndeksi (YSSİ)

Shafer ve Dezman, (1982) Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksinde tespit ettikleri eksikleri tamamlamak amacıyla Yüzey Su Sağlama İndeksini (YSSİ) geliştirmiştir. Palmer Kuraklık İndeksi, toprak nemi şartlarına homojen bölgelerde cevap verir. Farklı topoğrafik değişimlere ait bölgeler için düzenlenmemiştir. Biriken kar örtüsü ve sonraki yağış için hesap edilemez. Bu nedenle Shafer ve Dezman, ana bileşeni dağ kar örtüsü olan Yüzey Su Sağlama İndeksini geliştirmiştir. YSSİ için 4 girdi gerekir bunlar; kar yığını, akış, yağış ve su toplama haznesindeki depolamadır. YSSİ girdileri kış ve yaz mevsimine göre değişkenlik gösterir. Kışın temel girdiler kar örtüsü, yağış ve su biriktirme haznesi iken yazın kar örtüsü yerine akım girdi olarak eklenir. Ancak, kar erimesi, bu indise dahil edilmemiştir. Palmer Kuraklık indeksinde olduğu gibi Yüzey Su Sağlama İndeksi de -4,2 ve +4,2 arasındaki değerlere sahiptir (Tablo 2). Bu indeksin avantajları şunlardır. (Sırdaş, 2002: 45 ; Akbaş, 2013: 39).

1. Yüzey su kaynaklarının ölçülüp hesaplanmasında kolaylık sağlar.

2. ABD' batı bölgelerinde gayet iyi sonuçlar verir.

Bu indeksin kısıtlamaları şunlardır.

1. Sisteme dahil edilen her yeni bileşen için tekrar modelleme yapılması ve eklenen bileşenin etkisinin ölçülmesi için tekrar sıklık analizi yapılmalıdır.

2. YSSİ'ne eklenen her yeni bileşen için yeni algoritmalar geliştirmek gerekir.

Tablo 2. YSSİ kuraklık sınıfları

SWSI Değerleri	Şiddeti
-4,2 ve -3,0	Ekstrem kurak
-2,9 ve -2,0	Orta derecede kurak
-1,9 ve -1,0	Çok az kurak
-0,9 ve 1,0	Ortalamaya yakın
1,1 ve 2,0	Çok az nemli
2,1 ve 3,0	Orta derecede nemli
3,1 ve 4,2	Ekstrem nemli

2.1.2.2. Ürün Nem İndeksi (ÜNİ)

Ürün Nem İndeksi (ÜNİ) İngilizcede buna Crop moistureIndex (CMI) adı verilir. ÜNİ bitkiler için meteorolojik şartların haftadan haftaya izlenmesini sağlayan bir indekstir. 1968 yılında Palmer tarafından PKŞİ hesaplama yöntemiyle yapılmıştır. PKŞİ uzun süreli kuraklık ve nemli gidişler hakkında bilgi verirken ÜNİ ise kısa dönem içinde bitkinin ihtiyaç duyduğu nem oranı hakkında bilgi verir. ÜNİ sıcaklık ortalamasına ve yağış toplamına bağlıdır. ÜNİ kısa dönem nem şartlarını izlemek için geliştirilmiştir. Uzun dönem izlemlerde bu indeks başarılı değildir. Kısa dönem değişimlerinde hızlı bir şekilde yanıt verdiği için uzun dönem şartlarında yanlış veri elde edilebilir. Kurak dönem genellikle bir kaç yılı aştığı için nem şartlarını izlemeyi önler. Bu durum ÜNİ'nin başlıca sınırlamasıdır (Sırdaş, 2002: 45 ; Akbaş, 2013: 39). Ürün Nem İndeksi -4,2 ve +3 arasındaki değerlere sahiptir (Tablo 3).

Tablo 3. Ürün Nem İndeksi kuraklık sınıfları

Ürün Nem İndeksi (ÜNI) değeri	Şiddeti
$\leq -4,00$	Ekstrem kurak
-3,00 ve -3,99	Şiddetli kurak
-2,00 ve -2,99	Aşırı kurak
-1,00 ve -1,99	Anormal kurak
0,99 ve -0,99	Hafif kurak / Uygun nem
1 ve 1,99	Anormal nemli
2 ve 2,99	Nemli
$\geq 3,00$	Aşırı nemli

2.1.2.3. Normal Yüzde İndeksi (NYY)

Bir yer için yağışın en basit ölçümlerinden biri (NYY) Normal yağış yüzdesidir. Normalin yüzdesi, tek bir bölge veya mevsim için kullanıldığında oldukça etkin bir indekstir. Aktüel yağışın, normal yağışa (genellikle 30 yıllık ortalama baz alınır) bölünmesiyle hesaplanır ve 100 ile çarpılarak sonuç % (yüzde) değer olarak yazılır. NYY indeksi, belirli bir mevsimi temsil eden aydan, bir grup aya, yıl veya su yılına göre çeşitli zaman dilimleri için hesaplanabilir. Normal yağışın kullanılmasındaki dezavantajlardan biri ortalama yağışın, uzun süreli iklim kayıtlarında izlenen yağışın %50'si tarafından aşılmış değer olan medyan yağışı ile aynı olmasıdır. Bunun sebebi, aylık, veya mevsimlik ölçekteki yağışların dağılımının normal olmamasıdır. Normalin yüzdesi indeksinde medyan ve ortalamanın aynı dolayısıyla verinin normal dağılıma uyduğu kabul edilmektedir (Smith vd., 1993: 11–12 ; Sırdaş, 2002: 45 ; Akbaş, 2013: 39).

2.1.2.4. Desiller (Ondalıklar)

Diğer bir kuraklık izleme de ondalıklar halinde aylık yağış verilerinin düzenlenmesidir. Normalin yüzdesi indeksindeki bazı sınırlamalardan dolayı Gibbs ve Maher (1967) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu teknik, dağılımın ondalıkları içinde uzun süreli yağış kaydı üzerindeki olayların dağılımına bölünür. Adı geçen araştırmacılar bu kategorilerin her birini ondalık olarak adlandırmıştır. İlk ondalık yağış olaylarının en düşük %10'unu aşmadığı yağış miktarıdır. İkinci ondalık yağış olaylarının en düşük %20'yi aşmadığı yağış miktarıdır. Bu ondalıklar, onuncu ondalık olan uzun vadeli kayıt içindeki en büyük yağış miktarı tarafından tespit edilen yağış miktarına kadar sürer. Buna göre, beşinci ondalık medyandır. Kayıt dönemi yağış olaylarının %50'yi geçmediği yağış miktarıdır. Ondalıklar beş sınıfa ayrılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Desiller (Ondalıklar) sınıfları

Ondalık	Yüzde Miktarı	Sınıf
1-2	%20'nin çok altında	Normalin çok altında
3-4	%20'ye yakın	Normalin altında
5-6	%20 civarında	Normale yakın
7-8	%20'nin üstünde	Normal üstü
9-10	%20'nin çok üstünde	Normalin çok üstü

Avustralya, kuraklık gözlem sisteminde kuraklığın meteorolojik ölçüsü olarak desiller metodunu kullanmıştır. Çünkü hesaplanması diğer indekslere oranla daha kolaydır. Palmer Kuraklık Şiddeti indeksine göre daha az kabule ve daha az veri çeşidine ihtiyaç duyar. Desiller Analizinin dezavantajı, uzun klimatolojik kayıtlara ihtiyaç duyulmasıdır.

2.1.2.5. Erinç İndeksi

Çeşitli zamanlarda birçok araştırmacı tarafından Türkiye'nin kurak/nemli alanlarını ve devrelerini gösterebilmek amacıyla en çok kullanılan indeks Erinç indeksidir. İndeksin girdisi olarak yağış ve buharlaşmayla su kaybına yol açan maksimum sıcaklığa dayanmış ve yağış etkinliği, ya da kuraklık indeksi-eşitliğini önermiştir. Bu indekste, yağış etkinliği yıllık yağış tutarını (mm) ve yıllık ortalama maksimum sıcaklığa oranı olarak gösterilir. Asıl kaybın maksimum sıcaklığın yüksek olduğu aylarda buharlaşma-terleme sonucu oluşur bu nedenle aylık maksimum sıcaklığın 0'dan düşük olduğu aylar göz önüne alınmaz. Böylece donlu aylarda buharlaşma- terlemenin etkili olmadığı sıcaklık ortalaması düşürücü ve bu nedenle yağış etkinliği bakımından aldatıcı etkileri ortadan kalkmış olur. Fakat aynı aylarda kar veya buz örtüsünün buharlaşma-terlemeye uğraması sonucu yutulan yağışların olumlu etkisini göstermek mümkün olmaktadır (Türkeş, 1990'dan aktaran; Sırdaş, 2002: 45).

Erinç, indeks sonuçlarını bitki gelişme formasyonlarının yayılış alanları ile karşılaştırarak, yağış etkinliği bakımından aşağıdaki sınıflara ayırmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Erinç indeksine göre kuraklık sınıflandırması

İm	Sınıf	Vejetasyon
<8	Tam Kurak	Çöl
8-15	Kurak	Çölümsü Step
15-23	Yarı Kurak	Step
23-40	Yarı Nemli	Park Görünümlü Kuru Orman
40-50	Nemli	Nemli Orman
50>	Çok Nemli	Çok Nemli Orman

Herhangi bir süre yada mevsim için Erinç indeksini kullanmak mümkündür. Elde edilen indeks değerlerinin yağış etkinliği sınıflarından hangisine girdiğini tespit etmek için, bunlar süreye göre değişen katsayılarla çarpılır. Örneğin, bir aylık 12, iki aylık indeks 6, üç aylık indeks 4, dört aylık 3 ve altı aylık indeks 2 ile çarpılır.

2.1.2.6. Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PKŞİ)

Yağış eksiliklerini içeren toprak nemindeki gidışlerin değişimini yerel olarak ölçmek için Palmer, (1965) tarafından bu indeks geliştirilmiştir. PKŞİ'nin çalışma prensibi, standartlaştırılmış nem şartlarının ölçümlerini sağlamak için alanlar ve aylar arasında karşılaştırma yapabilmektedir. Meteorolojik kuraklık indekslerinden PKŞİ, anormal ve kuru veya nemli hava şartlarına cevap verir. PKŞİ sıcaklık, buharlaşma+terleme, yağış, akış gibi değişkenlerle hesap edilir. Toprağın uygun su içeriğini yani toprak neminin alansal dağılımını ortaya koyar. PKŞİ ile su denge eşitliğinin buharlaşma, toprak, nemi, akış ve yüzeyden olan nem kayıpları gibi temel terimleri belirlenebilir. Su dengesi üzerindeki insan baskısı PKŞİ'de düşünülmemiştir (Alley, 1984: 1100-1106). Palmer nemliliğin ve kuraklığın süresinde incelemek için PKŞİ'yi geliştirmiştir. Bu indekste uzun dönem kuraklık ortalamalarında bulunan anormal nemli bir ayın indekse etkisi büyük olmamalıdır. Normale yakın yağışların bulunduğu yerde bir kuraklık serisi için, "kuraklık aşılmıştır" denilmesi uygun değildir. Bu nedenle Palmer kuraklığın veya nemli dönemin başlangıcını ve bitişini belirlemek için bir tablo geliştirmiştir (Tablo 6). PKŞİ nem, yağış, akış ve depolamayı da hesaba kattığı için son yıllarda Palmer hidrolojik kuraklık indeksi olarak ta tanımlanır (Karl, 1986: 77-86).

Tablo 6. Sulak ve kurak periyotlar için PKŞİ sınıflandırması

Sınıf aralığı	Kurak ve sulak şartlar
4 veya daha fazla	Uç sulak
3,0 – 3,99	Çok sulak
2,0 – 2,99	Orta sulak
1,0 – 1,99	Oldukça sulak
0,50 – 0,99	Az sulak
0,49 – (-0,49)	Normale yakın
-0,50 – (-0,99)	Az kurak
-1,00 – (-1,99)	Hafif kurak
-2,00 – (-2,99)	Orta kurak
-3,00 – (-3,99)	Şiddetli kurak
-4 ve daha küçük	Ekstrem kurak

2.1.2.7. De Martonne Kuraklık Belirleme İndeksi

De Martonne formülünde yer alan parametreler Yıllık Ortalama Sıcaklık ve Yıllık Toplam Yağış değerleridir. Bu formülle yapılan hesaplama sonucu Yıllık Kuraklık İndeksi (IDM) değeri elde edilmektedir.

$$I_{DM} = \frac{P}{T+10} \quad (2.1)$$

IDM : Yıllık Kuraklık İndeksi

P : Yıllık toplam yağış (mm)

T : Yıllık ortalama sıcaklık (°C)

De Martonne aylık kuraklık indeks değerleri ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$I_M = \frac{12 \cdot P'}{T'+10} \quad (2.2)$$

IM : Aylık Kuraklık İndeksi

P' : Aylık toplam Yağış (mm)

T' : Aylık ortalama sıcaklık (°C)

Bu formüllerde T ve T' değerlerine eklenen +10 değeri, bazı yerlerdeki negatif sıcaklık değerini, pozitif yapmak için kullanılan bir katsayıdır. De Martonne formülüne göre hesap edilen IDM ve IM değerleri için aşağıdaki tablodan iklim özellikleri bulunur (Tablo 7).

Tablo 7. De Martonne indeks değerleri ve iklim özelliği

IDM	İklim Özelliği
5 den küçük	Kurak
5 – 10	Yarı Kurak
10 – 20	Yarı Kurak Nemli Arası
20 – 30	Yarı Nemli
30 – 60	Nemli
60 dan büyük	Çok nemli

1942 yılında De Martonne, Gottmann ile birlikte ilk formülüne bazı eklemeler ve değişiklikler yapmıştır. Oluşturulan yeni formül aşağıdaki gibidir.

$$I_{DMG} = \frac{1}{2} * \left(\frac{P}{T + 10} + \frac{12 * Pd}{Td + 10} \right) \quad (2.3)$$

IDMG : De Martonne – Gottman İndeksi

P : Yıllık toplam yağış (mm)

T : Yıllık ortalama sıcaklık (°C)

Pd : En kurak ayın yağışı (mm)

Td : En kurak ayın ortalama sıcaklığı (°C)

Yeni formüde yıllık yağış toplamı ve yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin yanına en kurak ayın yağış ve sıcaklık değerleri alınmıştır. Bu değer en küçük indeks değeri olan ayın değeridir. Yıllık toplam değere bu değerin 12 ile çarpılmış hali eklenmiş ve sonuç 2'ye bölünerek İndeks değerleri hesaplanmıştır.

De Martonne Yıllık İndeks değerleri ile De Martonne-Gottmann İndeks değerlerinin istatistiki olarak korelasyon katsayısı (r = 0.94) yüksek bir değerdir. Bu iki indeks değeri birbirine uygun dağılım göstermektedir.

2.2. Türkiye Topoğrafyası ve İklimi

Bilindiği üzere, Türkiye 26 – 45 doğu boylamları ile 36 – 42 kuzey enlemleri arasında yer alan ve üç tarafı denizlerle çevrili bir yarım adadır. Akdeniz, Ege,, Karadeniz ve Marmara denizine kıyıları bulunmaktadır. Bunlardan Marmara Denizi bir iç deniz konumundadır.

Güney Toroslar, kuzeyde ise sahil boyunca İsfendiyar dağları ile kuşatılmıştır. Bunlardan farklı olarak, özellikle Ege ve Marmara bölgesi sahillerinde dağlar denize diktir. Bu durum, Ege ve Marmara bölgelerinin iç kesimlerinde de deniz etkisinin hissedildiği anlamına gelmektedir. Özellikle, deniz kara etkileşimiyle oluşan yağışlar, Akdeniz ve Karadeniz’de geçiş engeli olarak dağlar ile karşılaşmaktadır. Ege ve Marmara bölgelerinde böyle bir durum söz konusu olmamaktadır.

Türkiye’de Akdeniz iklimi, karasal iklim ve bu iklimin etkileşimiyle ara iklimler hüküm sürmektedir. Akdeniz ikliminde genel anlamda yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılıman ve yağışlı bir havaya sahiptir. Bunun yanında karasal iklimde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Her iki iklimde de, bahar mevsimleri ılık ve yağışlı olur. Karadeniz bölgesi her ne kadar farklı iklim yapısına sahip olsa da, deniz ve kara etkileşiminin olduğu bir iklimdir. Enlem farkından ve kuzeyli cephelerin gelmesinden dolayı nerede ise bütün mevsimler boyunca yağışlı iklime sahip bir bölgedir. Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinin iç kesimlerinde, genelde Akdeniz ikliminin alt çeşitlerine rastlanmaktadır. Anadolu’nun iç kesimlerinde tamamen karasal iklim hüküm sürmektedir. Bununla birlikte, Güneydoğu Anadolu bölgesinin güney bölümlerinde çöl ve karasal iklim etkisi ile oluşan ara iklimin etkisi daha çok hissedilmektedir.

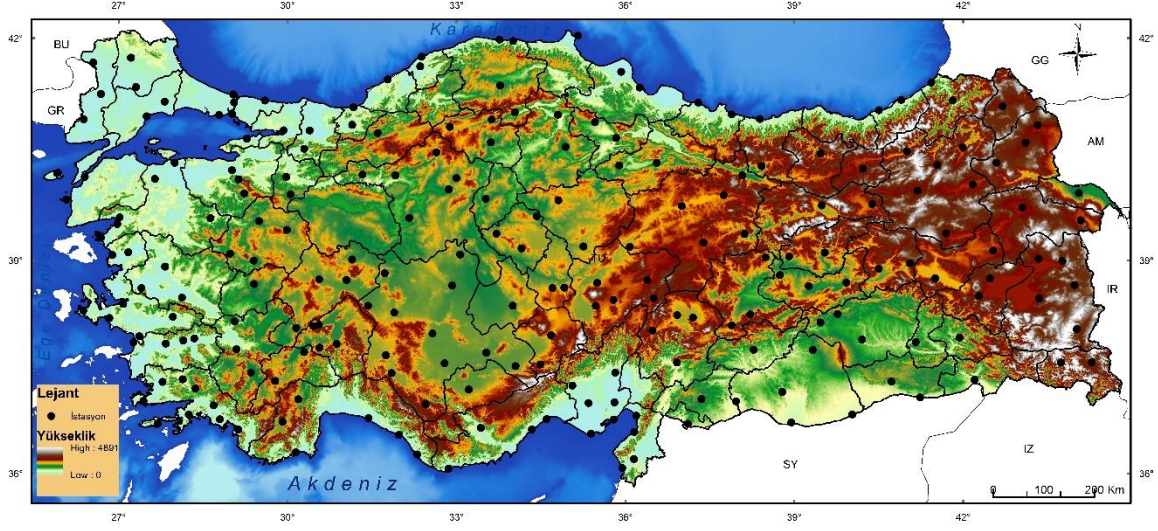
Türkiye coğrafyası genel anlamda göz önünde bulundurulduğunda, Anadolu’daki istasyonların benzer özellikler gösterdiği ve birbiriyle etkileşim halinde olduğu gözlenecektir. Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde iç bölgelere gidildikçe etkileşimin azaldığı ve bunun aksine, Ege ve Marmara bölgelerinde ise iç bölgelere doğru gidildikçe etkileşimin de arttığı anlaşılır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ / MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan gözlem verileri 1970 – 2019 yıllarına ait Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Türkiye'deki 222 meteoroloji istasyonunun (Şekil 3) aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık değerleridir. Aylık toplam yağış ve sıcaklık verilerinin homojenlik testleri yapılmış ve daha sonra, en fazla %5 eksik verisi olan istasyonların verileri kriging interpolasyon yaklaşımı uygulanarak tamamlanmıştır. Bu çalışmada kuraklıkları izlemek, sıcaklık ve yağış gibi değişkenlerin ortak olasılıklarını bulmak için kopula fonksiyonları kullanılmıştır. 1970 – 2019 arası 49 yıllık verilerle öncelikle SYİ ile yağış açığı analizi yapılmıştır. SYİ analizi yapılırken Şubat ve Temmuz aylarına ait 12 aylık periyotlar kullanılmıştır.

SYİ analizi yapıldıktan sonra standart dağılıma göre, veriler kurak veya nemli olarak sınıflandırılıp kurak geçen yıllar tespit edilmiştir. Elde edilen kurak ve nemli yıllarda yağış ve sıcaklığın ortak olasılığını bulmak için ampirik kopula fonksiyonları kullanılmıştır. Ampirik kopula fonksiyonları kullanılarak kuraklığın temel parametlerinden olan, kuraklığın oluşma süresi ve şiddeti gibi en önemli değişkenleri bulunmaya çalışılmıştır. Süre ve şiddet gibi marjinal değerler kopula fonksiyonları ile bulunabilmektedir. Kopula fonksiyonlarının kullanıldığı bu çalışmada yeni bir indeks kullanılarak Kopula Kuraklık İndeksi olarak adlandırılmıştır. Elde edilen veriler kapsamında ArcGis 10.7.1 kullanılarak kriging yöntemi ile kuraklığın alansal dağılımını gösteren haritalar çizilmiştir.



Şekil 3. Kopula kuraklık indeksi hesaplamalarında kullanılan istasyonların Türkiye üzerindeki alansal dağılımı. İçi dolu siyah yuvarlaklar ilgili istasyonun konumunu göstermektedir.

3.1. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi

McKee vd., (1993) tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla Standartlaştırılmış Yağış İndeksi, geliştirilmiştir. SYİ, esas olarak belirlenen zaman dilimi içerisinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile edilir.

SYİ ile kurak ve nemli süreçlerdeki değişkenlikler alansal ve zamansal olarak belirlenebilir. Standartlaştırılmış yağış indeksi, sadece yağış verilerine dayalı olan ve basit hesaplanabilen bir indekstir. SYİ yalnız tahmin ile ilgilidir ve devam eden süreçte yağış açığını analiz etmektedir. SYİ, normal dağılım frekansdır (Şekil 4) böylelikle kurak dönem gibi yine nemli evrelerde de bu yöntem kullanılabilir (McKee vd., 1993: 179-186).

SYİ sonuçlarında -1 ve daha küçük değerler elde edilmesi sonucunda, standartlaştırılmış yağış indeksinde kuraklık olarak tanımlanır. Kuraklık SYİ'nin ilk önce sıfırın altına indiği zaman başlar ve tekrar pozitif olduğunda son bulur (McKee vd., 1995: 233-236).

SYİ verilerinin analiz edilmesinde; minimum 30 yıllık bir zaman periyoduna sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) kullanılır. SYİ analizleri 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık gibi farklı zaman dilimleri için kullanılabilir. Kuraklık kümülatif ilerleyen bir süreç olduğundan farklı zaman dilimlerinde yapılan SYİ analizleri yağıştaki eksikliğin su kaynaklara etkisinin ne kadar bir sürede hissedilebileceği sonucunu vermektedir (McKee vd., 1995: 233-236). Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması aşağıda gösterilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) kuraklık sınıflandırması

SYİ	Kuraklık Kategorisi
$2 \leq$	Çok Aşırı Nemli
1.99 - 1.5	Aşırı Nemli
1.49 – 1.0	Orta Derece Nemli
0.99 – (-0.99)	Normal
(-1.0) – (-1.49)	Orta Derece Kurak
(-1.5) – (-1.99)	Aşırı Kurak
$-2 \geq$	Çok Aşırı Kurak

Belirlenen zaman aralıkları içinde yağış eksikliğin kuraklığa olan etkisinin ne kadar sürede ortaya çıkacağını belirlemek amacıyla 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık periyotlar halinde analizler yapılır. Klimatolojik zaman serilerine en uygun dağılım Gama dağılımıdır. Gama dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonları ile ifade edilir (Thom, 1958: 117-122 ; Pamuk vd., 2004: 102).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad x > 0 \text{ için} \quad (3.1)$$

$\alpha > 0$, α şekil parametresi; $\beta > 0$, β ölçek parametresi; $x > 0$, x yağış miktarını ve $\Gamma(\alpha)$ gama fonksiyonunu temsil eder. Ayrıca α ve β 'nin tahmininde maksimum olasılık çözümlerini kullanılır. Buna göre;

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \text{ ve } \beta = \frac{x}{\alpha} \quad (3.2)$$

olarak tanımlanır.

Bu eşitliklerde,

$$A = \ln(x) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.3)$$

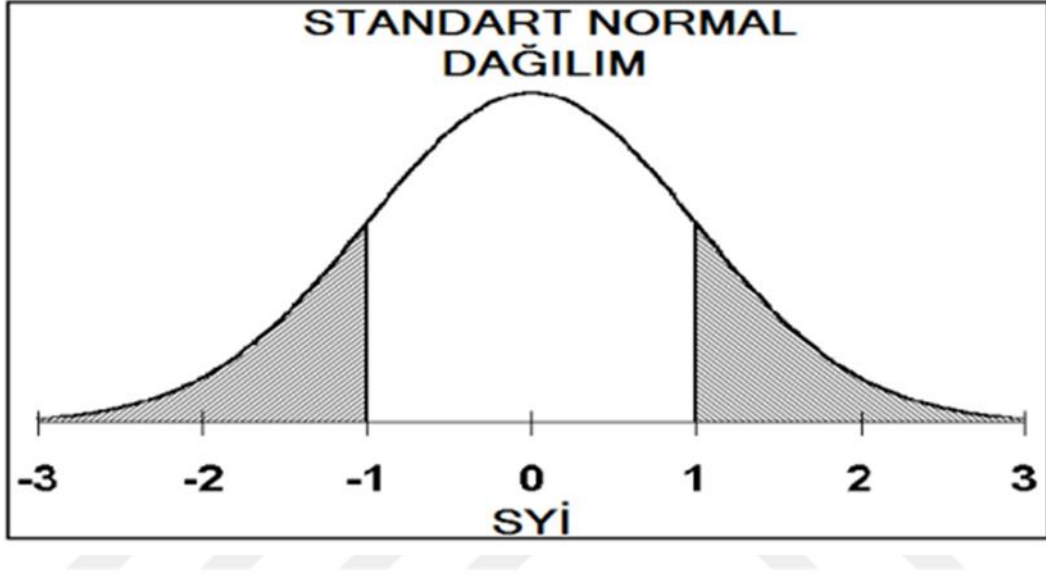
Burada n yağış gözlemlerinin sayısıdır. Eldeki mevcut verilerden elde edilen bu olasılık tanımlamaları daha sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir değerin kümülatif olasılığını bulmak için kullanılabilir. Bu durumda kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (3.4)$$

Gama fonksiyonu $x=0$ için tanımsızdır ve yağış dağılımı sıfır (0) değerler içerebilir; bu durumda kümülatif olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$H(x) = q + (1 - q). G(x) \quad (3.5)$$

Yukarıdaki eşitlikte q sıfır değeri için olasılığı ifade eder. Eğer m herhangi bir yağış serisindeki sıfır (0) değerleri ifade etmek için kullanılırsa $q=m/n$ olarak tanımlanabilir. Kümülatif olasılık değeri $H(x)$, ortalaması sıfır (0) ve bir (1) varyans değeri taşıyan, SYİ değerini ifade eden standart normal rastgele değeri Z değişkenine dönüştürülür. $H(x)$, SYİ'nin değeridir.



Şekil 4. Ortalaması sıfır ve varyansı bir olan SYİ değerini ifade eden standart normal dağılım.

McKee vd., (1993) bu yöntemle standart hale getirilen yağış verilerinin aldıkları pozitif ve negatif değerlere göre kuraklık/nemlilik sınıflandırması oluşturmuşlardır. SYİ değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. İndeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indekxin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee vd., 1995). Farklı zaman dilimlerinde gerçekleşen yağıştaki azalmanın yeraltı suyu, su biriktirme hazneleri, toprak nemi, kar yığınları ve akarsular üzerindeki etkileri SYİ ile belirlenebilmektedir. Toprak nemliliği, görel olarak kısa dönem yağış anomalilerini daha hızlı yansıtmaktadır. Yeraltı suyu, akarsu ve su biriktirme hazneleri ise yağış anomalilerine daha uzun bir dönemde tepki verir. SYİ kullanılarak aylık, mevsimlik, yıllık ve uzun yıllık dönemler için yağışlardaki salınım

izlenebilmekte; kurak bir dönemin başlangıcı, bitişi ve kuraklık şiddeti takip edilebilmektedir. SYİ, devam eden bir periyotta yağış eksikliğini hesapladığı için kuraklık erken uyarı sistemleri için elverişli bir bileşen olabilir (Yetmen, 2013: 66).

Bu yöntemin önemli diğer avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Veri olarak sadece yağış kullanılır
- PKŞİ gibi hesaplaması ve verileri karmaşık değildir
- Sadece olasılıkla ilgilidir
- Belirli bir zaman periyodu için ortalamanın altında kalan negatif toplamlarının yüzdesini hesaplar
- Normal dağılımlı olduğu için hem kurak dönemler hem nemli/yağışlı dönemler izlenebilir
- Birçok su kaynağı için kullanılabilir

3.2. Kopula Fonksiyonları

Kopula, rastgele değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını modelleyen kullanışlı bir fonksiyondur. Yani, bir kopula, rastgele değişkenlerin ortak olasılık dağılımlarını, rastgele değişkenlerin marjinal dağılımlarını birleştirerek oluşturmaktadır. Arşimet kopula fonksiyonları, birçok kopula fonksiyonu olmasına karşın, genel olarak hidrolojik ve meteorolojik alanlarda kullanılmaktadır. Kuraklık olaylarının birbiriyle ilişkisi en yüksek ve önemli iki parametresi sıcaklık ve yağıştır. Bu parametreler genellikle farklı marjinal dağılımlar gösterdiği için, bunların ortak olasılık yoğunluk fonksiyonları kopulalar yardımıyla bulunabilmektedir. Tek değişkenli farklı dağılımlar ile, bunlardan elde edilen çok değişkenli ortak olasılık dağılımlar arasında bağlantı kuran fonksiyonlara “Kopula fonksiyonları” denilmektedir (Sklar, 1959: 229-231). Kopula fonksiyonları, çok değişkenli diğer dağılımların aksine bağlantı kurduğu marjinal dağılımların aynı olmasını gerektirmez. Sklar, (1959) tarafından ortaya atılan bu teoreme iki değişkenli bir olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki denklem takımıyla ifade edilmiştir.

$$F_{x,y}(x, y) = C(F_x(x), F_y(y)) \quad (3.6)$$

Burada $F_x(x)$ ve $F_y(y)$, x ve y değişkenlerinin marjinal dağılımlarını, $F_{x,y}(x, y)$ iki değişkenli ortak kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonunu ve C kopula fonksiyonunu ifade etmektedir. Tek değişkenli marjinal dağılımların sürekli rastgele değişkenlerden oluştuğu ve olasılık yoğunluk fonksiyonlarının $f(x)$ ve $f(y)$ olduğu varsayımı yapılırsa bunların ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f(x,y) = c(F_x(x), F_y(y)) f(x)f(y) \quad (3.7)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Denklemdaki c kopula yoğunluk fonksiyonu olmak üzere:

$$c(v, u) = \frac{\partial^2 C(u, v)}{\partial u \partial v} \quad (3.8)$$

şeklinde ifade edilmiştir (Sklar, 1959: 229-231). Literatürde Arşimedyan, Eliptik, Ekstrem gibi birçok kopula türü vardır. Çizelge de Arşimedyan ve Eliptik kopula ailesine üye olan bazı fonksiyonlar verilmiştir (Tablo 9). Gumbel, Clayton, Frank ve Joe kopulaları tek parametre ile ifade edilebilirken, normal kopula iki, t kopulası ise üç parametre ile ifade edilebilmektedir.

Kopulaların Kullanıldığı Alanlar

1. Çok değişkenli bağımlılık mekanizmalarının araştırılmasında,
2. Yeni çok değişkenli dağılımların elde edilmesinde,
3. Stokastik modellemede,
4. Yeni parametrik olmayan bağımlılık ölçülerini geliştirmede,
5. Çok değişkenli dağılım ailelerinin temsilinde,
6. Markov süreçlerine yeni yaklaşımlarda kullanılmaktadır.

Tablo 9. Bazı kopula fonksiyonlarına ait denklemler

Gumbel- Hougaard (Arşimedyan)	$e^{-[-\ln u]^0 + (-\ln v^0)]^{\frac{1}{\theta}}}$	$1 \leq \theta$
Clayton (Arşimedyan)	$[\max(0, u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1)^{\frac{1}{\theta}}]$	$0 \leq \theta$
Frank (Arşimedyan)	$\frac{-1}{e} \ln \left(1 - \frac{(e^{\theta u} - 1)(e^{\theta v} - 1)}{e^{\theta} - 1} \right)$	$0 \neq \theta$
Joe (Arşimedyan)	$1 - ((1 - u)^{\theta} + (1 - v)^{\theta} - (1 - u)^{\theta}(1 - v)^{\theta})^{\frac{1}{\theta}}$	$1 \leq \theta$
Normal (Eliptik)	$\int_{-\infty}^{0^{-1}(u)} \int_{-\infty}^{0^{-1}(v)} \frac{1}{2\pi(1 - p^2)^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{u^2 - 2puv + v^2}{2(1 - p^2)}} dudv$	$-1 \leq p \leq 1$

3.2.1. Parametre Tahmin Yöntemleri

Kopula fonksiyonlarının tahmini için farklı yöntemler önerilmiştir. Bunlardan parametrik olan yöntemler, maksimum olabilirlik ve marjinallere ilişkin çıkarsama yöntemidir. Bunların dışında parametrik olmayan tahmin yöntemleri ise Kendal Tau ve Sperman Rho'ya dayanan tahmin yöntemleridir. Bu yöntemlerden marjinallere ilişkin çıkarsama aşağıda açıklanmıştır.

3.2.2. Marjinallere İlişkin Çıkarsama Yöntemi (IFM)

Bu yöntem ile marjinal dağılımların parametrelerinin ve oluşturdukları kopula fonksiyonlarının parametrelerinin maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmini iki farklı aşamada gerçekleştirilmektedir. Herhangi bir süreli ve rastgele Y vektörü için kopula temelli parametrik modelin kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonunu aşağıdaki denklem ile ifade edilmiştir (Harry ve James, 1996: 3).

$$F(y; a_1, \dots, ad, \theta) = C(F_1(y_1; a_1), \dots, F_d(y_d; ad); \theta) \quad (3.9)$$

Burada F_1, \dots, F_d tek değişkenli marjinal dağılımların kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonunu, a_1, \dots, ad marjinal dağılımların parametrelerini ifade etmektedir. C, θ parametresi ve c yoğunluğu ile ifade edilebilen bir kopula fonksiyonu ve $F_j, f_1, \dots, f_j; j = 1, \dots, n$ yoğunluğuna sahip kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere Y vektörü sürekli bir dağılımı temsil ediyorsa aşağıdaki yoğunluğa sahiptir.

$$f(y; a_1, \dots, ad, \theta) = c(F_1(y_1; a_1), \dots, F_d(y_d; ad); \theta) \prod_{j=1}^d f_j(y_j; a_j) \quad (3.10)$$

Gözlenen n boyutundaki y_1, \dots, y_n rastgele vektörlerinin marjinal dağılımları için logaritmik olabilirlik fonksiyonu:

$$L_j(a_j) = \sum_{i=1}^n \log f_j(y_{ij}; a_j), j = 1, \dots, d \quad (3.11)$$

ve ortak dağılımı için logaritmik olabilirlik fonksiyonu:

$$L(\theta, a_1, \dots, ad) = \sum \log f(y_i; a_1, \dots, ad, \theta) \quad (3.12)$$

ile ifade edilmiştir. Böylece marjinallere ilişkin çıkarsama yöntemi, d sayıda ayrı marjinal dağılımların parametrelerinin optimizasyonu ve θ parametresinin çok değişkenli optimizasyonu olmak üzere iki adımda gerçekleştirilebilmektedir (Harry ve James, 1996: 3-5).

3.2.3. Ampirik Kopula

Bu çalışmada kullanılan ampirik kopula fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

$\{(X_k, Y_k)\}, k = 1, 2, \dots, n$ örneği ile ilgili olan ranklar $\{(R_i, S_i)\}$ olsun. I indikatör fonksiyon ve $u, v \in I$ olmak üzere deneysel copula C_n ,

$$C_n(u, v) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 1 \left(\frac{R_k}{n+1} \leq u, \frac{S_k}{n+1} \leq v \right) \quad (3.13)$$

şeklinde tanımlanır. $N_{ij}, 1 \leq i, j \leq n$ için $x \leq x_i, y \leq y_j$ şeklindeki sıralı nokta çiftinin sayısı olmak üzere deneysel copulanın alternatif tanımı;

$$C \left(\frac{i}{n}, \frac{j}{n} \right) = \frac{N_{ij}}{n} \quad (3.14)$$

şeklindedir.

3.3. Kriging Yöntemi

Sıcaklık ve yağış gibi iklimsel değişkenler yeryüzünde her noktada ölçülemediği için ölçüm yapılan bir noktanın verisi referans alınarak bu nokta çevresindeki yerlerin referans noktaya olan uzaklıklarına göre alabileceği değerin kestirimi için genelde jeostatistik yöntemler kullanılır.

Uygulanan bu yöntemler içinde en yaygın kullanılanlarından biri olan Kriging, şu temel adımlarla hesaplanır:

- a. Ampirik variogram hesaplanması
- b. Model uydurma
- c. Matrislerin oluşturulması
- d. Tahminlerin yapılması

Jeostatistik yöntemlerde yeryüzündeki ayrı noktalardan elde edilen verilerin aralarında bir korelasyon olduğu varsayılır. Gözlem yapılan noktalar arasındaki mesafenin artması ile bu noktalardan elde edilen verilerin arasındaki korelasyonun gittikçe zayıfladığı ve belli bir noktadan sonra da sıfır (0) olduğu varsayılır.

Kriging tahminindeki temel amaç, komşu verilerle verisi hesaplanacak nokta arasındaki mesafeye göre belirlenen ağırlıklı ortalama ile gerçeğe olabildiğince yakın bir değer üretmektir. Sıcaklık yağış gibi iklimsel verilerin alansal dağılımını elde etmek için ölçülen değerlerden yararlanarak tahminleri de içeren haritalar elde edilebileceği gibi, veriyle mekânsal ilişkisi olan başka verilerin kullanılmasıyla da haritaların elde edilmesi mümkündür. Bu tez çalışmasında yağış ve sıcaklık olasılığına bağlı kuraklığın alansal dağılımıyla ilgili haritaların hazırlanmasında Kriging yönteminin uygulanabileceği ArgGis 10.7.1 yazılımı kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

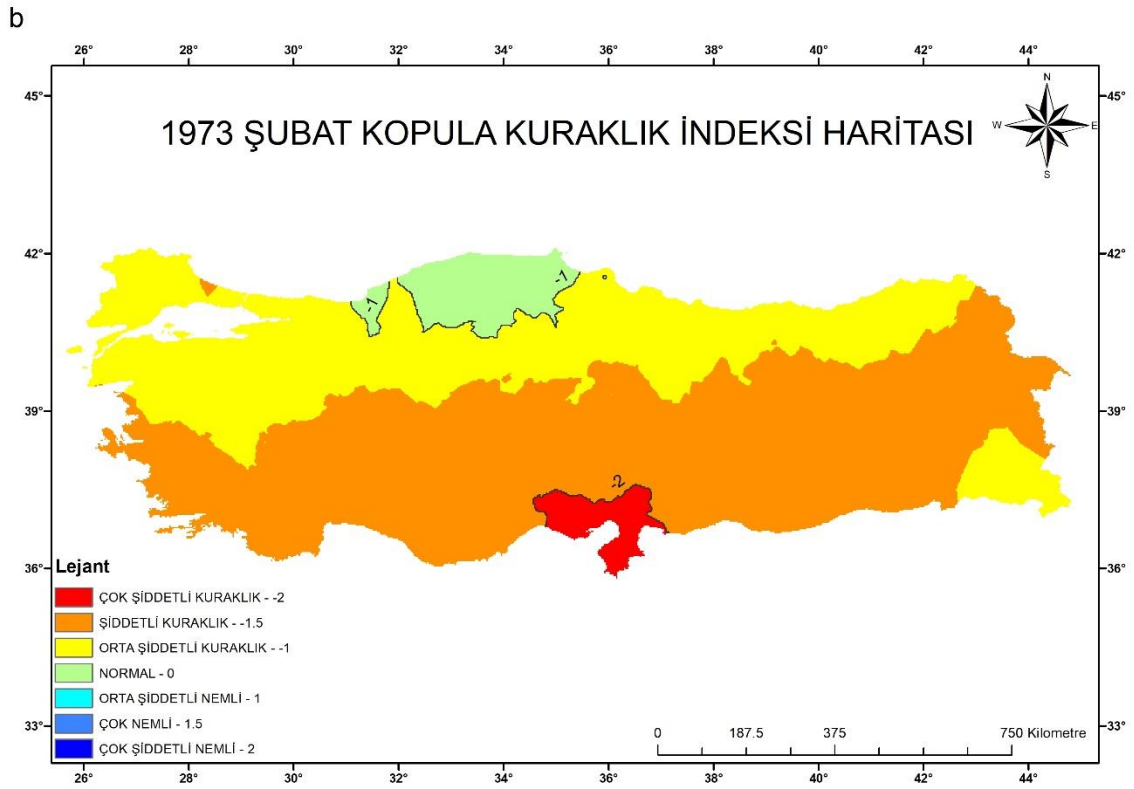
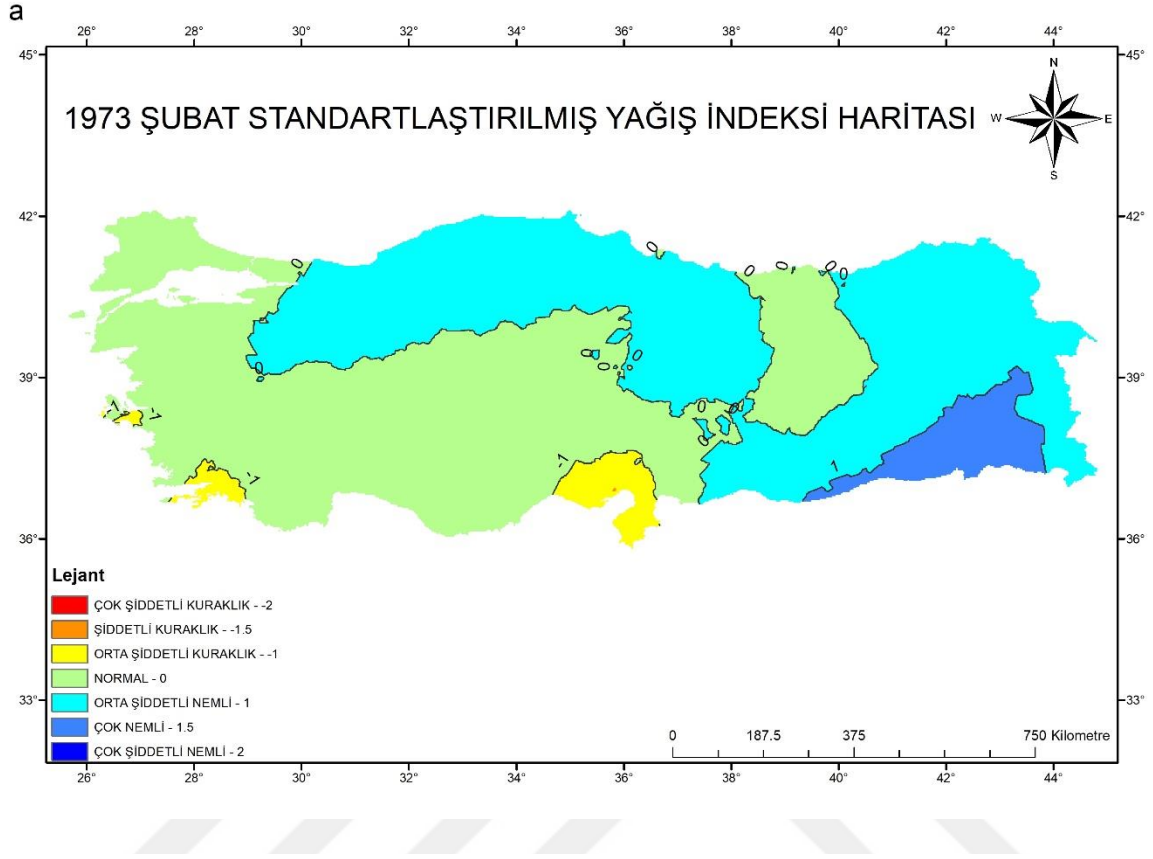
ARAŞTIRMA BULGULARI

Sıcaklık ve yağışın kuraklık üzerindeki ortak etkilerini tespit etmek amacıyla oluşturulan Şubat ve Temmuz aylarına ait SYİ-12 ve KKİ-12 kuraklık dağılım haritaları aşağıda karşılaştırılmalı olarak yorumlanmıştır.

4.1. 1973 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

1973 yılı şubat ayı SYİ-12 haritasına göre (Şekil 5a) Türkiye genelinde yağış açısından normal bir yıl olduğu görülmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde genel olarak orta şiddetli nemli koşullar hakimken, Doğu Karadeniz Bölümü'nün Giresun, Trabzon, Gümüşhane, Bayburt ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzincan, Tunceli, Bingöl, Malatya illerine kadar sokulan nemlilik açısından normal koşulları görmekteyiz. Doğu Anadolu Bölgesi'nde genel olarak orta şiddetli nemli koşullar görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde beklenenin aksine Mardin eşiğinden başlayarak Diyarbakır ve Batman illerini içine alıp Doğu Anadolu bölgesine doğru uzanan çok şiddetli nemli koşullar hakimdir. Akdeniz bölgesinde genel olarak normal koşullar hakimken Hatay, Osmaniye, Adana illerini kapsayan Nur dağları kesiminde ve Gölgeli dağlarının akdenize bakan yamaçlarında orta şiddetli kurak koşullar hakimdir. Ege bölgesinde de tüm Türkiye'de hakim olan normal bir nemlilik söz konusu iken İzmir ilinin güneye bakan kıyı şeridi boyunca orta şiddetli kurak koşullar hakimdir. Marmara bölgesi içinde 1973 yılı Şubat ayı SYİ paternlerinin normal nemliliğin hakim olduğu bir dönem olmuştur.

1973 yılı KKİ-12 şubat ayı haritasına (Şekil 5b) bakıldığında Karadeniz bölgesinin orta Karadeniz bölümünde Küre dağları ve Ilgaz dağları boyunca normal şartlar hakimdir. Akdeniz bölgesinin Nur dağları ve Hatay, Adana illerini kapsayan alanda ise şiddetli kuraklık görülmektedir. Adı geçen bu bölge ve bölümler dışında, Türkiye'nin tüm bölgelerinde kuzeyde orta şiddetli güneyde ise çok şiddetli kuraklık yaşanmıştır. SYİ-12 Şubat haritasında 1973 yılı genel olarak normal şartların görüldüğü bir yıl olmasına rağmen sıcaklığında analize eklenmesi sonucu 1973 yılının kurak bir yıl olduğu sonucuna varılmaktadır.

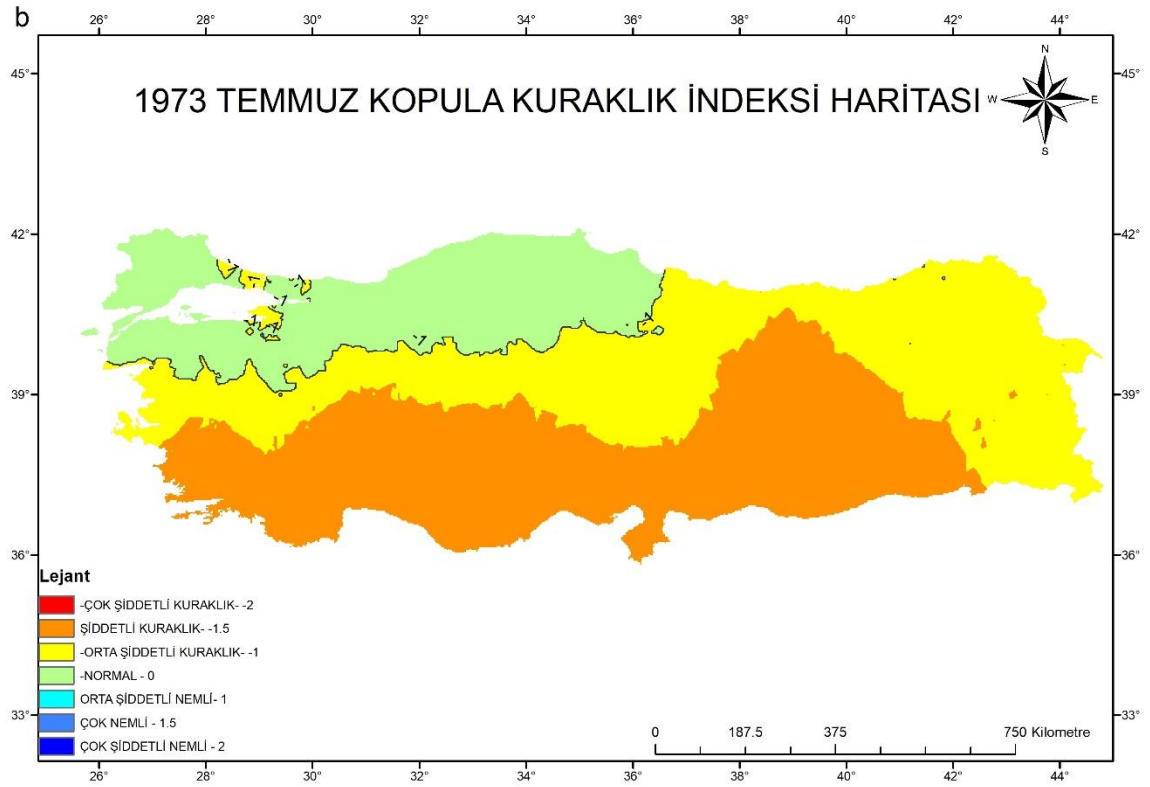
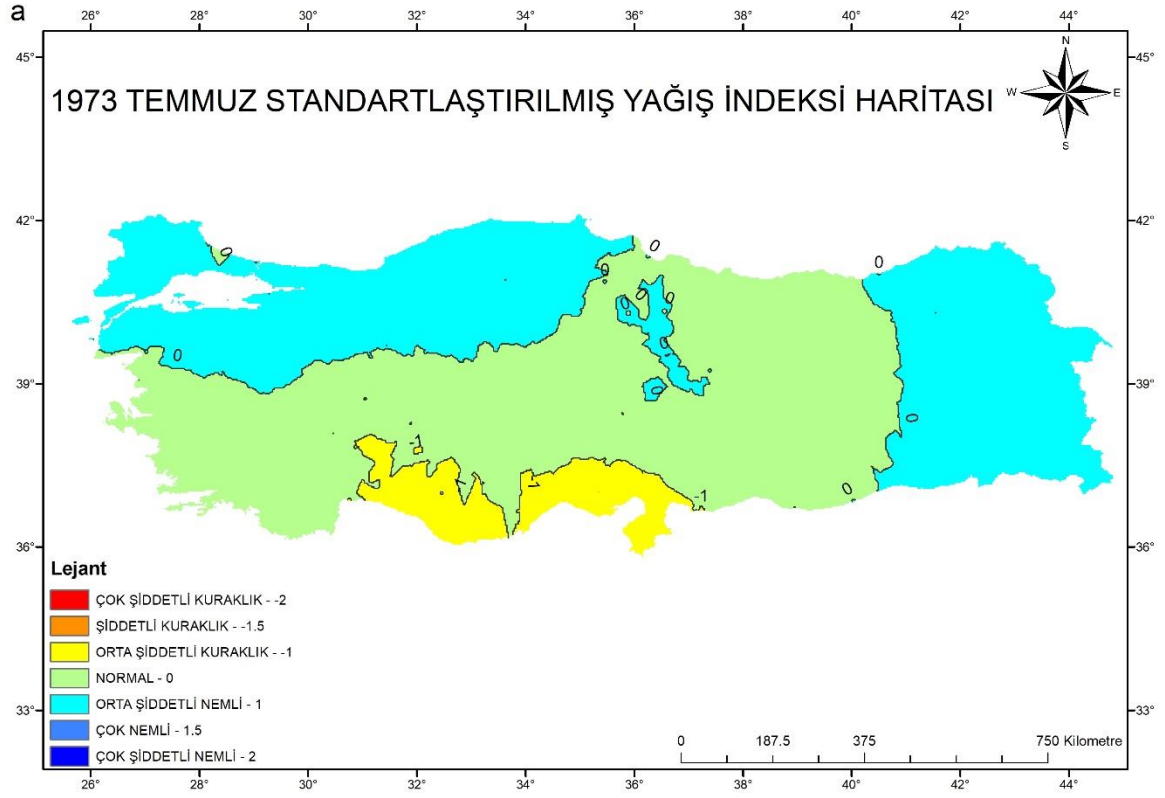


Şekil 5. 1973 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

4.2. 1973 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

1973 yılı Temmuz ayı SYİ-12 haritasına bakıldığında (Şekil 6a) Akdeniz bölgesinde Nur dağlarından başlayıp Hatay, Adana, Mersin illerini kapsayıp Toros dağları boyunca devam eden ve Antalya ilini de kapsayan alanda orta şiddetli kuraklık görülmektedir. Bunun dışında kalan diğer bölgeler için genel olarak kuraklık açısından normal bir yıl denilebilir. Buna ek olarak Marmara bölgesinde orta şiddetli nemliliğin hakim olduğu görülür. Karadeniz bölgesinde genel olarak orta şiddetli nemlilik hakimken Orta ve Doğu Karadeniz arasında kalan bölümde (Canik Dağları, Giresun Dağları) normal şartlar hakimdir. Doğu Anadolu'nun tamamında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise Mardin, Diyarbakır illerini kapsayan alanda orta şiddetli nemli koşullar hakimdir.

1973 yılı Temmuz ayı KKİ-12 haritasında (Şekil 6b) ise sıcaklığın kuraklık üzerindeki etkisi gözler önüne seriliyor. Karadeniz bölgesinin Batı ve Orta bölümünde kuraklık açısından normal şartlar hakimdir. Marmara bölgesinde ise İstanbul'un Avrupa yakası, Yıldız dağlarının Karadeniz'e bakan yamacındaki dar bir alan, Kocaeli ilinin Karadenize bakan yamacındaki dar bir alan ve Samanlı dağlarının bulunduğu alanda orta şiddetli kuraklık hakimken geriye kalan tüm Marmara bölgesinde normal şartlar hakimdir. Ege Bölgesi, İç Anadolu bölgesi, Doğu Karadeniz bölümü ve Doğu Anadolu Bölgesinde genel olarak orta şiddetli kurak koşullar hakimdir. Güneyde ise tüm Toros kuşağını içine alan bölgede Akdeniz ikliminin etkisi ile şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Güneydoğu Anadolu bölgesinden başlayıp kuzeye doğru Doğu Anadolu bölgesinin illeri olan Elazığ, Tunceli, Erzincan'a kadar olan alanda da yine şiddetli kuraklık şartları izlenmiştir.

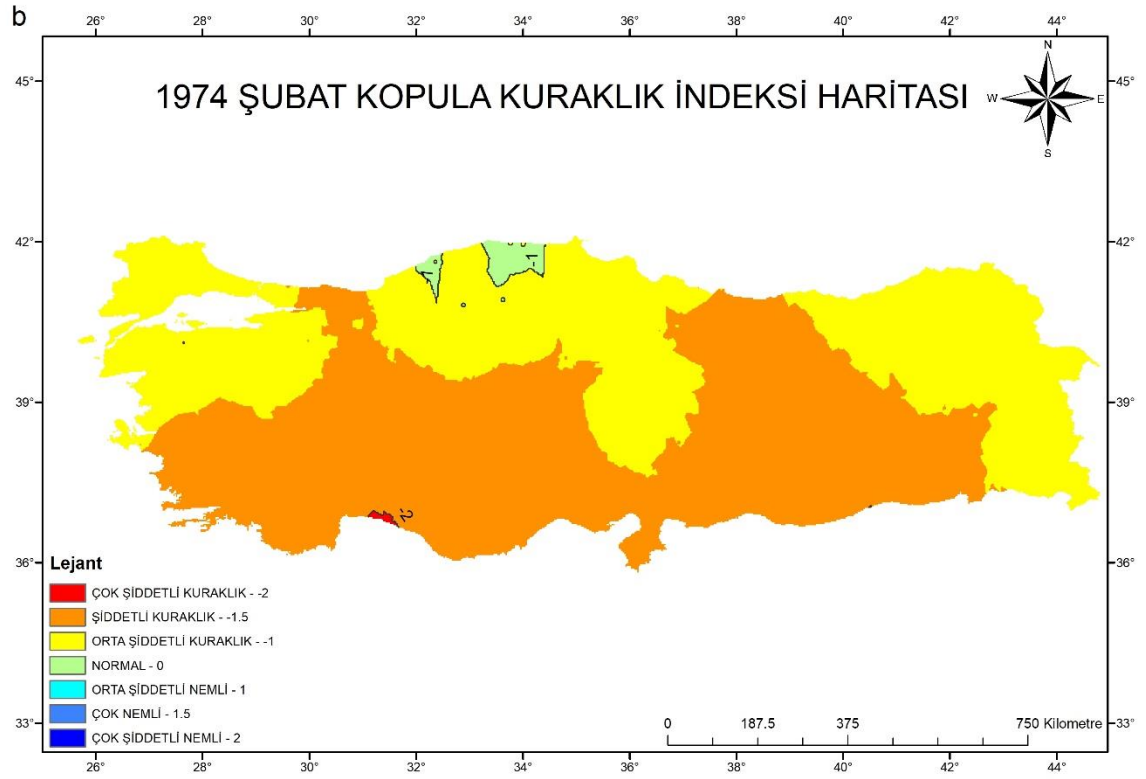
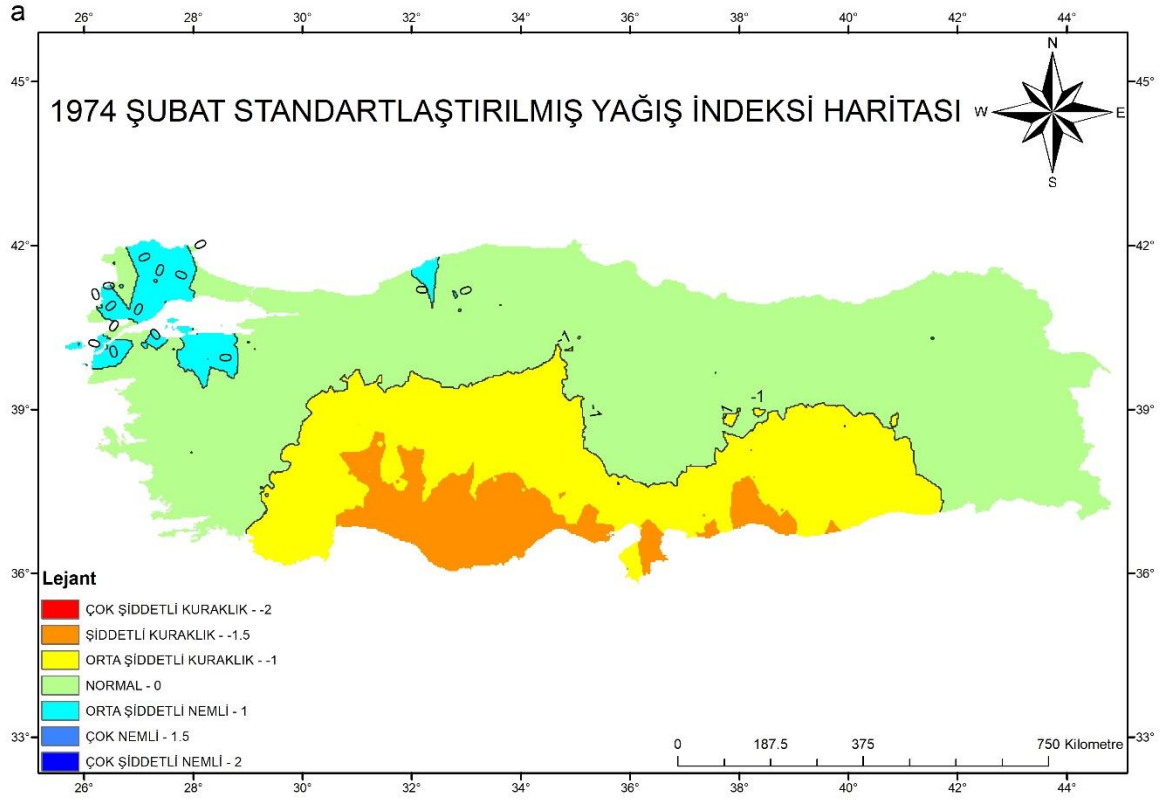


Şekil 6. 1973 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

4.3. 1974 Şubat SYİ-12 ve KKI-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

1974 yılı şubat ayı SYİ-12 haritasında (Şekil 7a) genel olarak kuraklık açısından normal koşullar yaşanırken Akdeniz Bölgesi Toros dağ kuşağı boyunca şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Buna ek olarak Akdeniz bölgesinde Ak dağlar ve Bey dağlarından başlayıp Tuz gölü ve çevresine kadar uzanıp Güneydoğu Anadolu Bölgesini kapsayan alanda orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinde Nur Dağları boyunca Güneydoğu Anadolu bölgesinde ise Şanlıurfa Harran ovası boyunca şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Marmara bölgesinde genel olarak kuraklık açısından normal şartlar varken Yıldız dağları, Çanakkale, Gökçeada, Bandırma ve Bursa'yı kapsayan alanda orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Karadeniz Bölgesinde de kuraklık açısından normal şartlar hakimken Orta Karadeniz bölümünde yer alan Bartın ilinde orta şiddetli nemlilik hakim olmuştur.

1974 yılı Şubat ayı KKI-12 haritasında (Şekil 7b) ise Şubat SYİ-12 haritasının aksine Türkiye genelinde şiddetli ve orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Böylelikle sıcaklığın kuraklık üzerindeki etkisini bir kez daha net bir şekilde görmüş oluyoruz. Orta Karadenizin, Bartın ve Küre Dağları kesiminde kuraklık açısından normal koşullar yaşanmıştır. Marmara bölgesinin tamamında, Orta Karadenizin büyük bir bölümü, İç Anadolu bölgesinde Sivas ve çevresi, Doğu Karadenizde Kaçkar Dağları ve çevresi, Doğu Anadolu Bölgesinin büyük bir kesiminde orta şiddetli kuraklık hakim olmuştur. Akdeniz bölgesinde, Antalya ili çevresinde dar bir alanda çok şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Bunun dışında Türkiye'nin geri kalan tüm kesimlerinde şiddetli bir kuraklık yaşanmıştır.

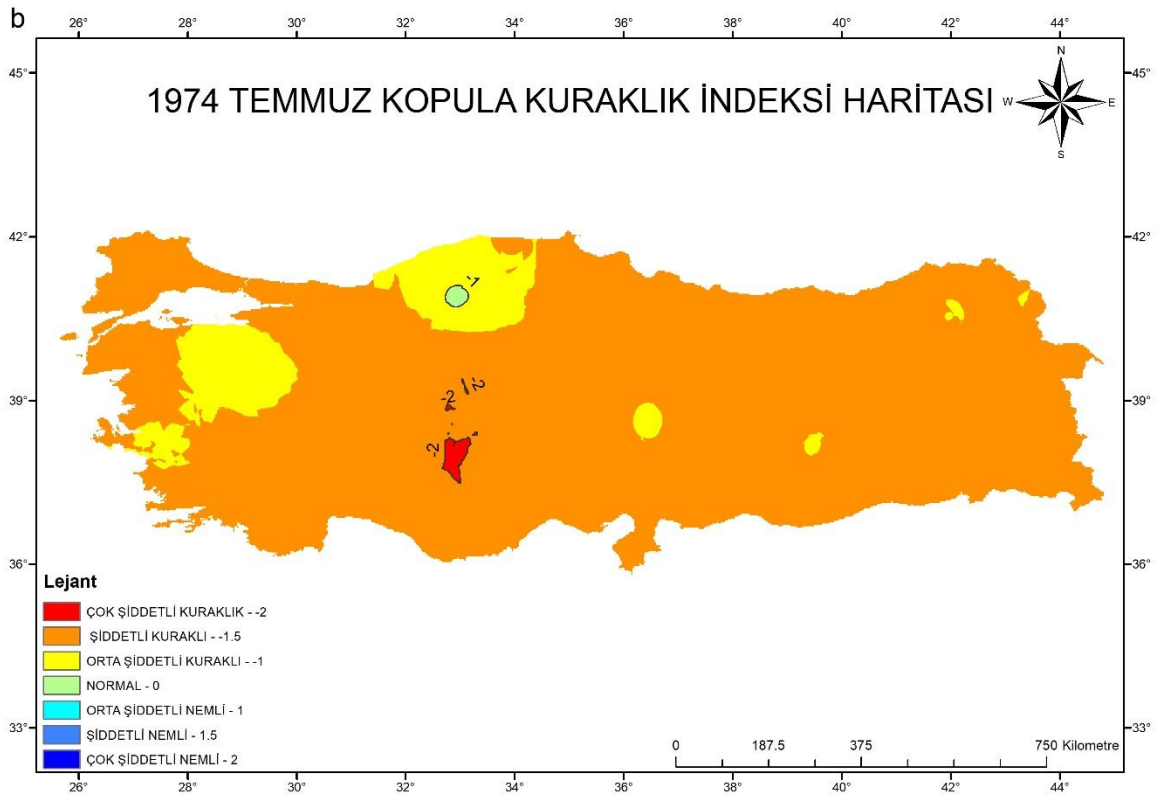
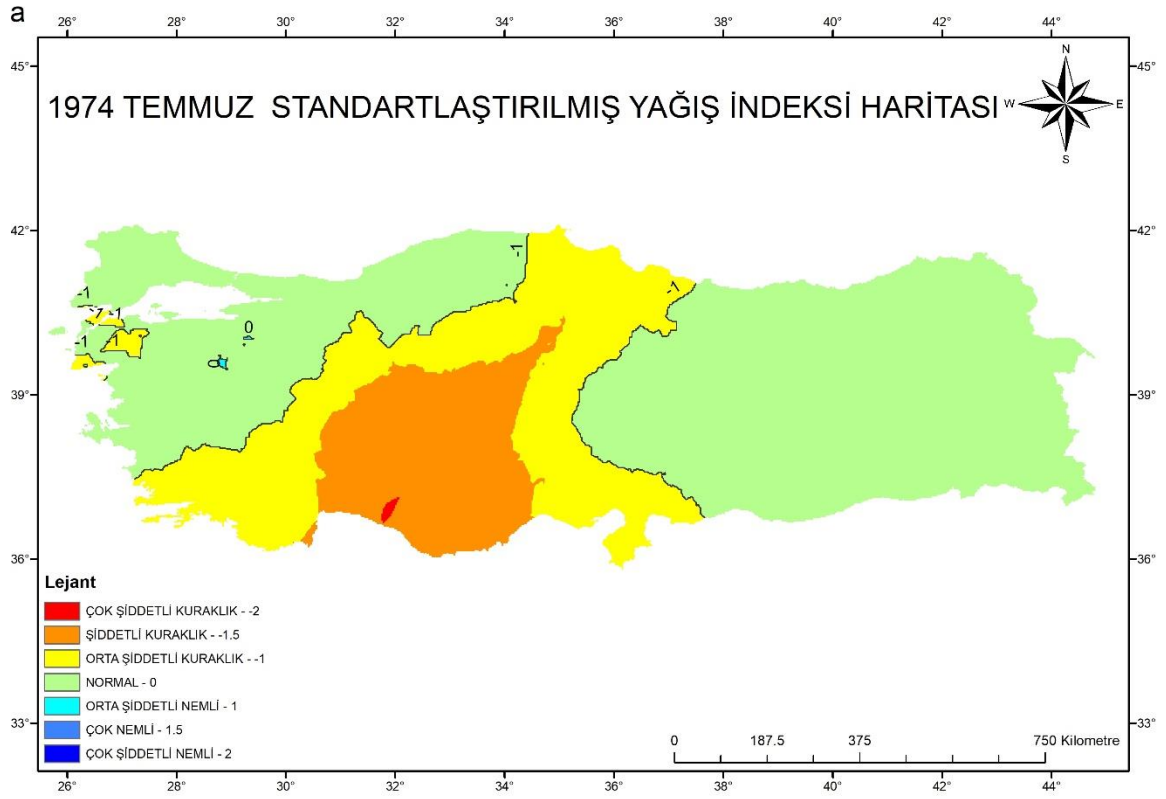


Şekil 7. 1974 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

4.4. 1974 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

1974 yılı Temmuz ayı SYİ-12 haritasına (Şekil 8a) baktığımızda kuraklık açısından normal şartların; Marmara Bölgesinin büyük bir bölümünde, Batı ve Doğu Karadeniz bölümünde, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin tamamında, Ege Bölgesinin büyük bir kesiminde hakim olduğu görülmektedir. Bunlara ek olarak Marmara bölgesinde Çanakkale ilinin Kavak dağı, Kaz dağı ve Karadağ kesiminde orta şiddetli kuraklık hakimken Uludağ ve Papaz dağı çevresinde ise yükseltiye bağlı olarak orta şiddetli nemlilik görülmüştür. Akdeniz Bölgesinin tamamında orta şiddetli kuraklık görülürken Toros dağ kuşağında ise şiddetli kuraklık görülmüştür. Yine Akdeniz Bölgesi Antalya ilinin dar bir alanında çok şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Orta Karadeniz bölümünde yer alan Canik dağlarında da orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. İç Anadolu bölgesinde Tuz Gölü ve çevresinde şiddetli kuraklık yaşanırken bölgenin geri kalan kesimlerinde orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır.

1974 yılı Temmuz ayı KKİ-12 haritasında (Şekil 8b) Türkiye'nin hemen hemen tüm bölgelerinde şiddetli ve orta şiddetli kuraklık koşulları yaşanmıştır. Buna ek olarak İç Anadolu bölgesinin Konya Ovası ve Tuz Gölü çevresinde çok şiddetli bir kuraklık yaşanmıştır. Orta Karadeniz bölümünün, Köroğlu Dağları kesiminde kuraklık açısından normal şartlar yaşanmıştır.

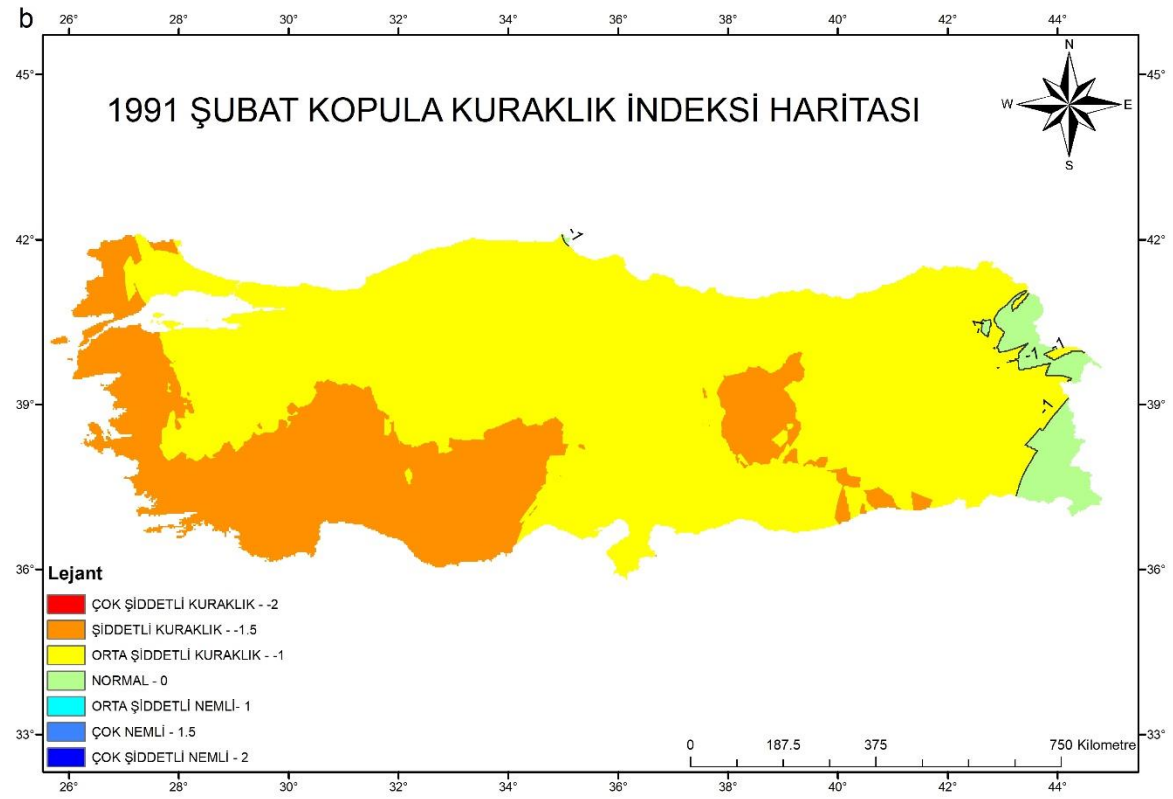
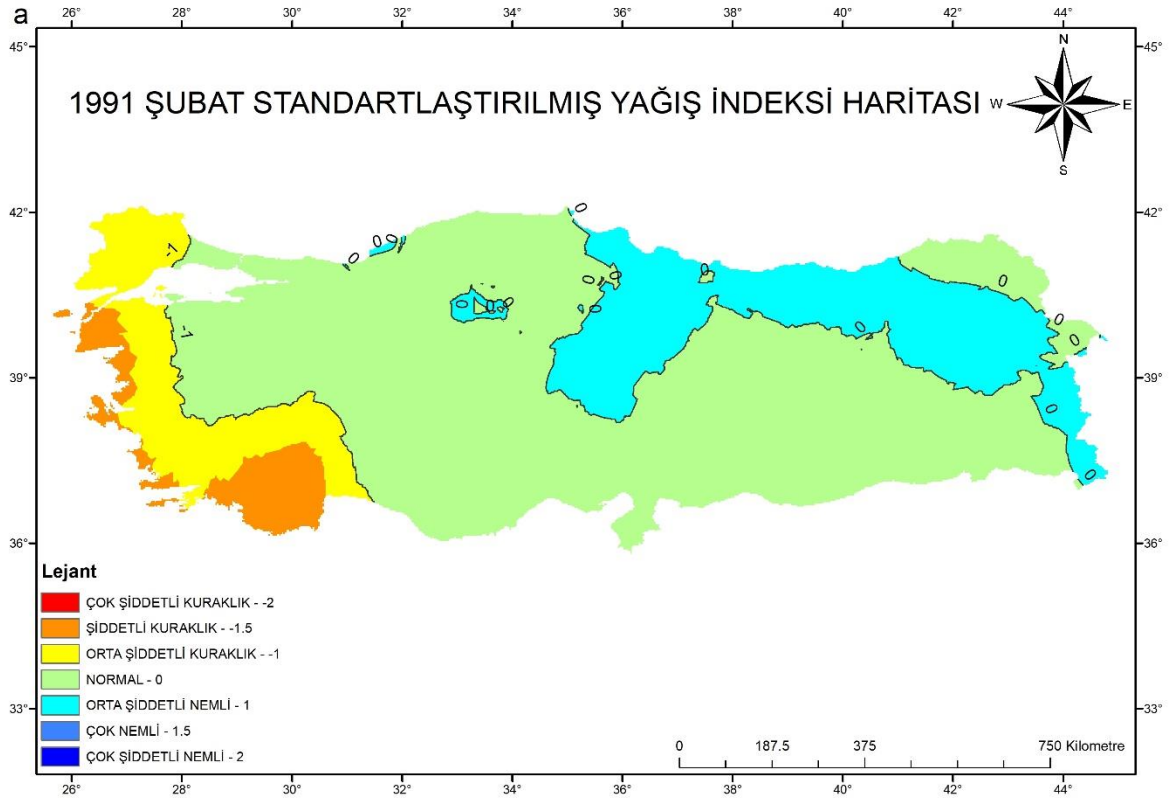


Şekil 8. 1974 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

4.5. 1991 Şubat SYİ-12 ve KKI-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

1991 yılı Şubat SYİ-12 kuraklık dağılım haritasında (Şekil 9a) kurak alanların ülkenin batı kesiminde olduğu görülmektedir. Ülkenin Kuzey, güney, doğu ve iç bölgelerinde ise normal ve orta şiddetli nemlilik hakimdir. Marmara bölgesinde Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Balıkesir illeri ile Yıldız Dağlarında orta şiddetli kuraklık hakimken Çanakkale ilinden başlayıp kıyı şeridi boyunca Ege Bölgesine kadar ise şiddetli kuraklık koşulları hakimdir. Ege Bölgesinde kıyı şeridi boyunca şiddetli kuraklık iç kesimlerde ise orta şiddetli kuraklık koşulları izlenmiştir. Akdeniz Bölgesinin batı kesimlerinde şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinin güney ve doğu kesimlerinde ise normal şartlar hakimdir. Doğu Karadeniz bölümünde Artvin ilinde normal koşullar hakimken, Sinop ilinden başlayıp İç Anadoluda Yozgat iline kadar, Doğu Anadolu Bölgesinde ise Erzincan, Erzurum, Ağrı, Van, Hakkari'ye kadar uzanan bir alanda orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Batı Karadeniz bölümünde ise Zonguldak ve Bartın illeri arasında orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Orta Karadeniz bölümünde Köroğlu Dağlarının güneye bakan kesimlerinde de orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Sayılan bölge ve bölümler dışında Türkiye'nin genelinde Şubat ayı SYİ-12 analizine göre normal şartların hakim olduğu bir yıl olmuştur.

1991 yılı Şubat KKI-12 kuraklık dağılım haritasında (Şekil 9b) Doğu Anadolu Bölgesi hariç ülkenin hemen hemen tamamında şiddetli ve orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Marmara Bölgesinde Yıldız Dağlarının kuzeyi, Edirne, Çanakkale, Balıkesir illeri ile Hisarlı Dağı ve Işıklar Dağında şiddetli kuraklık yaşanırken Marmara Bölgesinin geri kalan kesimlerinde orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinde, Toros Dağ kuşağı boyunca şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinin geri kalan kesimlerinde ise orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde; Harran Ovası, Mardin Eşiği boyunca şiddetli kurak koşullar görülürken bölgenin geri kalan kesimlerinde orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Doğu Anadolu Bölgesinde; Hakkari, Van, Ağrı, Kars illerinde kuraklık açısından normal koşullar yaşanırken Tunceli, Elazığ illerini kapsayan alanda ise şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Karadeniz Bölgesinde genel olarak orta şiddetli kuraklık yaşanırken Orta Karadeniz bölümünde Sinop ilinin doğusuna doğru dar bir alanda orta şiddetli nemlilik yaşanmıştır.

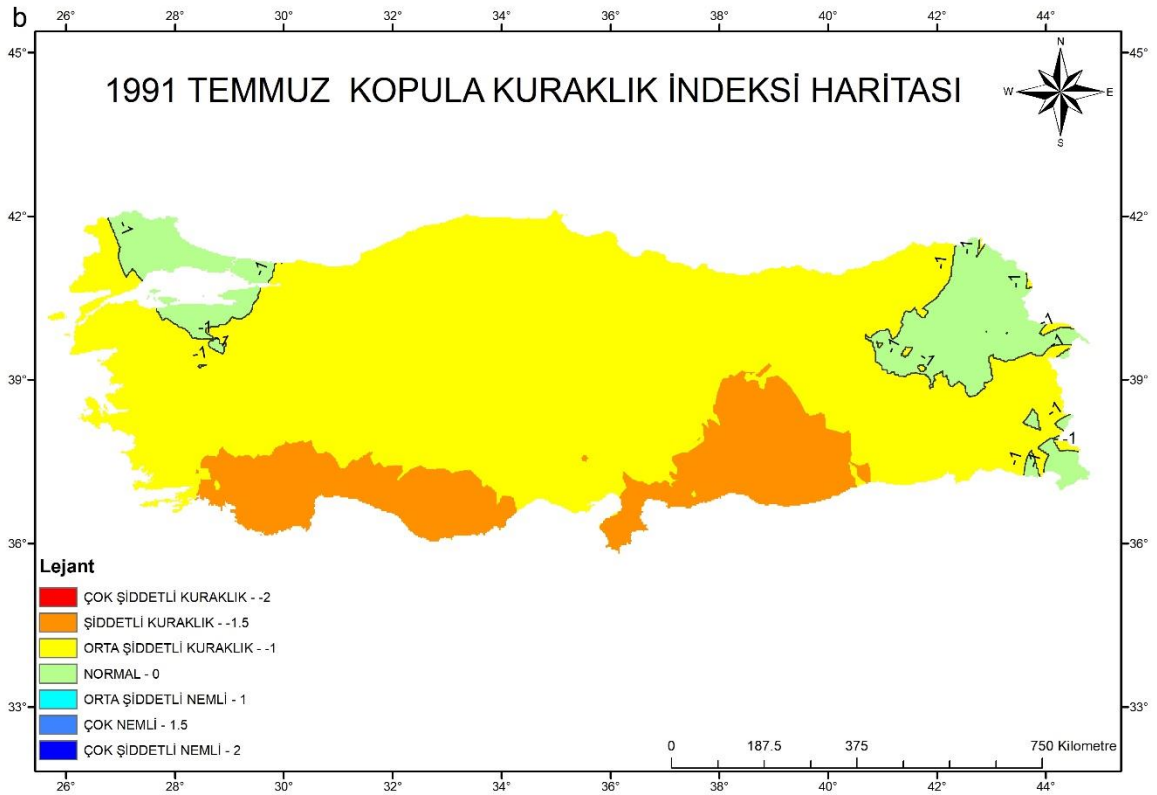
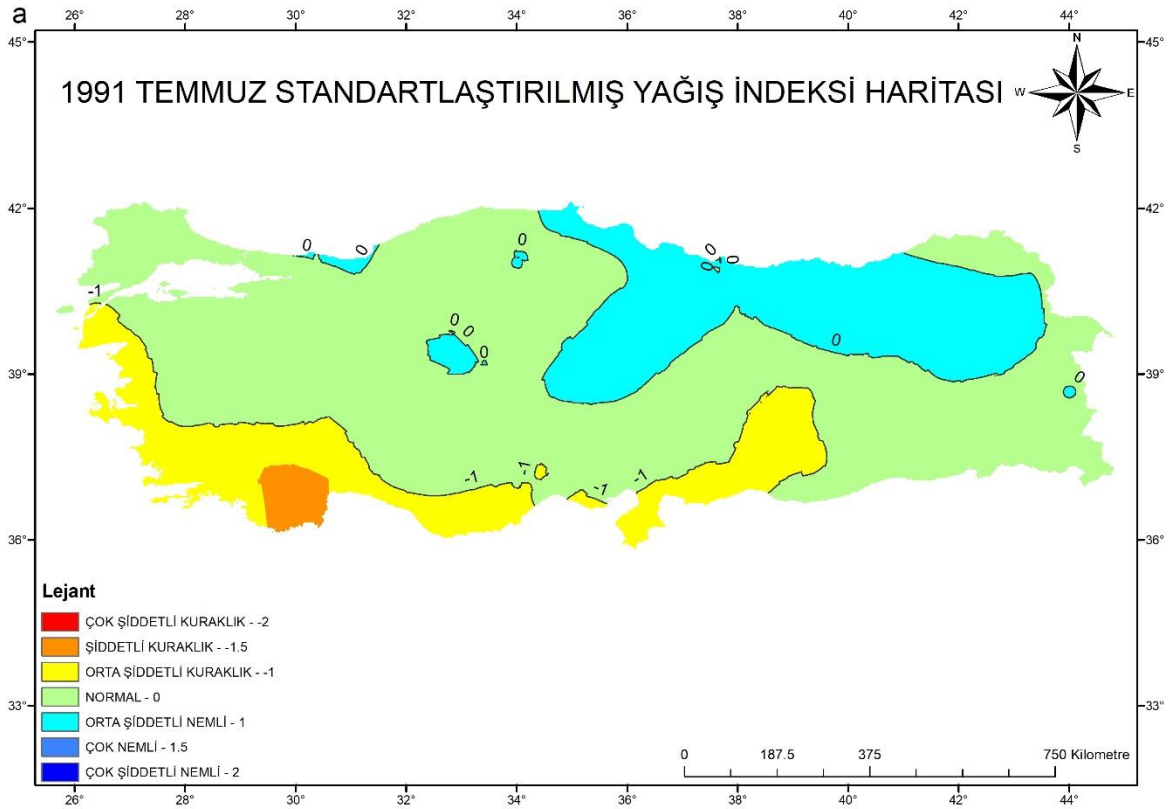


Şekil 9. 1991 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

4.6. 1991 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

1991 Temmuz ayı SYİ-12 haritasında (Şekil 10a) Türkiye genelinde normal ve orta şiddetli nemli koşullar hakimdir. Marmara Bölgesinde Çanakkale ilinden başlayıp Ege Bölgesi kıyı şeridi boyunca devam eden alanda orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Akdeniz ve Güneydoğu Toros dağ kuşağı boyunca yine orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Buna ek olarak Akdeniz Bölgesinde; Bey Dağları, Ak Dağlar, Elmalı Dağı boyunca da şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Batı Karadeniz bölümünde genel olarak normal şartlar hakimken Sakarya ilinin kuzeyinde orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Orta Karadeniz bölümünde Sinop ilinin doğusundan başlayıp Canik Dağları boyunca uzanıp Doğu Karadeniz Dağları boyuncada devam eden alanda orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. İç Anadolu Bölgesinde genel olarak normal koşullar hakimken Ankara ili çevresinde orta şiddetli nemli bir alan göze çarpmaktadır. Doğu Karadeniz bölümünde görülen orta şiddetli nemli koşullar İç Anadolu'da Sivas ve Kayseri illerine kadar sokulmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinde Ağrı, Kars, Erzurum illerini içine kapsayan alanda orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Yine Doğu Anadolu Bölgesinde İran sınırında çok dar bir alanda da orta şiddetli nemli koşullar görülmüştür.

1991 Temmuz ayı KKİ-12 haritasında (Şekil 10b) Temmuz SYİ-12 haritasından farklı olarak Türkiye genelinde orta şiddetli kurak koşullar hakim olmuştur. Temmuz SYİ-12 haritasında genel olarak normal ve nemli koşullar hakimken analize sıcaklık dahil edilince kayıpların girdilerden daha fazla olması neticesinde 1991 yılı Temmuz ayı kurak koşullara sahip olmuştur. Bununla birlikte bazı bölgelerin normal koşullara sahip olduğu görülmüştür. Marmara Denizi çevresi ve Yıldız Dağları boyunca uzanan alanda normal koşullar hakim olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinde Ardahan, Kars, Iğdır, Ağrı, Erzurum illerini kapsayan alan ile Hakkari ili ve çevresinde normal koşullar hakim olmuştur. Akdeniz ve Güneydoğu Toros dağ kuşağı boyunca ise şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Sayılan tüm bu alanlar dışında kalan yerlerde ise orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır.

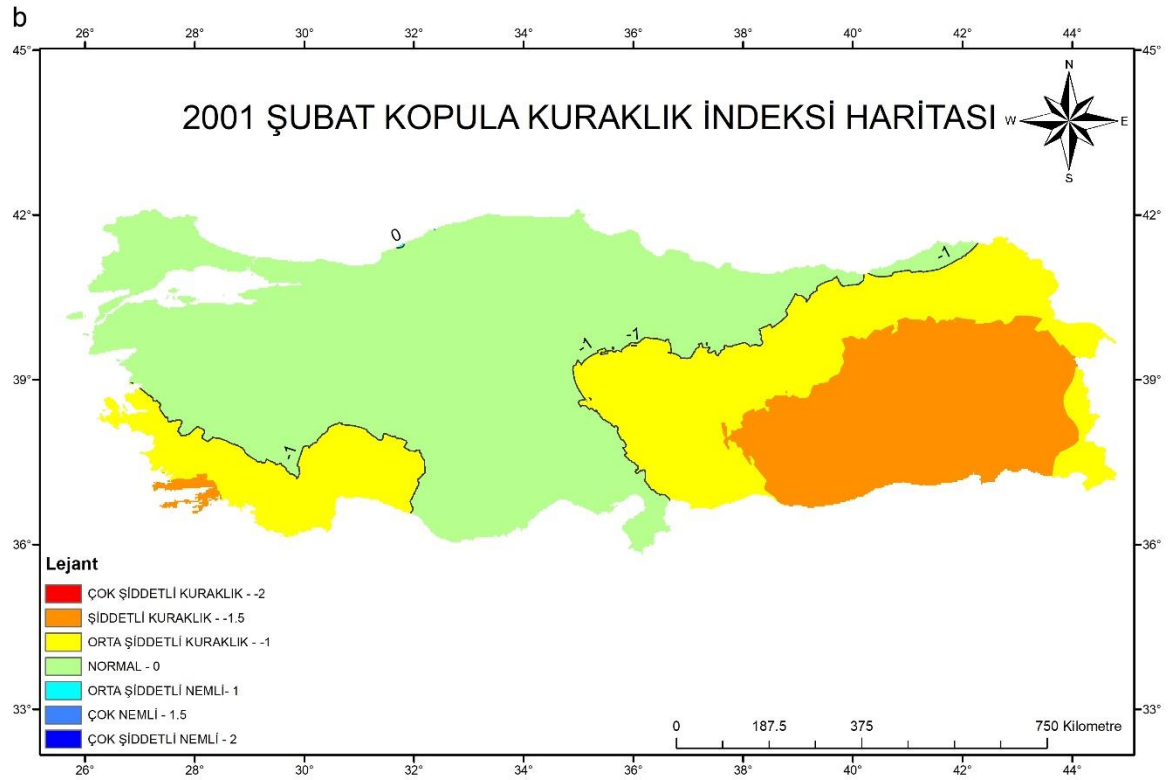
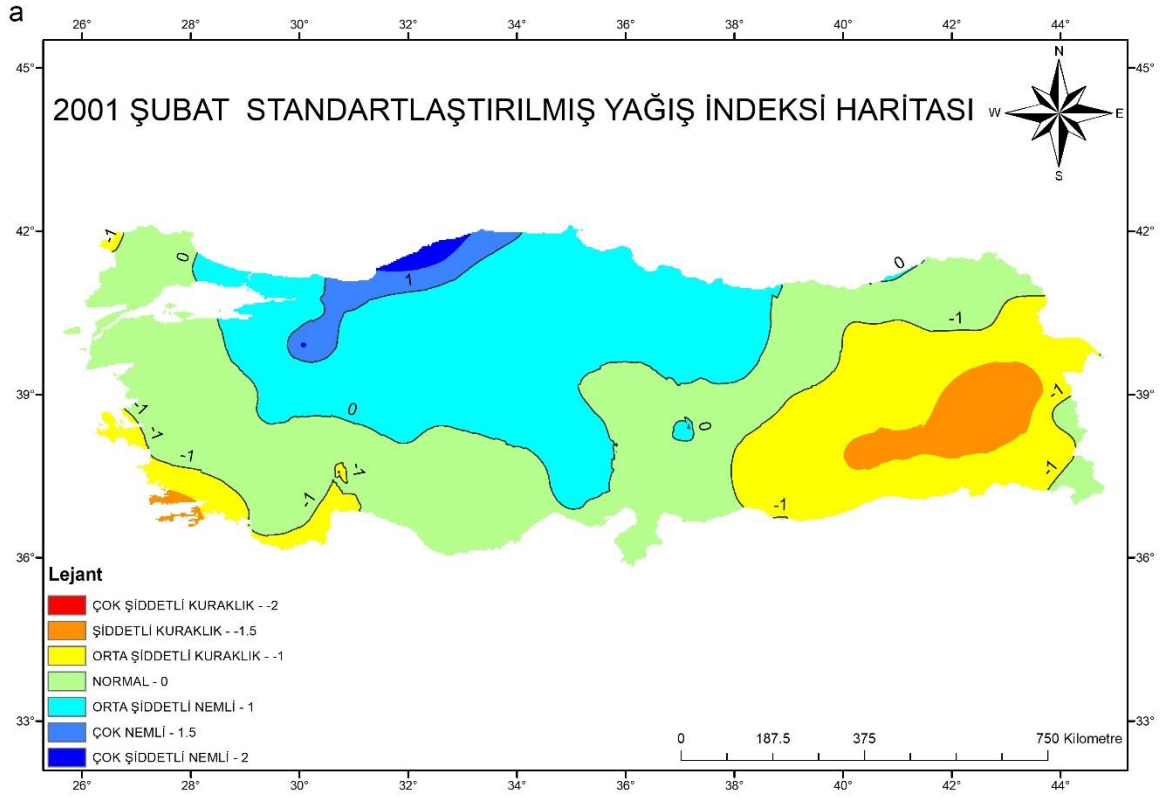


Şekil 10. 1991 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

4.7. 2001 Şubat SYİ-12 ve KKI-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2001 yılı Şubat ayı SYİ-12 haritasında (Şekil 11a) Marmara Bölgesinde Edirne ilinin Bulgaristan ile olan sınırında dar bir alanda orta şiddetli kurak koşullar görülürken bölgenin geri kalan kısmında genel olarak normal ve nemli koşullar hakimdir. Buna ek olarak İstanbul ili sınırları boyunca orta şiddetli nemlilik görülmüştür. Ege bölgesinde genel olarak normal şartlar görülürken kıyı şeridi boyunca İzmir ilinden başlayıp Antalya ili kıyı şeridine kadar uzanan alanda orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinde Toroslar boyunca normal şartlar görülürken Aladağlardan Adana'ya kadar uzanan alanda orta şiddetli nemlilik görülmüştür. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Gaziantep ilinde normal koşullar Batman ili sınırlarında şiddetli kuraklık görülürken bölgenin geri kalan kesiminde orta şiddetli kurak koşullar görülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesinde Hakkari ve Van ili sınırı boyunca normal şartlar hakimken Van gölü çevresinde şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Karadeniz Bölgesinde, Batı Karadenizden başlayıp Doğu Karadenize kadar uzanan kıyı kuşağında orta, çok ve şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Orta Karadeniz bölümünde Bartın ili kıyı sınırı boyunca çok şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Orta Karadeniz bölümünde Ilgaz Dağları boyunca başlayıp Küre Dağlarına doğru uzanan alanda çok nemli şartlar yaşanmıştır. Doğu Karadeniz bölümünün doğusunda normal şartlar yaşanırken batısında ise orta şiddetli nemlilik hakim olmuştur.

2001 yılı Şubat ayı KKI-12 haritasında, (Şekil 11b) sıcaklık ve yağışın ortak olasılığının eklenmesi sonucu örneğin Karadeniz bölgesindeki nemli koşullar yerini kuraklık açısından normal koşullara bırakmıştır. Yine Şubat SYİ-12 haritasında Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde orta ve şiddetli kurak koşulların alanını genişleterek İç Anadolu bölgesinde Kayseri iline kadar sokulmuştur. Şubat ayı SYİ-12 haritasında Ege kıyılarından başlayıp Akdeniz kıyı şeridine doğru uzanan orta şiddetli kurak koşulların da alanını genişleterek iç bölgelere doğru ilerlediği gözlemlenmiştir.

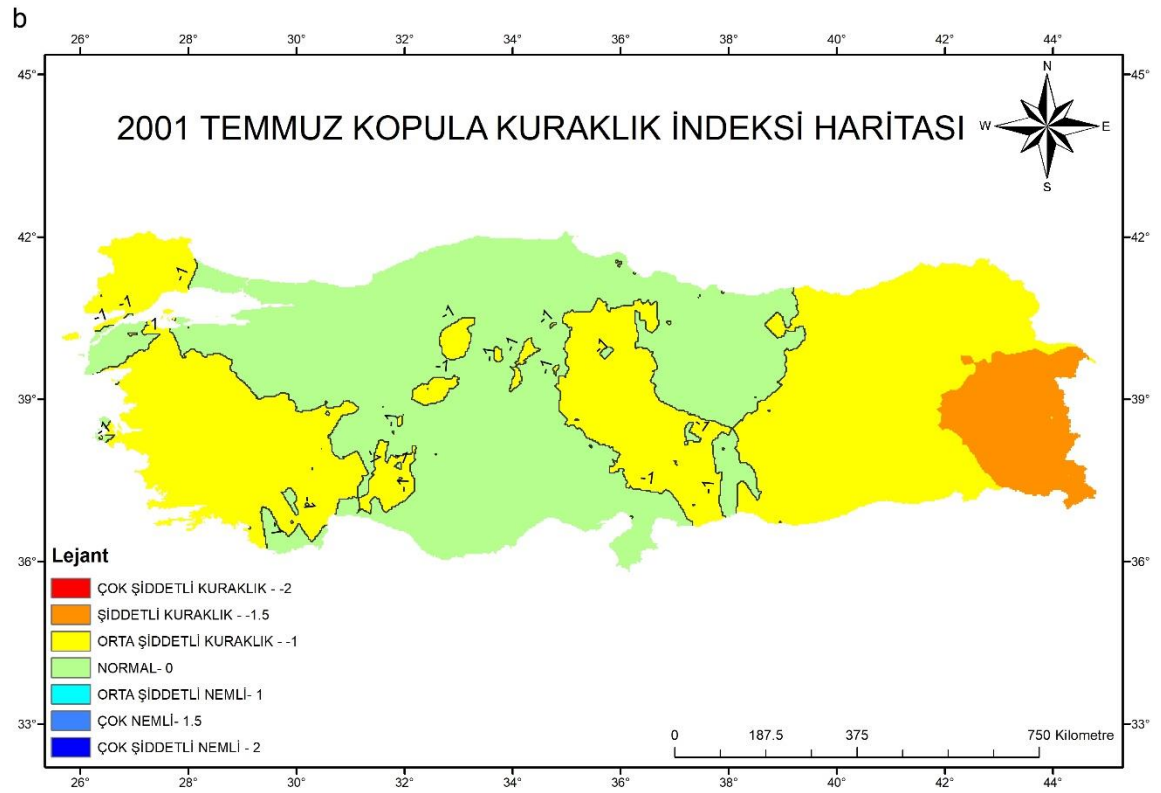
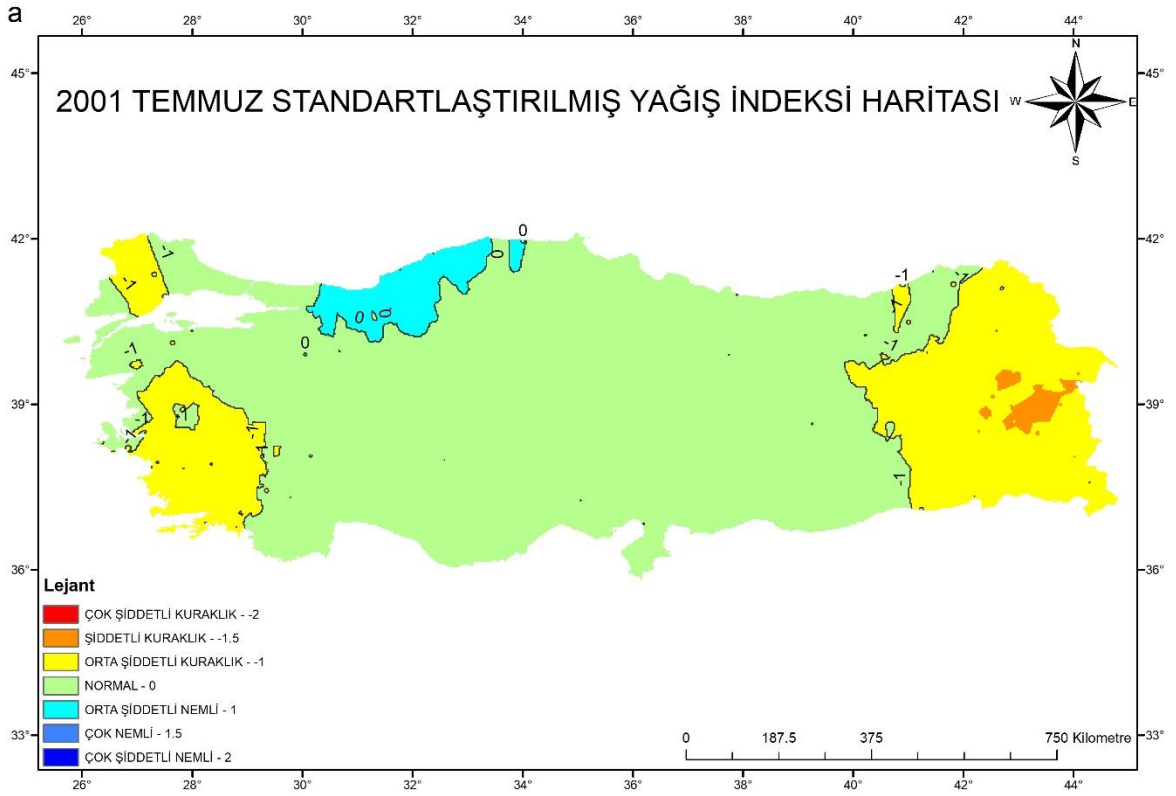


Şekil 11. 2001 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

4.8. 2001 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2001 Temmuz ayı SYİ-12 haritasında (Şekil 12a) İç Anadolu bölgesinde Şubat SYİ-12 haritasında görülen şiddetli nemli koşullar yerini normal şartlara bırakmıştır. Batı Karadeniz Bölümünde Küre dağlarının kuzeyinden başlayıp kıyı şeridi boyunca Kocaeli iline kadar uzanan hatta orta şiddetli nemli koşullar gözlenmiştir. SYİ-12 ve KKİ-12 Şubat aylarında olduğu gibi Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da alan daralmış olsa bile orta şiddetli ve şiddetli kurak koşullar gözlenmiştir. Marmara Bölgesinde Edirne ilinden başlayıp Marmara denizinin batı kıyısına kadar uzanan hatta orta şiddetli kurak şartlar yaşanmıştır. Ege bölgesinin İzmir ili ve kuzey kıyı şeridi hariç bölgenin genelinde orta şiddetli kuraklık görülmüştür. Ege bölgesinin iç kesiminde Marmara Gölü çevresi orta şiddetli kuraklığın ortasında normal şartların yaşandığı bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Akdeniz bölgesi Temmuz ayı kuraklık desenlerinde normal şartların görüldüğü bir bölge olmuştur.

2001 Temmuz ayı KKİ-12 haritasında (Şekil 12b) sıcaklığın özellikle Temmuz ayı için uzun periyottaki etkisi tüm Türkiye'deki şiddetli ve orta şiddetli kuraklığın geniş bir alana yayılmasıyla gözler önüne serilmiştir. Doğu Anadolu bölgesinin iç kesimlerinde orta şiddetli doğusunda ise şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. İç Anadolu bölgesinde Sivas, Kayseri, Yozgat illerinin bulunduğu alanda orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinin batı kıyısında orta şiddetli kuraklık hakimken Doğu ve güney kıyısında normal şartlar hakim olmuştur. Marmara bölgesinde Yıldız Dağları ve Edirne, Kırklareli illerini kapsayan alan kurak şartların yaşandığı bir alan olmuştur. Karadeniz bölgesinin Batı ve Orta Bölümünde normal şartlar yaşanırken doğusunda orta şiddetli kurak koşullar hakim olmuştur.

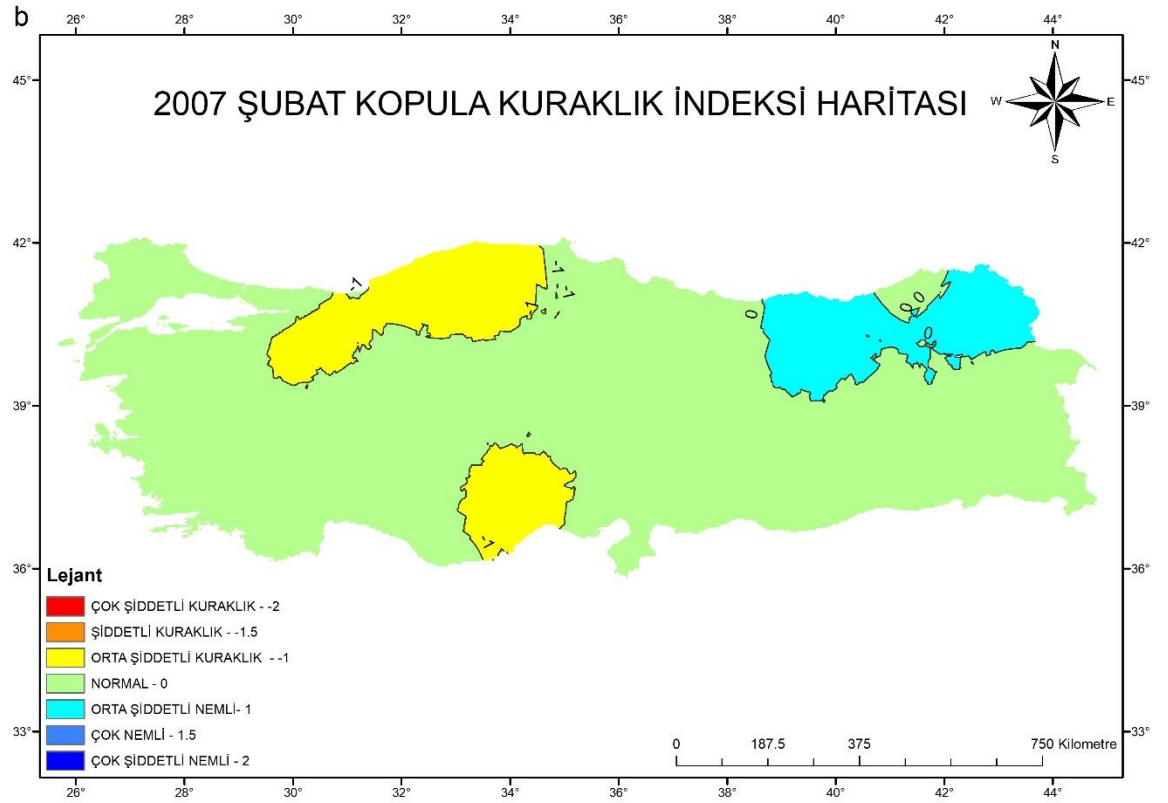
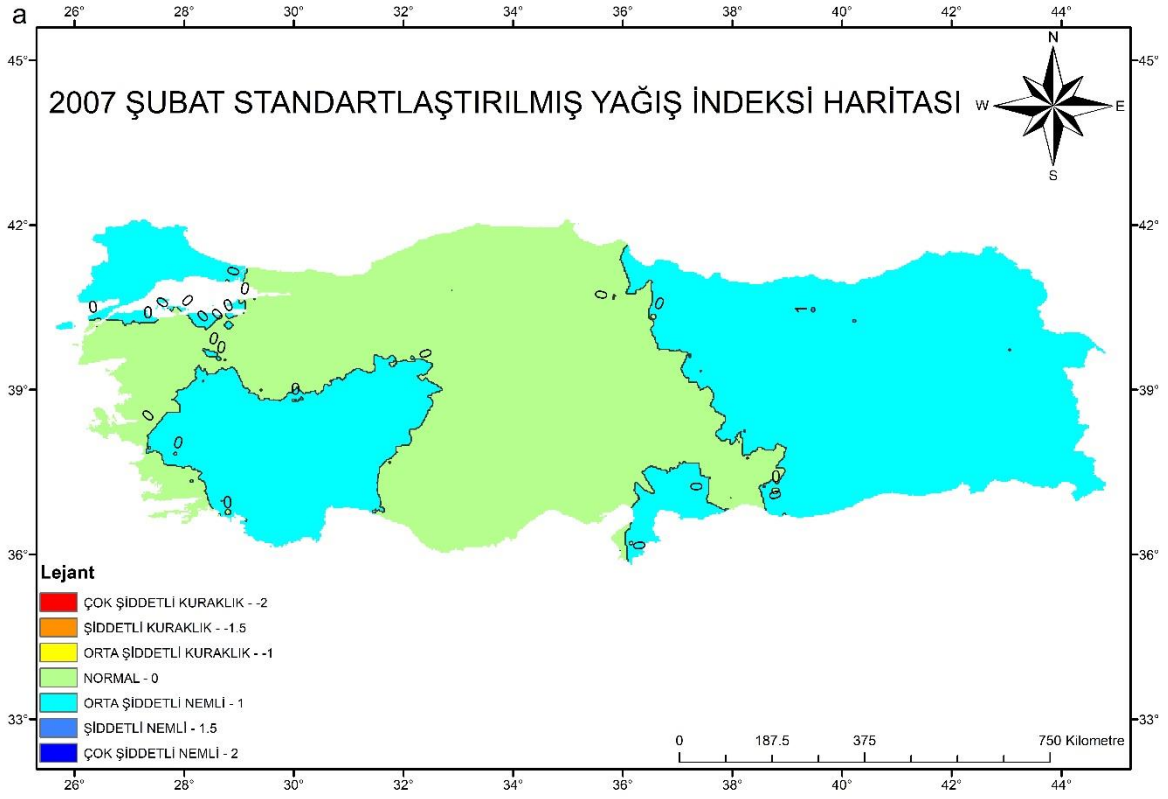


Şekil 12. 2011 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

4.9. 2007 Şubat SYİ-12 ve KKI-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2007 yılı Şubat ayı SYİ-12 kuraklık haritasında (Şekil 13a) genel olarak normal koşullar gözlenmiştir. Batı Karadeniz Bölümü, Doğu Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi tamamiyle orta şiddetli kuraklığın olduğu alan olarak karşımıza çıkıyor. Akdeniz Bölgesinde Antalya, Burdur illerini kapsayan alanda orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Adı geçen bölge ve bölümler hariç tüm Türkiye’de kuraklık açısından normal şartlar yaşanmıştır.

2007 Şubat KKI-12 haritasında (Şekil 13b) Şubat SYİ-12 kuraklık desenleri haritasındaki orta şiddetli nemli koşullar sadece Doğu Karadeniz bölümünün doğusuyla sınırlı kalmıştır. Orta Karadeniz bölümünde Küre Dağları, Ilgaz Dağlarından başlayıp bir hat boyunca Bolu, Düzce, Sakarya, Bilecik illerine kadar sokulan orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinin genelinde normal koşullar yaşanırken Toros Dağlarının doğusunda orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Adı geçen bölge ve bölümler hariç tüm Türkiye’de kuraklık açısından normal şartlar yaşanmıştır.

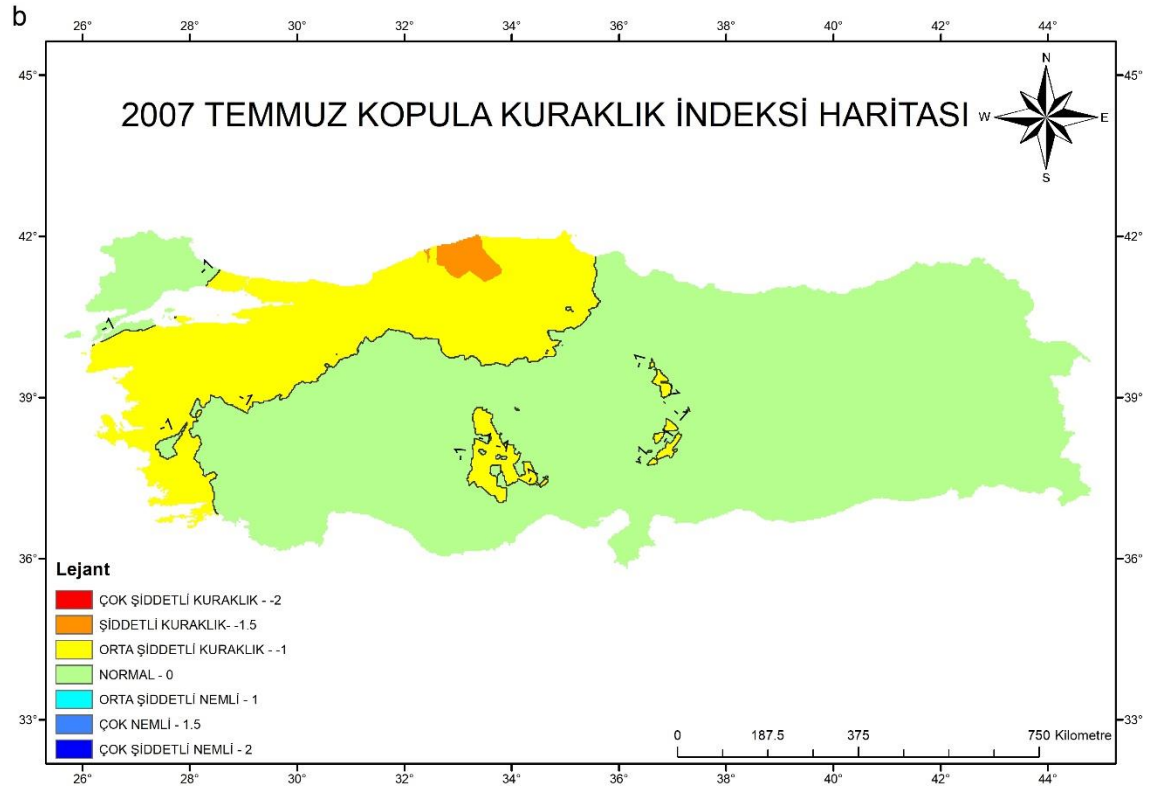
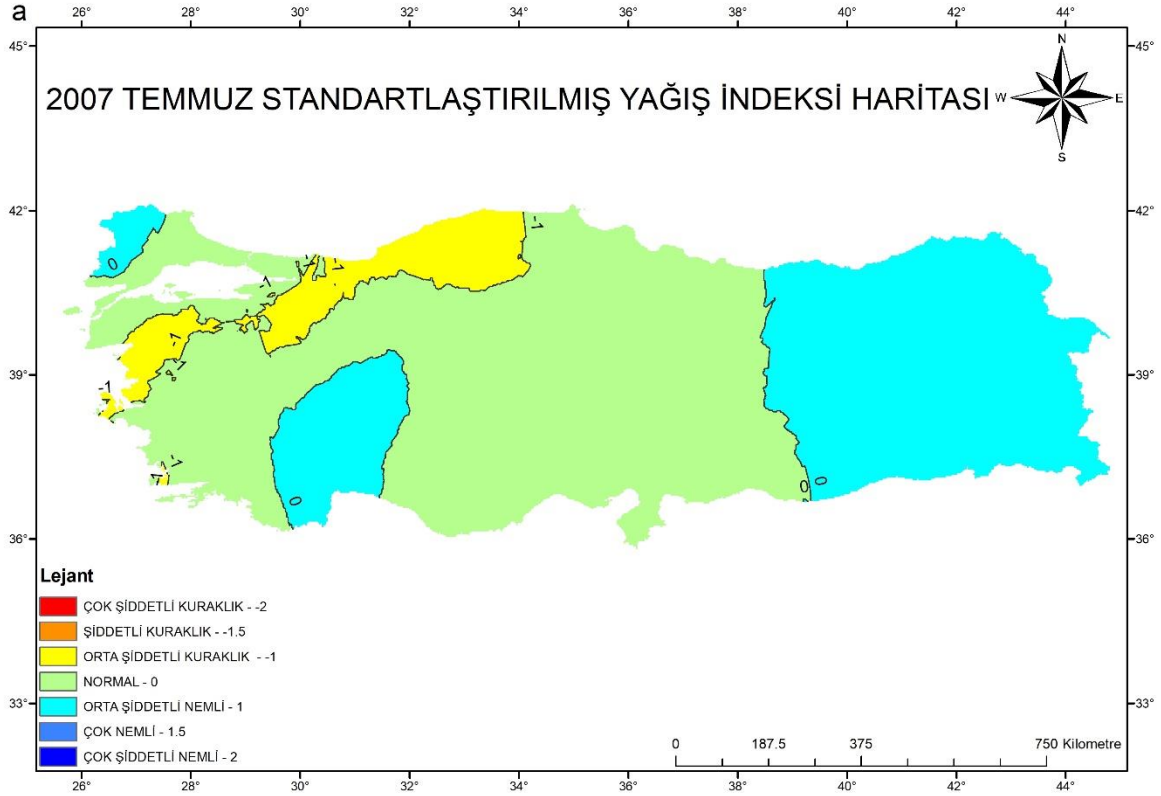


Şekil 13. 2007 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

4.10. 2007 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2007 Temmuz SYİ-12 haritası (Şekil 14a) Şubat SYİ-12 haritasıyla benzerlik gösterir. Şubat SYİ-12 haritasında Doğu Anadolu İç Anadolu bölgesine kadar sokulan orta şiddetli nemli koşulların Doğuya doğru çekildiği gözlenmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesinin doğusu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde orta şiddetli nemli koşullar görülmüştür. Batı Karadeniz Bölümünde Köroğlu Dağlarının kuzeyinden başlayıp Samanlı Dağlarına kadar uzanan alanda orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Marmara Bölgesinde Edirne, Kırklareli illerini kapsayan alanda orta şiddetli nemlilik görülmüştür. Şubat SYİ-12 haritasında bu nemlilik Marmara Bölgesinin iç kesimlerine kadar sokulmuştu. Marmara bölgesinde Çanakkale, Bursa, Balıkesir illerinin bir kısmında orta şiddetli kuraklık görülmüştür. Ege Bölgesinde Manisa ve Muğla illerinin batısında dar bir alanda orta şiddette kuraklık yaşanırken bölgede genel olarak normal şartlar görülmüştür. Akdeniz Bölgesinde Batı Toroslar boyunca Göller yöresine kadar uzanan alanda orta şiddette nemli koşullar yaşanmıştır.

2007 Temmuz ayı KKİ-12 haritasında (Şekil 14b) Temmuz SYİ-12 haritasındaki orta şiddette nemli alanlar yerini normal şartlara bırakmıştır. Doğu Karadeniz, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde SYİ'deki nemli koşullar yerini normal şartlara bırakmıştır. İç Anadolu bölgesinde Tahtalı Dağı ve Tuz Gölü çevresinde orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Orta Karadeniz bölümünde dar bir alanda şiddetli kurak koşullar yaşanırken Orta Karadeniz bölümünden başlayıp kıyı şeridi boyunca Batı Karadenize kadar orta şiddetli kurak koşullar gözlenmiştir. Marmara Bölgesinde Yıldız Dağları bölümü, ve Çanakkale ilinin kuzeyinde normal koşullar yaşanırken bölgenin geri kalanında orta şiddette kurak koşullar yaşanmıştır. Ege Bölgesinde kıyı şeridi boyunca orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. İç bölgelerde ise normal koşullar hakim olmuştur. Aydın ve Bozdağlar Ege Bölgesinde normal koşulların yaşandığı alanlar arasındadır. Genel olarak bakıldığında sıcaklığın etkisiyle Temmuz SYİ-12 haritasında alanı sınırlı olan kurak alanlar alanlarını genişletirken nemli koşullar ise yerini tamamen normal koşullara bırakmıştır.

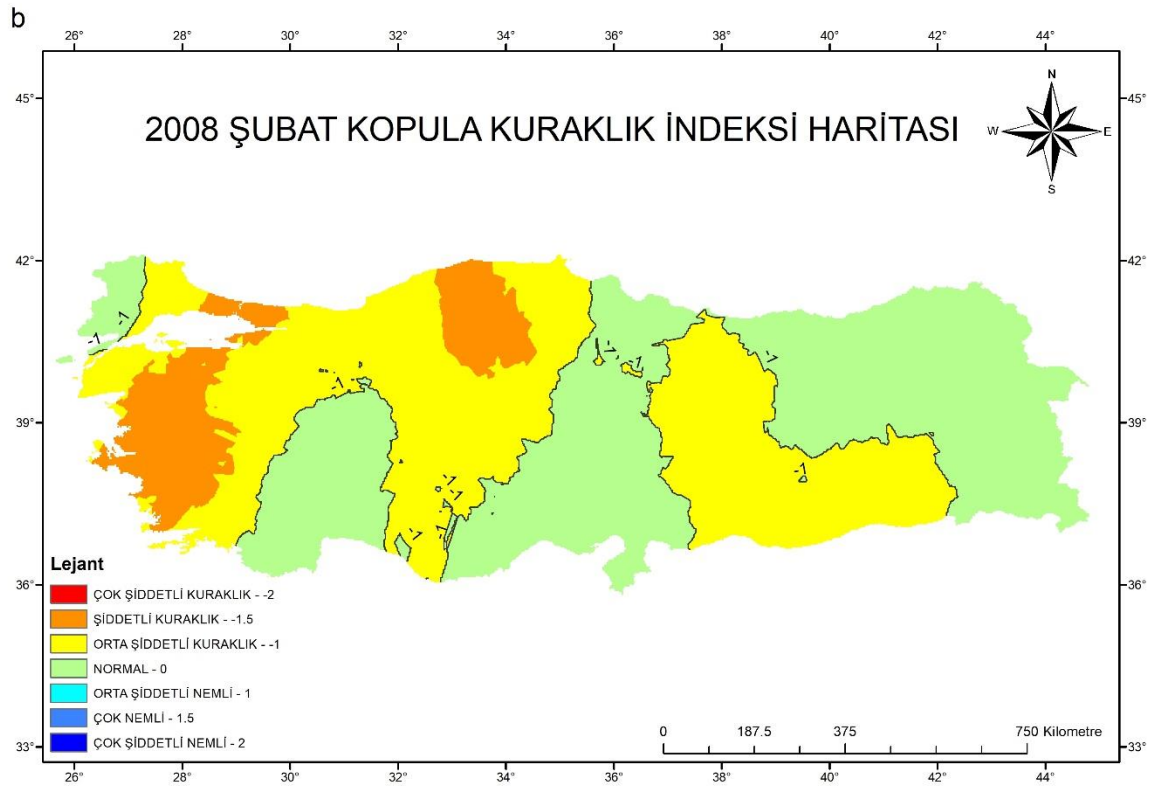
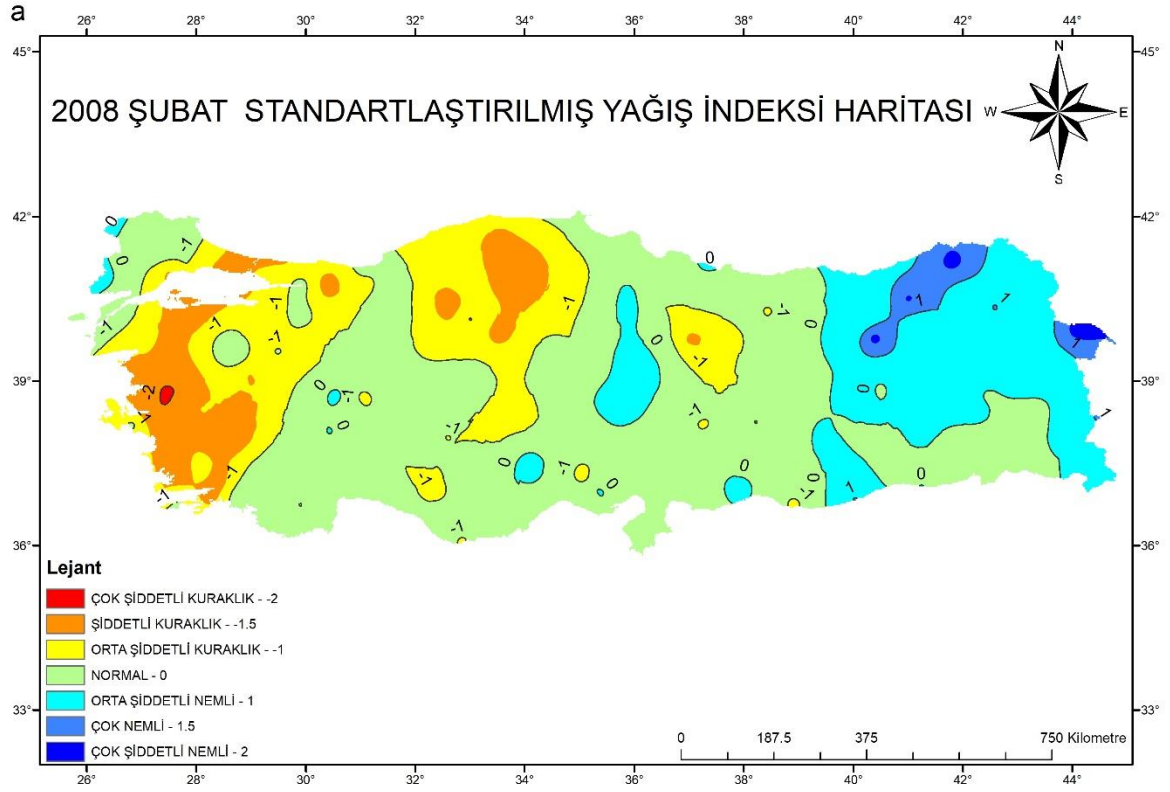


Şekil 14. 2007 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

4.11. 2008 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2008 Şubat ayı SYİ-12 Türkiye kuraklık dağılışı haritasında (Şekil 15a) genel olarak ülkenin kuzeydoğusunun nemli koşulların Batısının ise kurak koşulların etkisi altında olduğu gözlenmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinde Yalnızçam Dağlarından başlayıp Doğu Anadolunun batısına kadar uzanan alanda şiddetli ve çok şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Genel olarak Doğu Karadeniz batısında normal koşullar hakimken doğusunda orta şiddetli nemlilik hakim olmuştur. Doğu Anadolu bölgesinde genel olarak normal koşullar hakimken Iğdır ilinde ve çevresinde şiddetli ve çok şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Mardin Eşiğini kaplayan alanda orta şiddetli nemli koşullar varken bölgenin geri kalanında normal şartların hakim olduğu görülmüştür. Orta Karadeniz bölümünde Küre ve Ilgaz dağları boyunca Tuz gölü ve çevresine kadar sokulan alanda şiddetli ve orta şiddetli kurak koşullar gözlenmiştir. Batı Karadeniz bölgesinde Zonguldak, Düzce, Bolu sınırları arasında kalan bölgede normal koşullar yaşanırken Marmara bölgesine doğru kıyı şeridi boyunca kurak koşullar gözlenmiştir. Tokat ve Sivas illeri arasında kalan alanda orta şiddette kuraklık yaşanmıştır. Marmara Bölgesinde Edirne ve ilçesi Keşan'da dar bir alanda orta şiddetli nemlilik görülmüştür. Yıldız Dağları boyunca normal şartlar hakimken İstanbul'un her iki yakasında şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinde genel olarak normal şartlar hakimken Batı Torosların kuzeyinde orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır.

2008 Şubat KKİ-12 haritasında (Şekil 15b) Doğu Karadenizin Doğusu ve Doğu Anadolu bölgesindeki nemli koşullar yerini normal koşullara bırakmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki normal koşullar ise yerini orta şiddetli kurak koşullara bırakmıştır. Doğu Karadeniz Bölgesinde Canik Dağlarından başlayıp İç Anadolu bölgesinde Tokat, Sivas illerine kadar sokulan alanda orta şiddetli kurak koşullar gözlenmiştir. Bunun dışında kalan bölgelerde Doğu Karadenizde genel olarak normal koşullar görülmüştür. Batı Karadeniz Bölümünde Küre Dağları ve Canik Dağları boyunca şiddetli kurak koşullar yaşanırken bölümün geri kalanında orta şiddetli kurak koşullar hakim olmuştur. Ege bölgesinde Şubat SYİ-12 haritasındaki şiddetli kurak alanlar alanını genişleterek tüm Ege Bölgesi'ni kapsamıştır. Akdeniz bölgesinde genel olarak nemli koşullar hakimken Batı Toroslardan başlayıp Burdur Göller yöresine kadar sokulan alanda orta şiddetli nemli koşullar gözlenmiştir.

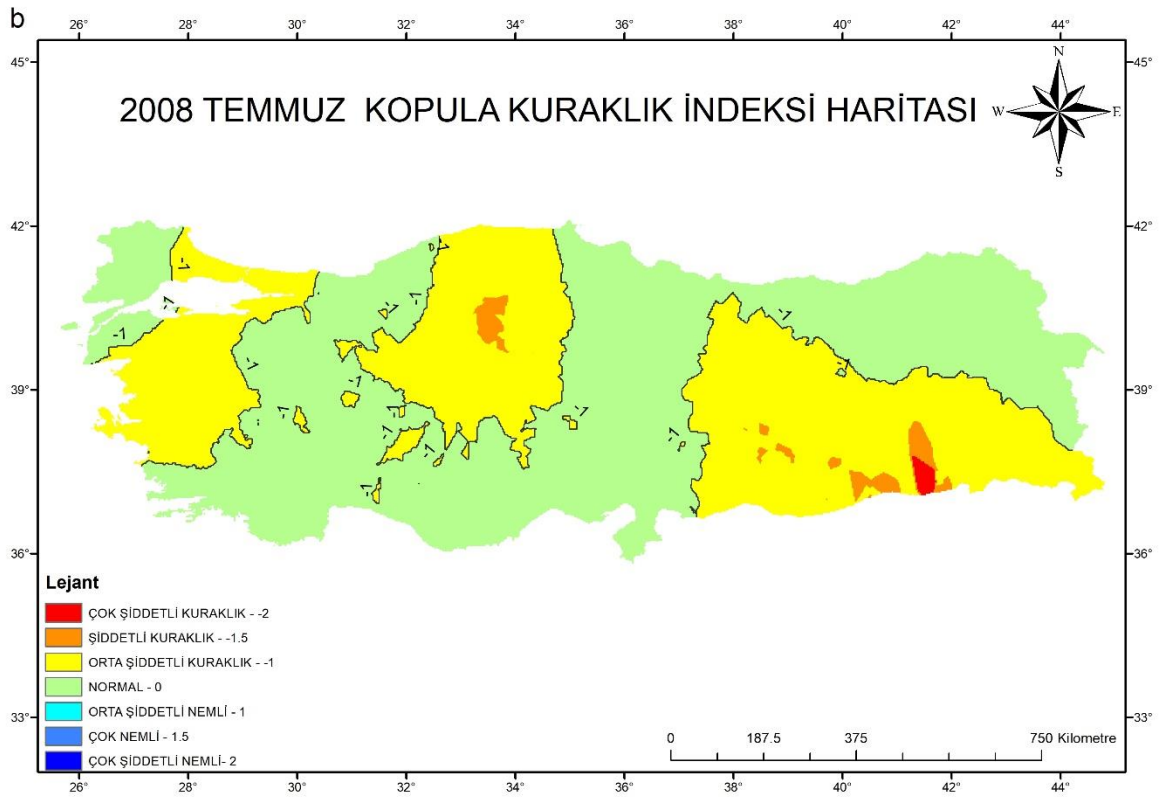
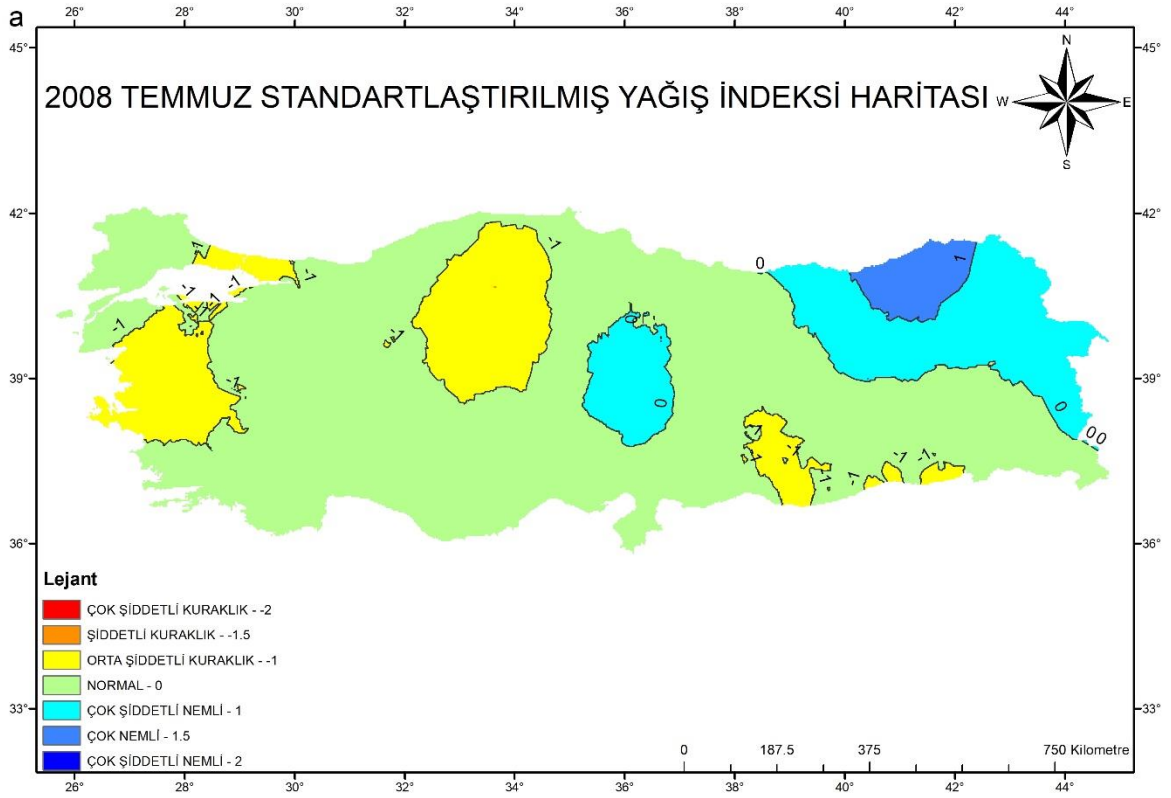


Şekil 15. 2008 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

4.12. 2008 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2008 Temmuz ayı SYİ-12 haritasında (Şekil 16a) Şubat ayı SYİ-12 haritasına paralel ve kurak koşulların etkisini yer yer yitirdiği bir ay olarak karşımıza çıkar. Doğu Karadeniz Bölümünde Doğu Karadeniz Dağ kuşağının kuzey kesiminde çok şiddetli nemli koşullar gözlenmiştir. Bununla birlikte Doğu Karadenizin Batı kesiminde çok nemli koşullar hakim olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinin Kuzey Doğusunda orta şiddette nemlilik hakim olurken bölgenin geri kalan kesiminde normal şartlar hakim olmuştur. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Mardin Eşiği, Harran Ovası orta şiddette kurak alanlar olarak karşımıza çıkar. Akdeniz Bölgesinde Temmuz ayı SYİ-12 değerleri normal şartlara işaret etmiştir. Ege Bölgesinde Aydın, Muğla illerinin bulunduğu alanda normal şartlar hakimken bölgenin geri kalan kesiminde orta şiddetli kurak koşullar hakim olmuştur. Marmara Bölgesinin Batısında normal şartlar hakimken kuzeyinde İstanbul'un her iki yakasında orta şiddette kuraklık hakim olmuştur. Marmara Bölgesi SYİ-12 haritasında şiddetli kurak bir alan olarak karşımıza çıkar. Karadeniz Bölgesinde Batı Karadeniz ve Doğu Karadenizin Batı kesiminde normal şartlar hakimken Orta Karadeniz Bölümünde Küre Dağları Ilgaz Dağları boyunca orta şiddetli kurak koşullar gözlenmiştir. İç Anadolu Bölgesinde genel olarak normal şartlar hakimken Anakara ve Kırıkkale illerinin bulunduğu orta kesimde orta şiddetli kuraklık gözlenmiştir. Yine İç Anadolu Bölgesinde Ak Dağlar ve Bozok platosunun bulunduğu alanda orta şiddette nemlilik görülmüştür.

2008 Temmuz ayı KKİ-12 haritası (Şekil 16b) ile Şubat ayı KKİ-12 haritaları kurak bölgeler açısından paralellik gösterir. Marmara Bölgesinde Şubat KKİ-12 haritasındaki normal koşullar alanını genişleterek orta şiddetli kurak olan Çanakkale iline kadar sokulmuştur. İstanbul'un her iki yakasındaki şiddetli kurak koşullar ise yerini orta şiddetli kuraklığa bırakmıştır. Ege Bölgesinde KKİ-12 haritasına göre şiddetli kurak olan alanlar hem alanını darlatıp kuzeye doğru çekilmiş hemde orta şiddetli kuraklığa dönmüştür. Orta Karadeniz Bölgesinde Şubat KKİ-12 haritalarında şiddetli kurak alanlar Canik ve Ilgaz Dağları boyunca yerini orta şiddetli kuraklığa bırakmıştır. Bunun dışında bölgenin geri kalan bölümlerinde normal şartlar hakim olmuştur. İç Anadolu Bölgesinde Tuz Gölü ve çevresinde orta şiddetli kurak koşullar hakim olmuştur. Bölgede bunun dışında küçük lokal alanlarda orta şiddetli kurak koşullar yaşanırken genel anlamda normal şartlar hakim olmuştur.



Şekil 16. 2008 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

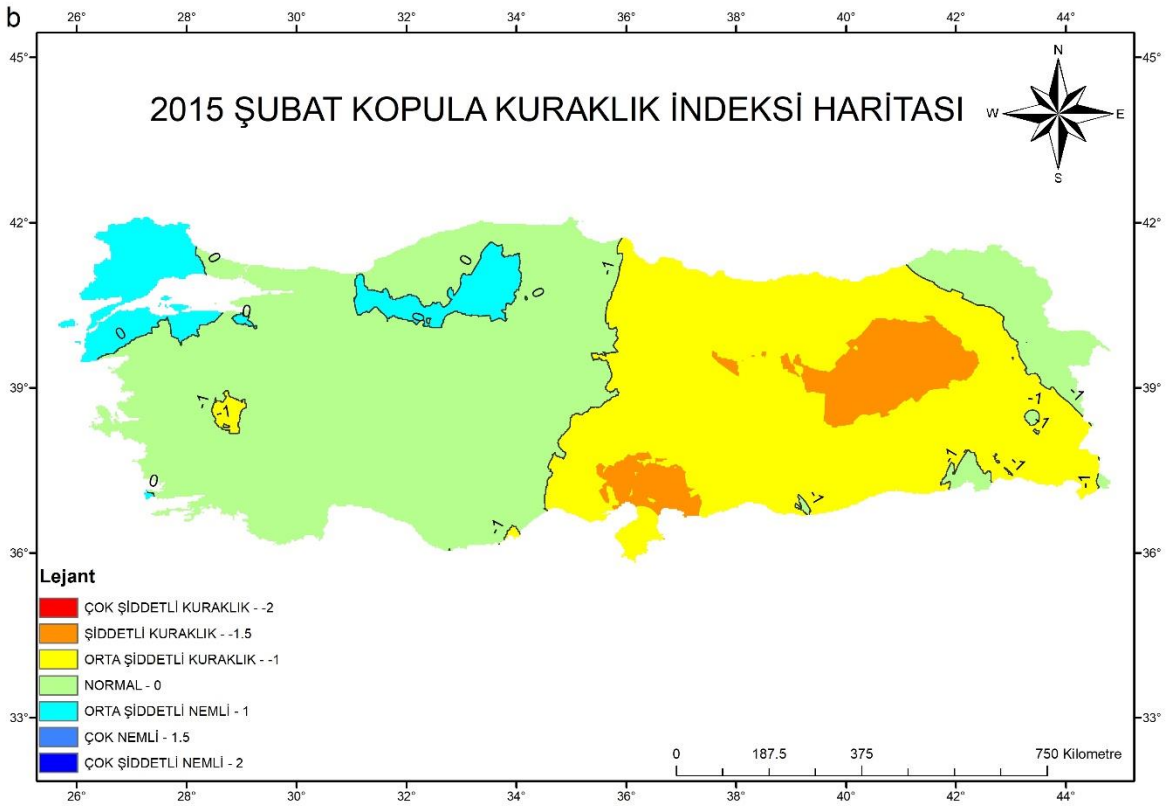
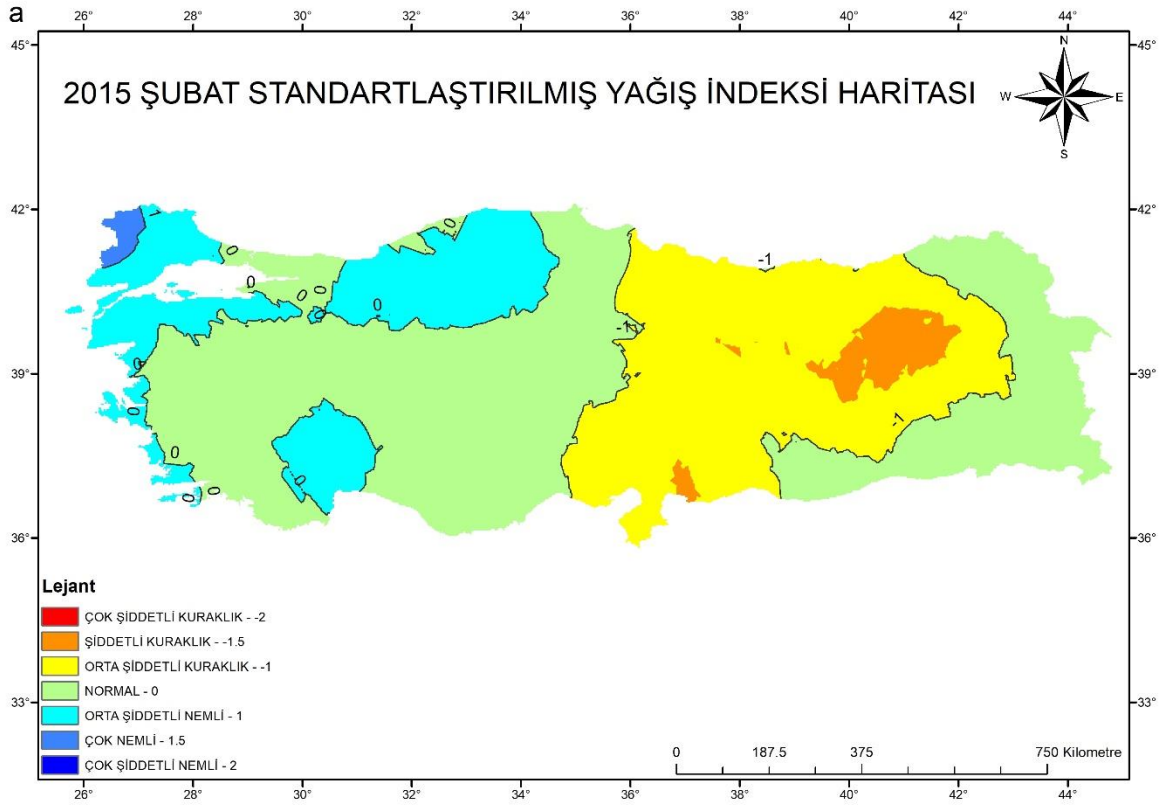
4.13. 2015 Şubat SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2015 Şubat ayı SYİ-12 kuraklık dağılışı haritasında (Şekil 17a) Marmara Bölgesinde genel olarak nemli ve normal şartlar görülmüştür. Edirne ilinden güneye doğru ülke sınırı boyunca çok şiddetli nemli koşullar görülmüştür. Yıldız Dağları, Kırklareli, Tekirdağ, Çanakalle, Balıkesir ve Bursa ilinin kuzeyi bölgede orta şiddetli nemliliğin hakim olduğu alanlardır. İstanbul, Yalova illeri ve bölgenin geri kalan kesimlerinde ise normal şartlar görülmüştür. Karadeniz Bölgesi Şubat SYİ-12 haritasında batısı nemli doğusu ise orta derecede kurak bir bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Orta Karadeniz bölümünde Küre ve Ilgaz Dağları boyunca başlayıp batıda Sakarya iline uzanan bir hat boyunca orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Orta Karadenizin Batısında Sinop, Samsun illerini kapsayan alanda normal şartlar hakimken Doğu Karadeniz Bölümünde Kaçkar Dağlarına kadar uzanan alanda orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Kaçkar Dağları ve çevresinde ise normal koşullar hakim olmuştur. Ege bölgesi kıyı şeridi boyunca dar bir alanda orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinde Batı Torosların kuzeyine Göller Yöresine kadar uzanan alanda orta şiddetli nemlilik görülmüştür. Bölgede Doğu Torosların bulunduğu alanda normal şartlar hakimken bölgenin doğusunda İskederun körfezi, Nur Dağları ve çevresinde orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. İç Anadolu bölgesinin doğusunda normal şartlar hakimken bölgenin batısında orta şiddetli kuraklık hakim olmuştur. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Gaziantep ilinin güneyinde şiddetli kurak şartlar hakimken Harran ovası ve Mardin Eşiğinde normal şartlar yaşanmıştır bölgenin geri kalan kesimleri ise orta şiddetli kuraklığın etkisi altında kalmıştır. Doğu Anadolu Bölgesinin doğu kesiminde normal şartlar hakimken bölgenin batısında ise orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Bölgede Erzurum ili çevresinde Palandöken ve Karagöl dağlarının bulunduğu alanda şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır.

2015 Şubat ayı KKİ-12 sıcaklık ve yağışın ortak olasılığına bağlı kuraklık haritasında, (Şekil 17b) sadece yağışa bağlı Şubat ayı SYİ-12 haritasında görülen nemli bölgelerin alanları daralmış kurak bölgelerin ise alanları genişlemiştir. Marmara Bölgesinde orta şiddetli nemli koşullar devam ederken bölgenin kuzeybatısında görülen çok şiddetli nemlilik ortadan kalkmıştır. Ege bölgesi kıyı şeridi boyunca uzanan orta şiddetli nemli koşullar yerini normal şartlara bırakmıştır. Bölgede Muğla ilinin batısında dar bir alanda orta şiddetli nemlilik görülürken bölgenin iç kesimlerinde Uşak ili çevresinde orta şiddetli bir

kuraklık yaşanmıştır. Karadeniz bölgesinde Şubat ayı SYİ-12 haritasında Orta Karadeniz bölümünden Batı Karadenize doğru uzanan orta şiddetli nemli koşullar alanını daraltarak Ilgaz ve Köroğlu Dağlarıyla sınırlı kalmıştır. Doğu Karadeniz bölümünde Şubat SYİ-12 haritasında olduğu gibi Samsun ilinden başlayıp Kaçkar dağları sınır olacak şekilde orta şiddetli kurak koşullar yaşanmıştır.

Akdeniz Bölgesinin batısında normal şartlar hakimken bölgenin doğu sınırında orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır bunlara ek olarak İskenderun Körfezinin kuzeyinde şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin hemen hemen tamamında orta şiddetli kuraklık hakimken, Harran Ovasının güneyinde dar bir alanda normal şartlar görülmüştür. Doğu Anadolu Bölgesinin kuzeydoğusunda Ardahan ilinden başlayıp doğuda Kars, Ağrı, Iğdır illeri boyunca uzanan hatta normal şartlar görülmüştür. Bölgenin güneyinde Şırnak ilinde, doğusunda Hakkari ilinin Irak sınırında dar bir alanda normal şartlar görülmüştür. Bölgenin batısında Şubat ayı SYİ-12 haritasında Erzurum ili ve çevresinde görülen şiddetli kurak koşullar alanını görece genişletmiştir.



Şekil 17. 2015 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

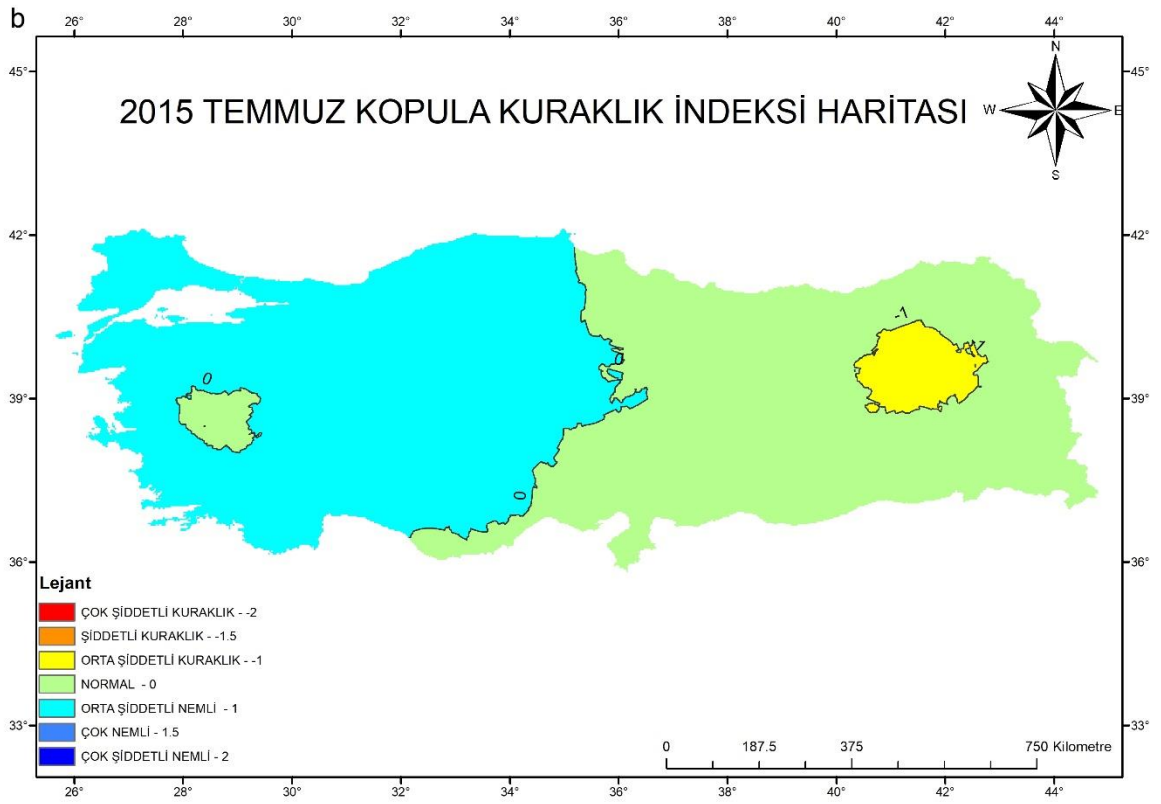
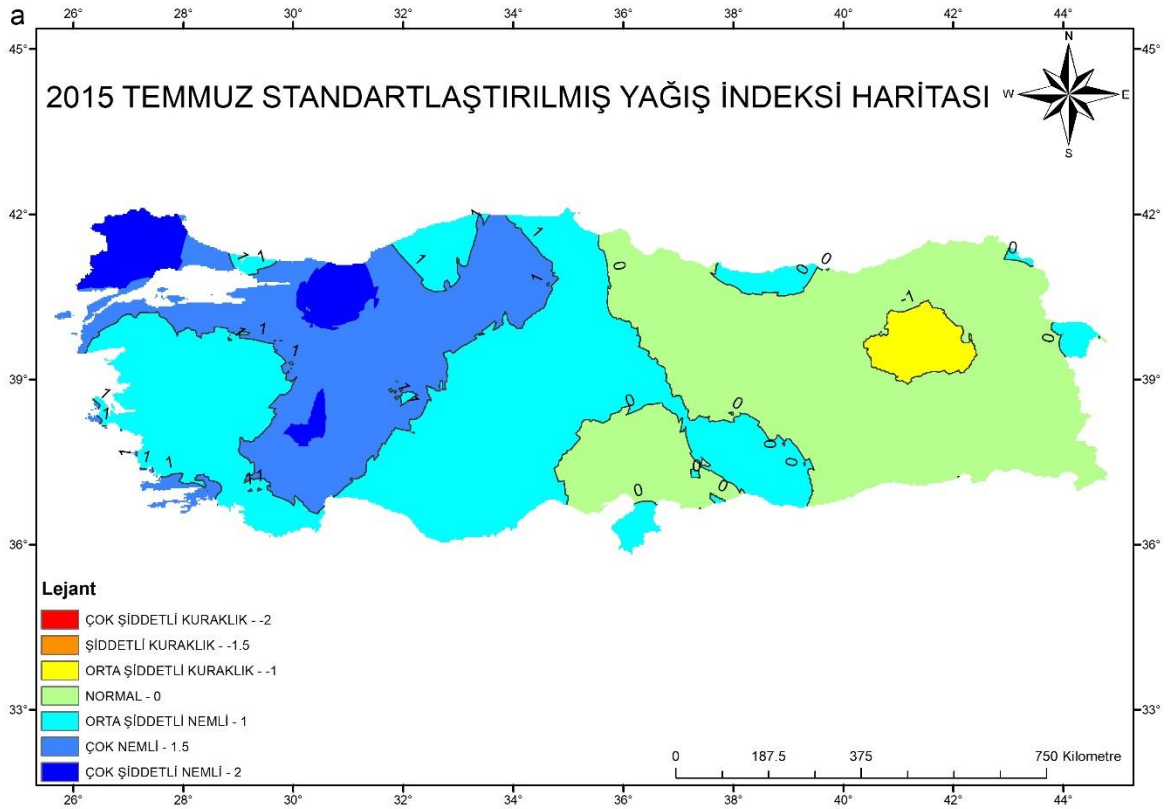
4.14. 2015 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2015 Temmuz ayı SYİ-12 kuraklık dağılışı haritasında (Şekil 18a) genel olarak ülkenin batısında nemlilik doğusunda ise normal şartlar görülmüştür. Marmara bölgesinin kuzeybatısında Yıldız Dağları ve çevresinde çok şiddetli nemli koşullar yaşanırken bölgenin geri kalan büyük bir kesiminde çok ve orta derece nemlilik hakim olmuştur. Ege Bölgesinin genelinde orta şiddetli nemlilik hakimken İzmir ve Muğla illerinin kıyı şeridi boyunca çok şiddetli nemlilik hakim olmuştur. Akdeniz bölgesinde Batı Torosların kuzeyinde çok nemli koşullar hakim olmuştur. Bölgenin batısında kıyı şeridi boyunca orta şiddetli nemlilik hakimken Adana ili ve çevresinde normal şartlar görülmüştür. Buna ek olarak Nur Dağları ve çevresine ise orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. İç Anadolu Bölgesinin orta kesimi Tuz Gölü ve çevresinde kuzeye doğru orta şiddetli nemlilik varken bölgenin batı kesiminde çok nemli koşullar hakim olmuştur. Bölgenin doğu kesiminde ise yer yer normal şartlar hakim olmuştur. Güneydoğu Anadolu bölgesinde ise Harran Ovası ve Mardin Eşiği arasında kalan bölgede orta şiddetli nemlilik hakim olmuştur. Bölgenin geri kalan kesimlerinde ise normal şartlar hakim olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinde genel olarak normal şartlar hakimken Erzurum ili ve çevresini kaplayan alanda orta şiddetli kuraklık, bölgenin doğusunda Iğdır ilinde ve kuzeyinde Ardahan ilinin ülke sınırında orta şiddetli nemlilik hakim olmuştur. Karadeniz Bölgesinde genel olarak orta ve batı bölümlerde nemlilik doğu bölümünde ise normal şartlar hakim olmuştur. Batı Karadeniz Bölümünde Sakarya, Düzce, Bolu, Zonguldak illerini kapsayan alanda çok şiddetli kurak koşullar hakim olmuştur. Orta Karadeniz Bölümünde Küre ve Ilgaz Dağları boyunca çok nemli koşullar hakimken Bartın, Karabük illerini kapsayan alanda ise orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Doğu Karadeniz bölümünde Ordu, Giresun, Trabzon, Rize illeri kıyı şeridinde orta şiddetli nemlilik hakimken bölümün diğer kalan kesimlerinde normal şartlar hakim olmuştur.

2015 Temmuz ayı KKİ-12 kuraklık dağılışı haritasında (Şekil 18b) sıcaklık olasılığının eklenmesi ile Temmuz ayı SYİ-12 haritasında ülkenin çok şiddetli nemli alanları orta şiddetli nemliliğe dönerken orta şiddetli nemli alanlar normal şartlara dönmüştür. Marmara bölgesinin tamamı, Ege Bölgesinde ise Uşak ve çevresinde normal koşullar varken bölgenin diğer tüm kesimlerinde orta şiddetli nemli şartlar görülmüştür. Akdeniz Bölgesinde, Batı toroslarda orta şiddetli nemlilik hakimken bölgenin batısında normal şartlar

hakim olmuştur. Karadeniz Bölgesinin orta ve batı bölümlerinde orta şiddetli nemlilik hakimken doğusunda ise normal şartlar hakim olmuştur. Doğu Anadolu bölgesinde Erzurum ili ve çevresinde Orta şiddetli kurak koşullar hakimken bölgenin geri kalan kesimlerinde normal şartlar hakim olmuştur.





Şekil 18. 2015 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

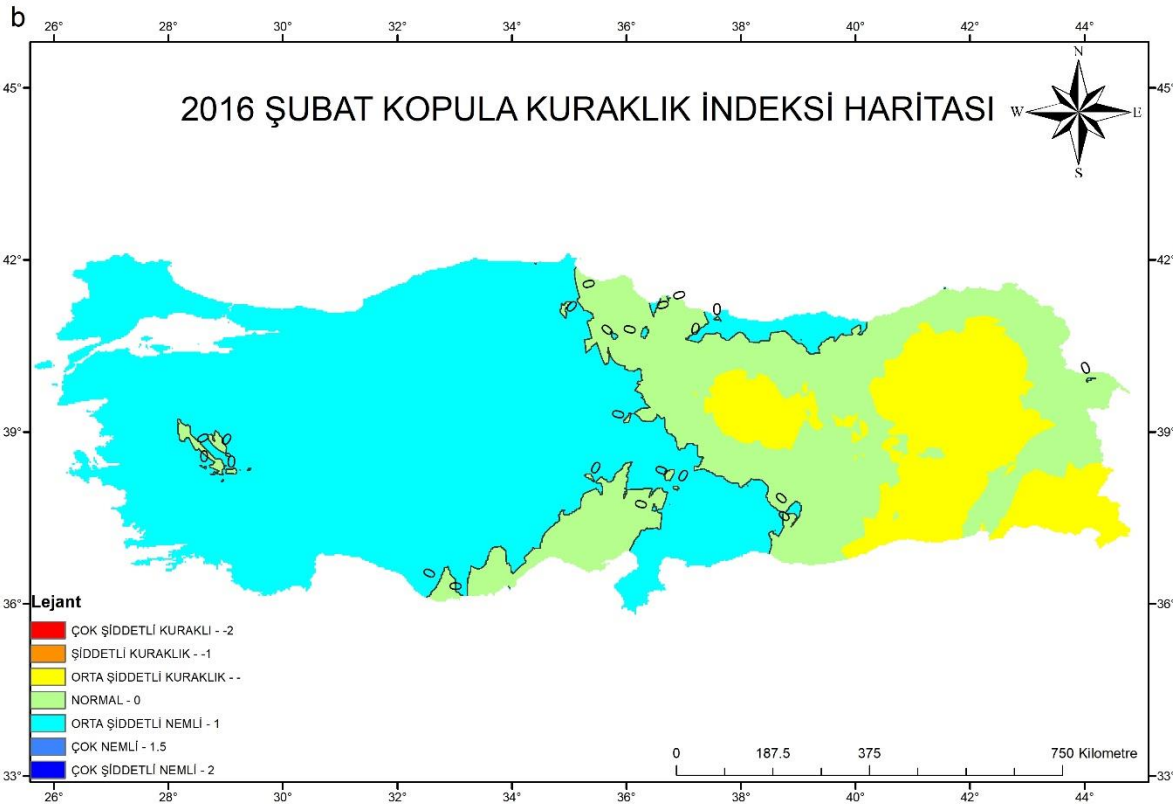
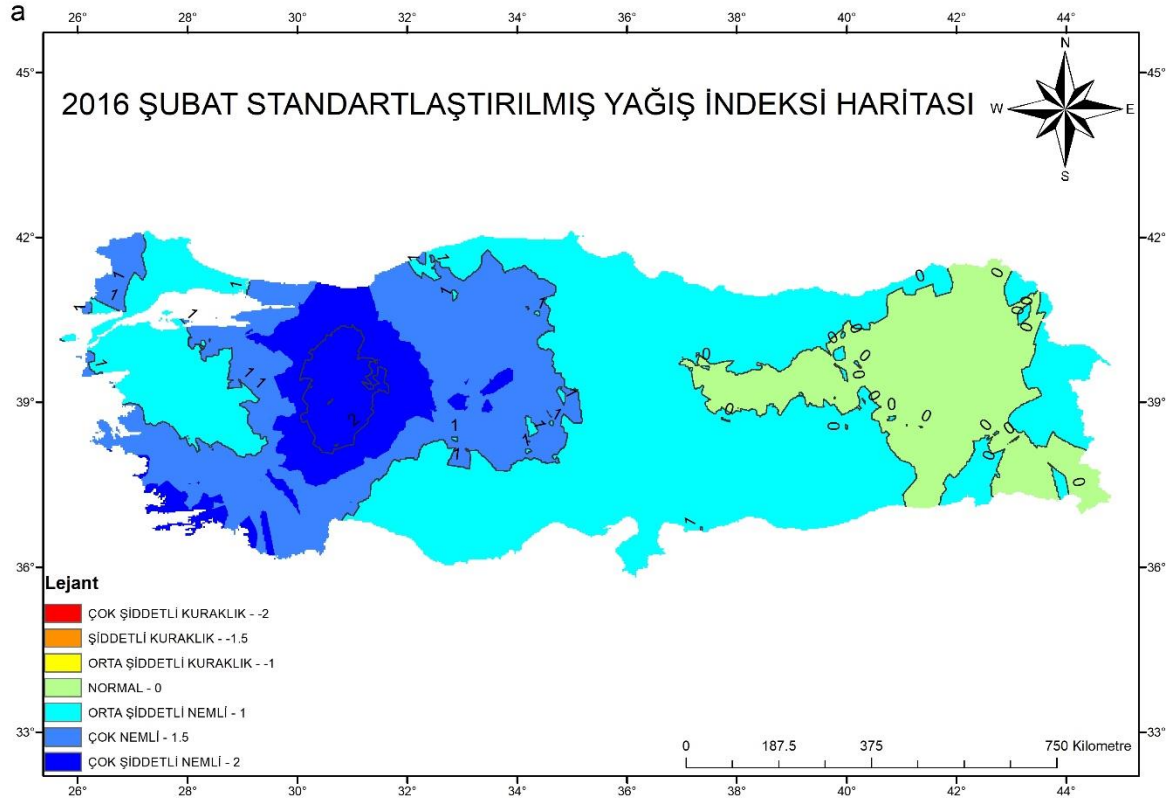
4.15. 2016 Şubat SYİ-12 ve KKI-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2016 Şubat SYİ-12 haritasında (Şekil 19a) ülke genelinde nemli ve normal şartlar hakim olmuştur. Marmara Bölgesinin kuzeybatısında Edirne ilinde ülke sınırı boyunca çok nemli koşullar hakimken Yıldız Dağları ve çevresinde orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Buna ek olarak Marmara Denizinin güneyinde orta şiddetli nemli, kuzey ve güneydoğusunda ise çok nemli koşullar hakim olmuştur. Ege Bölgesinde Madra Dağından başlayıp Manisa ve Uşak illerine kadar uzanan alanda orta şiddetli nemli koşullar hakimken bölgenin güney ve güneybatısı boyunca çok ve çok şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Akdeniz Bölgesinin Batı Toroslar kesiminde çok ve çok şiddetli nemli koşullar hakimken bölgenin doğusunda orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. İç Anadolu Bölgesinin batı kesiminde çok şiddetli nemli koşullar hakimken bölgenin doğusunda çok nemli ve normal şartlar hakim olmuştur. Karadeniz Bölgesinin Batı bölümünde çok nemli ve şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Orta Kardadeniz Bölümünün Ilgaz ve Küre Dağları boyunca uzanan hattında çok nemli koşullar hakim olmuştur. Doğu Karadeniz Bölümünde ise Kaçkar Dağları dahil olmak üzere uzanan hat boyunca orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Buna ek olarak Artvin ilinin kuzeyinde normal şartlar yaşanmıştır. Doğu Anadolu Bölgesinde Ardahan, Ağrı, Iğdır, Van ve Şırnak illerinde orta şiddetli nemli koşullar hakimken bölgenin geri kalan kesimlerinde ise normal şartlar hakim olmuştur. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde genel olarak orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur.

2016 Şubat KKI-12 haritasında (Şekil 19b) sıcaklığın etkisiyle SYİ-12 haritasında görülen ülkenin batısındaki çok nemli ve şiddetli nemli alanlar yerini orta şiddetli nemliliğe bırakmıştır. Ege Bölgesinde genel olarak orta şiddetli nemli koşullar hakimken Uşak ili ve çevresinde orta şiddette kuraklık hakim olmuştur. Marmara Bölgesi, Batı Karadeniz Bölümü, Akdeniz Bölgesinin Batı Toroslar kesimi, İç Anadolu bölgesinin Batısında orta şiddetli kuraklık hakim olmuştur. Doğu Karadeniz Bölümünde Canik Dağları boyunca orta şiddetli nemlilik hakimken bölümün geri kalan kesiminde normal şartlar hakim olmuştur. İç Anadolu Bölgesinin Sivas ili doğusunda orta şiddetli bir kuraklık yaşanmıştır. Akdeniz Bölgesinin Doğusunda, Doğu Torosların Doğusundan başlayıp Adana iline kadar uzanan alanda normal şartlar hakim olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinde, Ardahan ilinden başlayıp Kars, Iğdır, Ağrı, Van ilinin doğusu ve Şırnak iline doğru uzanan alanda normal şartlar hakim olmuştur. Bölgede Hakkari, Erzurum, Erzincan, Tunceli, Bingöl, Muş illerinde orta şiddetli

kurak koşullar hakimken Malatya ve Elazığ illerinde normal şartlar hakim olmuştur. GÜneydoğu Anadolu Bölgesinde Gaziantep, Adıyaman illerinde orta şiddetli nemli koşullar hakimken Mardin Eşiği, Diyarbakır, Batman illeri boyunca orta şiddetli kurak koşullar hakimdir. Buna ek olarak bölgenin geri kalanında normal şartlar hakimdir.



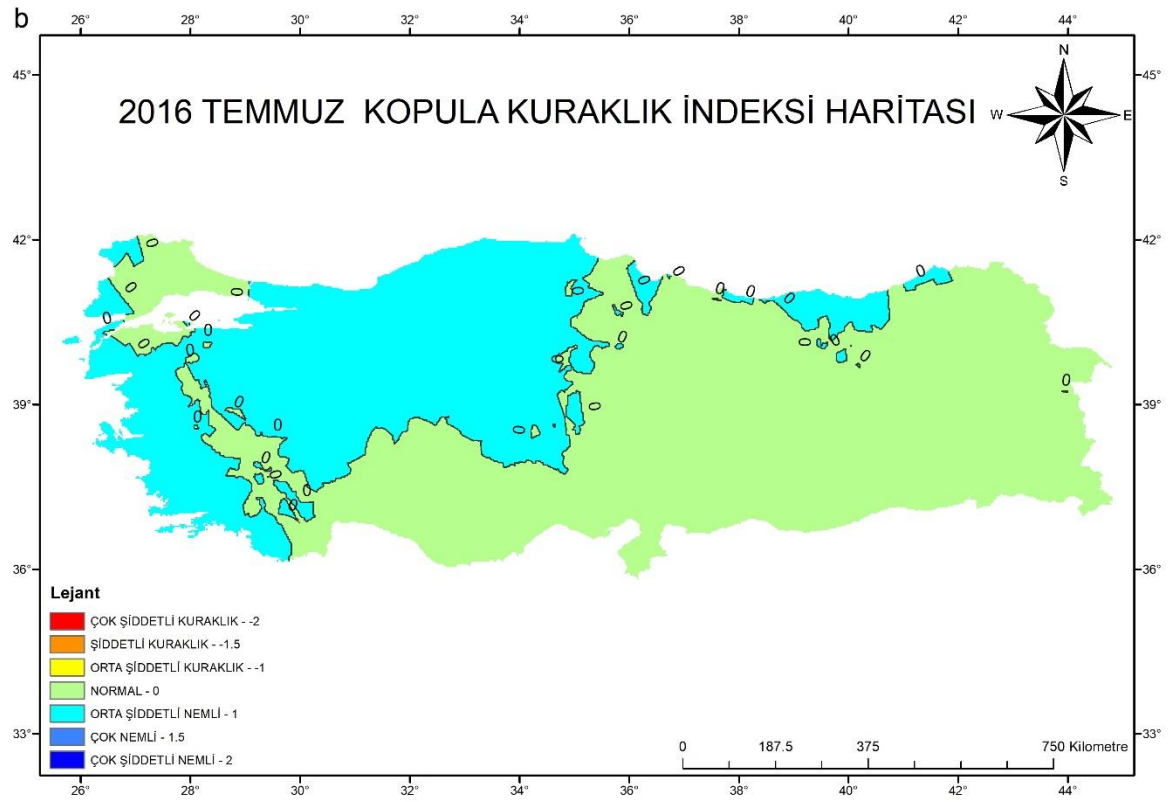
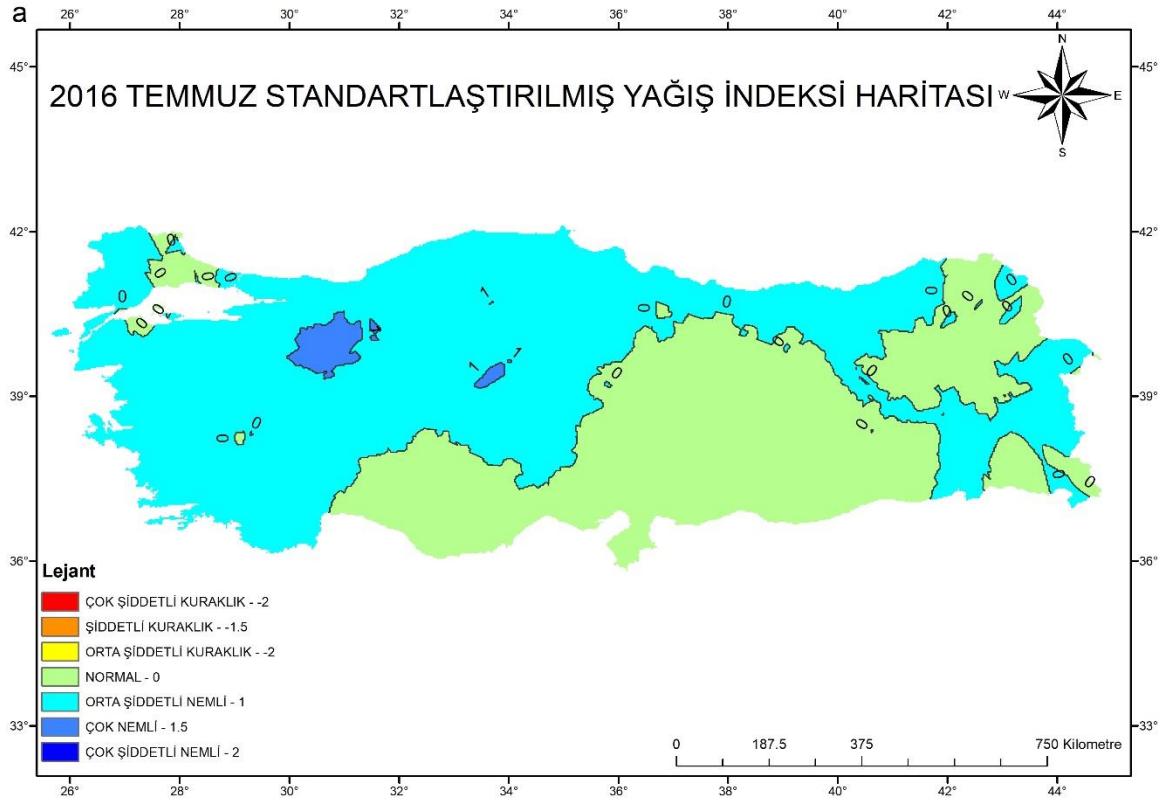


Şekil 19. 2016 Şubat ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKI-12 kuraklık haritasının desenleri

4.16. 2016 Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 Kuraklık Haritasının Desenleri

2016 Temmuz ayı SYİ-12 haritasında (Şekil 20a) Şubat SYİ-12 haritasındaki çok nemli koşullar yerini orta şiddetli nemliliğe bırakmıştır. Orta şiddetli nemli koşullar ise yerini normal koşullara bırakmıştır. Marmara Bölgesinde, Edirne ili çevresinde çok nemli koşullar yerini orta şiddetli nemli koşullara bırakmıştır. Yıldız Dağları boyunca uzanan alanda, İstanbul ilinin Batısında ve Erdek Körfezi güneyinde normal şartlar hakimken bölgenin geri kalan kesiminde orta şiddetli nemlilik hakim olmuştur. Karadeniz kıyı kuşağı boyunca orta şiddetli nemli koşullar hakimken Artvin ili çevresinde normal şartlar hakim olmuştur. Ege Bölgesinin tamamında orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Akdeniz Bölgesinde, Batı Torosların batısında orta şiddetli nemlilik görülürken bölgenin geri kalan kesiminde normal şartlar hakimdir. İç Anadolu bölgesinde Eskişehir, Kütahya ili çevresinde ve Tuz Gölü çevresinde çok nemli koşullar hakimken Sivas ili çevresinde normal şartlar hakimdir. Buna ek olarak bölgenin geri kalan kesimlerinde orta şiddetli nemli koşullar hakimdir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde genel olarak normal şartlar hakimken Mardin Eşiğinde orta şiddetli nemli koşullar hakim olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinde Erzurum, Kars, Tunceli, Muş, Şırnak, Malatya, Elazığ illerinde normal şartlar hakimken bölgenin diğer kesimlerinde orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır.

2016 Temmuz ayı KKİ-12 haritasında (Şekil 20b) Temmuz SYİ-12 haritasında görülen orta şiddetli alanlar yerini normal koşullara, çok nemli alanlar ise sıcaklığın etkisiyle tamamiyle ortadan kalkmıştır. Buna ek olarak Orta şiddetli nemli alanlar alanlarını daraltmıştır.



Şekil 20. 2016 Temmuz ayı (a) SYİ-12 ve (b) KKİ-12 kuraklık haritasının desenleri

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’deki belirli yıllarda kuraklığın kapsamlı bir şekilde, Kopula Kuraklık İndeksi ile ele alındığı çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

Kuraklığın en önemli iki parametresi olan süre ve şiddetin tespiti için birçok bilimsel çalışma (Tanoğlu, 1940; Erinç, 1949, 1965; Tümertekin, 1957; Türkeş ve Tatlı, 2009; Tatlı ve Türkeş, 2011 yapılmıştır. Bu iki temel parametrenin tespiti için yapılan çalışmalarda kuraklık indeksleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, sıklıkla tercih edilen kuraklık indeksleri (Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi, Erinç Kuraklık İndeksi, De Martone Kuraklık İndeksi) dışında Ampirik Kopula Fonksiyonları kullanılarak sıcaklık ve yağışın kuraklık üzerindeki etkilerinin ortak olasılıklarını belirlemek amacıyla yeni bir indeks geliştirilmiştir ve Kopula Kuraklık İndeksi olarak adlandırılmıştır. Bu indeksin kullanılmasının temel nedeni kuraklık olaylarının birbiriyle en yüksek ilişkiye sahip olan süre ve şiddet parametrelerinin marjinal dağılımlar göstermesi ve bunların ortak olasılık yoğunluk fonksiyonlarının kopulalar yardımıyla bulunabilmesidir.

Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer alan bir ülke olmasından dolayı yaz ve kış mevsimlerinde farklı hava kütleleri ve basınç sistemlerinden etkilenmektedir. Örneğin kış mevsimindeki kuraklıkların görülmesinin temel nedeni, termik ve subtropikal yüksek basınç merkezleridir. Sibiryaya antisiklonunun, subtropikal antisiklonu ile birleşerek Türkiye üzerinde etkili olması sonucu durgun, soğuk, sisli ve yağışsız bir hava oluşturur. Bir diğer neden ise Türkiye’nin Akdeniz yağış rejiminin ve genel olarak yazın kurak olan subtropikal Akdeniz iklimin egemen olduğu güney bölgelerindeki daha kurak koşulların etkisiyle ilgilidir. Türkiye’de kışın görülen kuraklaşma eğilimlerinin bir nedeni cephesel orta enlem ve Akdeniz basınç depresyonlarının sıklıklarında, özellikle kışın gözlenen azalma ve yüksek basınç koşullarında görülen artış eğilimleri ile ilgili olabilir. Bunun yanı sıra Kış mevsimindeki yağışlı koşullar, Atlantik kaynaklı orta enlem siklonlarının ve Akdeniz kaynaklı siklonlarının derinleşmesi ve daha güneye inmesi buna bağlı subtropikal Azor antisiklonunun zayıflayarak alanının daralması veya güneye ve batıya kayması sonucunda, Akdeniz Havzasına ve güney Avrupa’ya sıklıkla girmesi ile Türkiye’ye yağışlı veya nemli-ılıman koşulları taşımasıyla bağlantılıdır denebilir. Bu hava kütlelerinin etkili olduğu kış mevsiminde Türkiye’nin kuzey ve güney kıyılarına paralel uzanan dağların denize bakan

yamaçlarında orografik yükselim sonucu yağış bırakırken, iç kesimlerde ise sübsidans yani alçalıcı hava hareketleri nedeniyle yağışsız ve kurutucu bir etki yaratır.

Türkiye’deki yaz kuraklıkları ise, siklonların görülmediği bu mevsimde Muson ve kuzey Afrika alçak basıncının dolaşımının kuvvetlenerek ve Muson-Azor bağlantısının kurulmasıdır. Böyle bir hava durumu tipinde Doğu Anadolu Bölgesinde; Erzurum, Kars, Ardahan ve Karadeniz Bölgesi dışında tüm Türkiye’de kurak koşullar hakimdir.

1973 yılı Şubat ayı SYİ-12 kuraklık paternlerinde (Şekil 5a) genel olarak normal şartların görüldüğü bir yıl olmasına rağmen sıcaklık parametresinin analize eklenmesi sonucunda 1973 Şubat ayının kurak geçtiği sonucuna varıyoruz. 1973 yılı Temmuz ayı KKİ-12 desenlerinde (Şekil 6b) sıcaklığın kuraklık üzerindeki etkisi gözlenmektedir. Orta ve Batı Karadeniz ile Marmara Bölgesinin batısı ve kuzeyinde normal şartlar görülürken Türkiye’nin geri kalan tüm bölge ve bölümlerinde kuraklık yaşanmıştır. Özellikle Akdeniz ikliminin etkisi altındaki Ege Bölgesinin güneyi, Akdeniz ve Güneydoğu Toros dağ kuşağı boyunca şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Genel olarak 1973 yılı şiddetli kurak bir yıl olmuştur.

1974 yılı Şubat ayı SYİ-12 kuraklık paternlerinde, (Şekil 7a) kuraklık genel olarak Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile sınırlı kalırken Şubat KKİ-12 paternlerinde (Şekil 7b) sıcaklık ve yağışın kuraklık üzerindeki etkisinin ortak olasılıkları alınması sonucu tüm Türkiye’de orta ve şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Temmuz ayı KK-12 haritasında bu kurak koşullar daha da derinleşerek Köroğlu Dağları hariç tüm Türkiye’yi etkisi altına almıştır.

1991 yılında Şubat KKİ-12 desenleri, (Şekil 9b) Temmuz KKİ-12 desenleri (Şekil 10b) ile karşılaştırıldığında Şubat döneminin daha kurak bir dönem olduğu gözlenmektedir. Sonuç olarak 1991 yılı Şubat ayı nemli koşullar beklenirken kurak, Temmuz ayında ise daha kurak koşullar beklenirken nemli geçen dönem olmuştur.

2001 yılı Şubat ayı KKİ-12 desenlerinde (Şekil 11b) sıcaklık ve yağışın ortak olasılıklarının alınması sonucu nemli koşullar tamamen ortadan kalkmış, yerini kurak ve şiddetli kurak koşullar almıştır. Temmuz SYİ-12 ve KKİ-12 desenlerinde (Şekil 12a, 12b) ise kuraklık daha da derinleşmiştir. Sonuç olarak 2001 yılı kış ve yaz kuraklığının yaşandığı bir yıl olmuştur.

2007 yılı Şubat ayı genel olarak hem SYİ-12 hemde KKİ-12 haritasında (Şekil 13a, 13b) normal koşulların hakim olduğu bir yıl olmuştur. Doğu Karadeniz Bölümünde Şubat

ayı desenlerinde orta şiddetli nemli koşullar yaşanmıştır. Temmuz KKİ-12 haritasında (Şekil 14b) Orta Karadeniz Bölümünden başlayıp Ege Bölgesine kadar uzanan alanda orta şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Sonuç olarak genel anlamda bakıldığında 2007 yılı ülkenin doğusunun nemli batısının ise nispeten kurak olduğu bir yıl olmuştur.

2008 yılı Şubat SYİ-12 kuraklık desenlerinde (Şekil 15a) ülkenin doğusu ve batısı arasında topoğrafyaya bağlı olarak ciddi kuraklık farkları görülmüştür. Ülkenin doğusunda nemli batısında ise kurak şartlar hakim olmuştur. Genel olarak kış ve yaz kuraklığının yaşandığı bir yıl olmuştur.

2015 ve 2016 yılları ise Şubat ve Temmuz ayları kuraklık paternlerine göre nemli bir yıl olmuştur.

Türkiye üzerinde gerçekleşen yaygın kurak yıllar 1973 (Şekil 5b, 6b), 1974 (Şekil 7b, 8b), 1991 (Şekil 9b, 10b), 2001 (Şekil 11b, 12b) ve 2008 (Şekil 15b, 16b) yıllarıdır. Kuraklığın bu yıllarda ülkenin tümünü etkilediği görülmektedir.

Türkiye’de klimatolojik olarak nemli bir dönem olan Şubat ayında ise seçilen yılları içerisindeki bazılarında şiddetli kuraklıkların ülkenin neredeyse bütününe kapladığı görülmüştür. Özellikle 1973 (Şekil 5b), 1974 (Şekil 7b), 1991 (Şekil 9b), 2001 (Şekil 11b) ve 2008 (Şekil 15b) yıllarının Şubat aylarında, Türkiye’nin büyük bir bölümünde kış kuraklıkları görülmüştür.

Kurak geçen yılların hem nemli hem de kurak döneminin alansal dağılımına bakıldığında, yağış klimatolojisi açısından Türkiye’nin en yağışlı bölgesi olan Karadeniz bölgesi kuraklığın da en hafif şiddetle yaşandığı bir bölge olmuştur.

Genel olarak bakıldığında ise seçilen yıllar içerisinde, aşırı şiddetli kuraklığın yaşandığı yerler ülkenin hemen her bölgesinde dağıldığı görülür. Ancak, aşırı kuraklıkların sıklıkları göz önüne alınırsa; Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Ege, İç Anadolu, Marmara, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleri şeklinde şiddet derecesine göre sıralanabilir.

Türkiye’de nemli ve kurak dönemde beklenilenin dışında, yağış açığı veya yağış fazlalığının oluşmasında yükselti, dağların uzanış doğrultusu, bakı durumu, denize uzaklık veya yakınlık (karasallık-denizellik) gibi çeşitli fiziki coğrafya etmenleri ile aşırı (ekstrem) koşulların oluşmasını sağlayan genel atmosferik-klimatolojik koşullar, yağışın mevsimlik dağılışında etkili olabileceği gibi kuraklığının da alansal ve zamansal dağılımında etkili olabilmekte olduğu söylenebilir.

Kış kuraklığının yaşanması, kuraklığın etkisinin yaz ayına doğru daha şiddetlenmesine neden olmuştur. Kışın yaşanabilecek bir kuraklığın etkisinin birikmeli (kümülatif) olarak yazın doğru daha şiddetli olabileceği düşünülebilir. Bu bağlamda, kışın yaşanabilecek bir kuraklığın birikmeli etkisinden dolayı, biriken su miktarındaki azalmalar sonucu tarımda ürün kaybı, su sıkıntısı gibi birçok sosyal ve ekonomik sorunlar ortaya çıkarabilir.

Bu çalışmada çıkan sonuçlar, gelecekte de var olacak kuraklaşma eğiliminin klimatolojik açıdan değerlendirmesinde yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu şekilde, özellikle tarım, hayvancılık ve toprağa bağlı sanayi üretim ve çevre açısından yöneticilere bilimsel bir destek sunacağı için benzeşim modellerinin kuraklık yönetiminde faydalı bir araç olarak kullanılması gerekir. Diğer taraftan arazide bulunan son kullanıcılar açısından kuraklıkların izlenmesi uzaktan algılama (uydu teknolojisi) yanı sıra bir araç olarak faydalı olabileceği önerilir.

Bu çalışmada, Türkiye’de yaşanılmış geçmiş yıllardaki kuraklık değerlerine göre belirlenen yılların kuraklık desenlerinin dağılımının klimatolojik açıdan Kopula Kuraklık İndeksi kullanılarak elde edilmesi ile bu yaklaşımın kuraklığı ne kadar temsil ettiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde daha önceki bilimsel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bir paralellik sergilediği görülmüştür. Bu sonuçla, Kopula Kuraklık İndeksi ile Türkiye’de kuraklığın izlenmesi ve kuraklık yönetiminde yararlı bir araç olarak kullanılabileceği önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Akbaş, A. (2013). "Türkiye de Palmer Kuraklık İndisine Göre Kuraklığın Alansal ve Zamansal Değişimin İncelenmesi". Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Alley, W.M. (1984). "The Palmer Drought Severity Index". Limitations and assumptions, Journal of Climate and Applied Meteorology, s.1100–1109.
- Atalay, İ. (2013). "Uygulamalı Klimatoloji". İzmir: Meta Yayınları.
- Chen, L., Singh, V.P., Guo, S., Mishra, A.K. and Guo, J. (2012). "Drought analysis using copulas". J Hydrol Eng, 18, (7), s.797–808.
- Erinç, S. (1949). "The climates of Turkey according to Thornthwaite's classifications". Annals of the Associations of Amer. Geographers, 38, s.26-46.
- Erinç, S. (1965). "Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis". İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü, 41.
- Harry, J. and James, J.X. (1996). "The Estimation Method Of İference Functions For Margins For Murtivarite Models". Department Of Statistics, University of British Columbia, s.3-21.
- Heim, R. Jr. (2002). "A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States". American Meteorology Society, 83, s.1149-1165.
- Karl, T. R. (1986). "The Sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-Index to Their Calibration Coefficients Including Potential Evapotranspiration". J. Clim. Appl. Meteor., No:25, s. 77-86
- Koçak, K. ve şen, Z. (1998). "Kurak ve Yağışlı Gün Oluşumlarının Markov Zinciri Yaklaşımı ile Uygulamalı İncelenmesi". İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Bölümü, Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 22, s.479-787.

- Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). "The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales". 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, s.179-184.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1995). "Drought Monitoring with Multiple Time Scales". January, American Meteorological Society, Proceeding of The 9th Conference on Applied Climatology, Boston, s.233-236.
- Nişancı, A. (1976). "Türkiye'de kurak (ya da nemli) alanların dağılışı". Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Araştırma Dergisi, 7, s.235-246.
- Pamuk, G., Özgürel, M. ve Topçuoğlu, K. (2004). "Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi". Ege Üniversitesi Ziraat Fakakültesi Dergisi, 41 (1), s.99-106 ISSN 1018-8851
- Sırdaş, S. (2002). "Meteorolojik Kuraklık Modellenmesi ve Türkiye uygulaması". Yayımlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sklar, K. (1959). "Fonctions de reprtition an dimensions et leursmarges". Publ. Inst. Stat. Univercity, Paris, 8, s.229–231.
- Smith, D.L., Hutchinson, M.F. and Richard, J.M. (1993). "Australian, climatic and agricultural drought". Payments and policy, Drought Network News, 5 (3), s.11–12.
- Shiau, J.T. (2006). "Fitting Drought Duration and Severity with Two-Dimensional Copulas". Department of Water Resources and Environmental Engineering, Tamkang University, Tamsui 251, Taiwan, R.O.C. Water Resources Management, 20, s.795–815. DOI: 10.1007/s11269-005-9008-9
- Tanoğlu, A. (1943). "Türkiye'nin kuraklık indisleri". (Indices d' aridité' de la Turquie) Türk Coğrafya Dergisi, I, s.36-41.
- Tatlı, H. (2021). "Özel Görüşme".
- Tatlı H. ve Türkeş M. (2011). "Empirical orthogonal function analysis of the Palmer drought indices". Agricultural and Forest Meteorology, 151, s.981-991.
- Tatlı, H. (2021). "Multivariate-Drought Indices-Case Studies with Observations and Outputs of NCAR CCSM-4 Ensemble Models". Theoretical and Applied Climatology, 146, s.257–275.

- Thom, H.C.S. (1958). "A Note on the Gamma Distribution". *Monthly Weather Review*, 86 (4), s.117-122.
- Tümertekin, E. (1955). "Türkiye'de Kuraklık İndisleri (1930-1951)". 9. Meslek Haftası Türk Coğ. Kur. Yay., 2, s.107-118.
- Tümertekin, E. (1957). "Kurak Bölgelerde Ziraat". İstanbul Üniversite İktisat Fakültesi Yayınları, no.96, İstanbul.
- Türkeş, M. (1990). "Türkiye'de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar". Yayımlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş, M. (2007), "Türkiye'nin kuraklığa, çölleşmeye eğilimi ve iklim değişikliği açısından değerlendirilmesi". *Pankobirlik*, 91, 38-47.
- Türkeş, M. ve Tatlı H. (2009) "Use of the standardized precipitation index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey". *International Journal of Climatology*, 29, 2270–2282. DOI: 10.1002/joc.1862
- Türkeş, M., Akgündüz, A.S. ve Demirörs, Z. (2009) "Palmer Kuraklık İndisine göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti". *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7, s.129-144.
- Türkeş, M. (2011). "Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi". *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9, s.79–99.
- Türkeş, M. (2010). "Klimatoloji ve Meteoroloji". (1. bs.). İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Yetmen, H. (2013). "Türkiye'nin Kuraklık Analizi". Yayımlanmış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Wilhite, D.A. and Margie, B.S. (2005). "Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context". Wilhite, D. A. (Ed.), *Proceeding of Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*. CRC Press, Boca Raton, FL, s. 3–29
- Wilhite, D.A., Mark, D.S. and Michael. J.H. (2007). "Understanding the Complex Impacts of Drought: A Key to Enhancing Drought Mitigation and Preparedness". *Water Resources Management*, 21(5), s.763-774.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim SOYİSİM :
Doğum Yeri :
Doğum Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :
Yüksek Lisans Öğrenimi :

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

İLETİŞİM

E-posta Adresi :
ORCID :