DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLANLI TARIMSAL SULAMA ALANLARI İLE İŞLETMEDEKİ İLGİLİ SULAMA BARAJLARINA AİT SU TOPLAMA HAVZALARINDA KURAKLIK DURUM VE EĞİLİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep EŞSİZOĞLU

Şubat, 2024
İZMİR

PLANLI TARIMSAL SULAMA ALANLARI İLE İŞLETMEDEKİ İLGİLİ SULAMA BARAJLARINA AİT SU TOPLAMA HAVZALARINDA KURAKLIK DURUM VE EĞİLİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Programı

Zeynep EŞSİZOĞLU

Şubat, 2024
İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ZEYNEP EŞSİZOĞLU, tarafından **PROF. DR. GÜLAY ONUŞLUEL GÜL** yönetiminde hazırlanan **"PLANLI TARIMSAL SULAMA ALANLARI İLE İŞLETMEDEKİ İLGİLİ SULAMA BARAJLARINA AİT SU TOPLAMA HAVZALARINDA KURAKLIK DURUM VE EĞİLİMLERİNİN BELİRLENMESİ"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Prof.Dr. Gülay ONUŞLUEL GÜL

Danışman

.....

Doç. Dr. Cem Polat ÇETİNKAYA

Jüri Üyesi

.....

Doç. Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının yürütülmesi esnasında engin bilgi birikimleri ve desteklerini benden esirgemeyip, yolumda bana ışık tutan tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Gülay ONUŞLUEL GÜL'e çok teşekkür ederim.

Tüm süreç boyunca sabırla ve özenle bilgisini aktaran kıymetli hocam Prof. Dr. Ali GÜL'e destek ve katkıları için teşekkürü bir borç bilirim.

Manevi desteğini her zaman hissettiğim canım kardeşim Gülsüm EŞSİZOĞLU'na, değerli arkadaşım ve meslektaşım Emre ABLAK'a çok teşekkür ederim. Maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan aileme çok minnettar ve müteşekkirim.

Tez çalışmamda destek ve yardımları için İnşaat Mühendisi Filiz VARGÜN, İnşaat Mühendisi Metin GÜL ve Yüksek İnşaat Mühendisi Ayşegül KUZUCU'ya çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışma süreci boyunca bana verdikleri desteklerden dolayı DSİ Planlama Şube Müdürü Sayın Özgür ULUSOY'a ve DSİ 2. Bölge Müdürlüğü ve bünyesinde görev aldığım İZSU Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep EŞSİZOĞLU

PLANLI TARIMSAL SULAMA ALANLARI İLE İŞLETMEDEKİ İLGİLİ SULAMA BARAJLARINA AİT SU TOPLAMA HAVZALARINDA KURAKLIK DURUM VE EĞİLİMLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZ

Kuraklık geçmişten günümüze dünya genelinde şiddeti ve görülme sıklığı bakımından gün geçtikçe artan doğal bir afet olarak önemini korumaktadır. Belirgin dönemler şeklinde hissedilmeye başlanan kuraklık izlenimleri doğanın dengesini olumsuz etkilemekle beraber, içme ve kullanma suyu temini, sulama suyu temini ve enerji üretimi gibi toplum ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik birçok sektörel amaç bağlamında sürdürülebilir su kaynakları yönetimi açısından da son yıllarda büyük bir sorun haline gelmektedir. Toplumların sürdürülebilirliği ekseninde bu sorunsaldan hareketle, hidrometeorolojik verilerin değerlendirilmesi ve geleceğe yönelik güvenilir tahminlerin geliştirilmesi yönündeki çalışmalara olan ihtiyaçlar da giderek artmaktadır. Kuraklığın bütünleşik yaklaşımlarla havza bazında karakterize edilmesi, etkin su kaynakları yönetimi için büyük önem taşımaktadır.

Sunulan çalışmada Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Kuzey Ege havzalarında bulunan işletmedeki barajlar ve göletlere ait drenaj alanları ve bu barajların hizmet ettiği planlı tarımsal sulama sahalarının kuraklık durum ve eğilimleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Çalışma alanı Türkiye'nin önemli tarım arazilerine sahip olan Batı Anadolu kesitinden örneklenerek belirlenmiştir. Çalışmada, tarımsal sulama bölgeleri ve sulama barajları baraj drenaj alanlarının kuraklık eğilimleri belirlenerek ileriye yönelik önlemler alınmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 2003-2015 yılları arasındaki yakın bir dönemde günlük ortalama yağış verileri kullanılarak kurak dönem periyodları ve yıllık azami kuraklık şiddetlerinin belirlenmesi amacıyla Standart Yağış İndeksi (SPI) kullanılmış; sulama bölgeleri ve bu alanların sulamalarına hizmet amaçlı işletilen sulama barajlarının su toplama havzalarında kuraklık gelişimleri farklı kuraklık analiz göstergeleri (yılda maksimum kuraklık şiddeti, en şiddetli kurak dönem süresi, toplam kurak dönem süresi, vb.) üzerinden değerlendirilmiş ve bu göstergeler üzerinden kuraklık izlenimleri ve eğilimleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Tüm hidrometeorolojik ve hidrografik verilerin analizleri ArcGIS coğrafi bilgi sistemleri

ortamında mekansal yayılı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; sulama bölgeleri ve bunlara ilişkin sulama barajları su toplama havzalarında izlenen kuraklık görünümleri mekansal gösterimler üzerinden sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, SPI, Sulama bölgeleri, Sulama barajları

DETERMINATION OF DROUGHT CONDITIONS AND TRENDS IN PLANNED IRRIGATION AREAS AND CATCHMENTS OF THE ASSOCIATED IRRIGATION DAMS IN OPERATION

ABSTRACT

Drought maintains its importance as a natural disaster, the frequency and severity of which increases day by day, worldwide, as it did in the past. Drought outlook, which begins to be felt in distinct periods, negatively affects the environmental sustainability, and has become a major problem in recent years in terms of sustainable water resources management in the context of many sectoral targets aimed at meeting social needs such as drinking and domestic water supply, irrigation water supply and energy production. Based on this problematic in the axis of the sustainability of societies, the need for studies on the evaluation of hydrometeorological data and the development of reliable predictions for the future is gradually increasing. Characterizing drought on a watershed basis with integrated approaches is of great importance for effective water resources management.

In the presented study, it is targeted to reveal the drought conditions and trends for the drainage areas of the irrigation dams and lakes in operation in the Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz and North Aegean basins and the associated agricultural irrigation districts served by these dams. The study area was determined by sampling from the Western Anatolia section of Turkey, which contitutes significant agricultural territories. The study aimed to contribute to taking forward-looking measures by determining the drought trends of agricultural irrigation districts and irrigation dams and associated catchments. In this context, Standard Precipitation Index (SPI) was used to determine dry spell periods and annual maximum drought intensities by using daily average precipitation data in a recent period between 2003 and 2015; drought progress in irrigation districts and in the catchments of irrigation dams operated to provide irrigation in these areas were evaluated through different drought analysis indicators (annual maximum drought severity, the most severe dry period duration, total dry period length, etc.) and drought aspects and trends were put forward based on these indicators. Analyzes of all hydrometeorological and hydrographic data were carried out spatially in the ArcGIS geographic information

systems environment. The presented results helped observe drought patterns experienced in irrigation districts as well as their respective irrigation supply structures, through spatial outlooks.

Keywords: Drought, SPI, Irrigation districts, Irrigation dams

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU…….....ii
TEŞEKKÜR……iii
ÖZ……iv
ABSTRACT…….....vi
İÇİNDEKİLER LİSTESİ……..viii
ŞEKİLLER LİSTESİ……...x
TABLOLAR LİSTESİ……...xii
KISALTMALAR LİSTESİ……...……xiii

BÖLÜM BİR GİRİŞ ……. 1

BÖLÜM İKİ MEVCUT ÇALIŞMALAR ……4

BÖLÜM ÜÇ KURAKLIK TANIMLARI VE İNDİSLERİ……....9

3.1 Kuraklık Tanımı……...……....……..9
3.2 Kuraklık Türleri……...……...……10
3.2.1 Meteorolojik Kuraklık……...……...11
3.2.2 Hidrolojik Kuraklık……..……11
3.2.3 Tarımsal Kuraklık ……11
3.2.4 Sosyoekonomik Kuraklık ……12
3.3 Kuraklık İndisleri ……12
3.3.1 Standartlaştırılmış Yağış İndisi ……13

BÖLÜM DÖRT ÇALIŞMA ALANI…...……16

4.1 Küçük Menderes Havzası……17
4.2 Gediz Havzası……..19
4.3 Kuzey Ege Havzası……..23
4.4 Büyük Menderes Havzası……26

BÖLÜM BEŞ VERİLER VE YÖNTEM……31

BÖLÜM ALTI SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME……39

KAYNAKLAR……..……53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Aydeniz'e göre Türkiye iklim haritası (Bölük, 2016) 2
Şekil 3.1 Kuraklık türleri ve aralarındaki bağlantı şeması..... 10
Şekil 3.2 Dünyada en sık kullanılan meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indisleri ve özellikleri ……13
Şekil 4.1 Çalışma alanının görünümü…….16
Şekil 4.2 Küçük Menderes Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları ……...……17
Şekil 4.3 Gediz Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları…20
Şekil 4.4 Kuzey Ege Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları …….……24
Şekil 4.5 Büyük Menderes Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları ……...……27
Şekil 5.1 Havzalar genelinde farklı günlere ait yağış dağılım haritaları…….31
Şekil 5.2 Python yazılım ortamı ekran görüntüsü……...32
Şekil 5.3(a) 04.03.2015 tarihine ait SPI indisi dağılım haritası……..33
Şekil 5.3(b) 15.10.2015 tarihine ait SPI indisi dağılım haritası……..33
Şekil 5.3(c) 31.12.2015 tarihine ait SPI indisi dağılım haritası……..33
Şekil 5.4 Akış yönleri haritası…….34
Şekil 5.5 Baraj yerleri ve baraj havzalarının görünümü…….35
Şekil 5.6(a)Bir sulama alanına ait tüm zamanları kapsayan (2003-2015 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi…….36
Şekil 5.6(b)Bir sulama alanına ait iki yılı kapsayan (2004-2006 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi……36
Şekil 5.7(a)Bir baraj drenaj alanına ait tüm zamanları kapsayan (2003-2015 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi……...37
Şekil 5.7(b)Bir baraj drenaj alanına ait iki yılı kapsayan (2004-2006 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi…….……37
Şekil 6.1 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti ortalamalarının mekansal görünümleri.....40

Şekil 6.2 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti ortalamalarının mekansal görünümleri…….40
Şekil 6.3 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti sürelerinin mekansal dağılımı…….42
Şekil 6.4 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti sürelerinin mekansal dağılımı ……43
Şekil 6.5 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum şiddetli kuraklıkların ortalama başlangıç zamanlarının havzalarda dağılımı……..45
Şekil 6.6 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum şiddetli kuraklıkların ortalama başlangıç zamanlarının havzalarda dağılımı…...45
Şekil 6.7 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık büyüklüklerinin dağılımı…….46
Şekil 6.8 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık büyüklüklerinin dağılımı……..46
Şekil 6.9 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait ortalama yıllık toplam kuraklık sürelerin havzalarda dağılımı ……..47
Şekil 6.10 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait ortalama yıllık toplam kuraklık sürelerin havzalarda dağılımı……48
Şekil 6.11 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık toplam aşırı kurak sürelerin havzalarda dağılımı…….……49
Şekil 6.12 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık toplam aşırı kurak sürelerin havzalarda dağılımı ……..49
Şekil 6.13 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık toplam şiddetli kurak sürelerin havzalarda dağılımı ……...51
Şekil 6.14 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık toplam şiddetli kurak sürelerin havzalarda dağılımı……...51
Şekil 6.15 Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık toplam orta kurak sürelerin havzalarda dağılımı…….52
Şekil 6.16 Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık toplam orta kurak sürelerin havzalarda dağılımı……...52

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Standart yağış indisine göre kuraklık sınıflandırılması……15

Tablo 4.1 Çalışmada Küçük Menderes Havzası'nda bulunan gölet/baraj listesi… 19

Tablo 4.2 Çalışmada Küçük Menderes Havzası'nda bulunan sulama sahalarının listesi ……...19

Tablo 4.3 Çalışmada Gediz Havzası'nda bulunan gölet/baraj listesi ……22

Tablo 4.4 Çalışmada Gediz Havzası'nda bulunan sulama sahalarının listesi..……23

Tablo 4.5 Çalışmada Kuzey Ege Havzası'nda bulunan gölet/baraj listesi……...26

Tablo 4.6 Çalışmada Kuzey Ege Havzası'nda bulunan sulama sahalarının listesi..26

Tablo 4.7 Büyük Menderes Havzası'nın alt havzaları ……28

Tablo 4.8 Çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda bulunan gölet/baraj listesi …29

Tablo 4.9 Çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda bulunan sulama sahalarının listesi ……...30

KISALTMALAR LİSTESİ

SPI	Standartlaştırılmış Yağış İndisi
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
SPTI	Standartlaştırılmış Yağış Sıcaklık İndisi
SPEI	Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi
SDI	Akım Kuraklık İndisi
PNPI	Normalin Yüzdesi İndisi
PDSI	Palmer Kuraklık İndisi
SRI	Standartlaştırılmış Akış İndisi
SSFI	Standartlaştırılmış Akım İndisi
scPHDI	Kendi Kendini Kalibre Eden Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi
UNCCD	Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
NDMC	Ulusal Kuraklık Önleme Merkezi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
DSİ	Devlet Su İşleri
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükselti Modeli

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

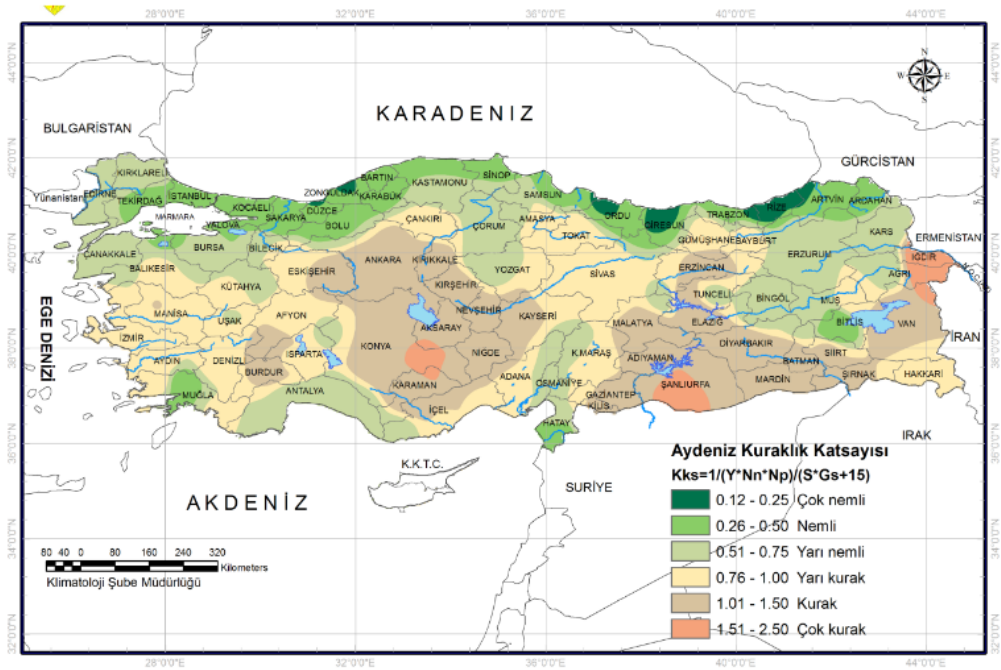
Kuraklık geçmişten günümüze dünya genelinde şiddeti ve görülme sıklığı bakımından gün geçtikçe artan doğal bir afet olarak önemini korumaktadır. Kuraklık oluşumu genellikle ağır ilerlemekte ve etkisi uzun dönemlerde devam etmektedir. Belirgin dönemler şeklinde hissedilmeye başlanan kuraklık izlenimleri; doğanın dengesini olumsuz etkilemekle beraber, içme ve kullanma suyu temini, sulama suyu temini ve enerji üretimi gibi toplum ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik birçok sektörel amaç bağlamında sürdürülebilir su kaynakları yönetimi açısından da son yıllarda büyük bir sorun haline gelmektedir. Bunun yanı sıra dünya nüfusunda görülen artış nedeniyle yaşanan kıtlıklar, sosyoekonomik problemlere sebebiyet verdiğinden kuraklık çalışmalarına olan talep artmaktadır. Toplumların sürdürülebilirliği ekseninde bu sorundan hareketle, hidrometeorolojik verilerin değerlendirilmesi ve geleceğe yönelik güvenilir tahminlerin geliştirilmesi yönündeki çalışmalara olan ihtiyaçlar da giderek artmaktadır. Birçok ülkede sürdürülebilir su yönetimine ve su çevresinin ihtiyaçlarına yönelik hareket ortaya çıkmaktadır. Su yönetimi, risklerin en aza indirilmesini ve değişen durumlara uyumu esas almaktadır.

Özkul ve ark (2008), Büyük Menderes ve Gediz havzalarında 2030, 2050 ve 2100 yılları için değişik emisyon senaryoları üzerine çalışmışlardır. 2030 yılı sıcaklık değerlerinde 1,2 °C'lik artış, yağış değerlerinde %5,8 azalma; 2050 yılı sıcaklık değerlerinde 2 °C'lik artış, yağış değerlerinde %10,2 azalma ve son olarak 2100 yılı için sıcaklık değerlerinde 4,4 °C'lik artış, yağış değerlerinde %23,8'e varan azalmaların olacağını öngörmüşlerdir. Gediz ve Büyük Menderes havzalarında iklim değişikliğinin sonucunda, havzalarda var olan su kıtlığı ve su tahsis sorunlarının katlanarak artacağı açık bir şekilde görülmektedir. Bu kapsamda kuraklığın havzalar bazında karakterize edilip entegre havza yönetiminin hızlı bir şekilde hayata geçirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Durdu (2010), son 45 yılı dikkate alarak Ege Bölgesinde yer alan Büyük Menderes havzasında sıcaklık ve yağış verilerini esas alarak iklim değişiminin su kaynakları üzerinde oluşturduğu etkilerini incelemiş olup geçen bu dönemde

sıcaklığın 1 °C yükseldiğini göstermiştir. Her geçen yıl yağışlarda istatiksel anlamda önemli azalmalar olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda, sıcaklık ve yağış değerlerinde meydana gelen değişikliklerin, bölgelerin halihazırdaki su potansiyellerinde önemli düşüşlere sebebiyet vereceği suya bağlı sektörlerde büyük su sıkıntıları yaşanacağı öngörülmektedir. Bu yüzden geleceğe yönelik kuraklıkla mücadele planlaması yapılmalıdır.

Türkeş (2012); çalışmasında Türkiye sınırlarındaki toprakların;"yarı kurak ile kuru/yarı nemli arazilerden oluşan çölleşmeye yatkın topraklar olduğunu ve bu toprakların oranı %35 oluştururken, yarı nemli iklim koşullarının egemen olduğu toprakları da ilave edersek bu oranın %60'a dayandığını söylemektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Klimatoloji Şube Müdürlüğü'nce yapılan "Aydeniz İklim Sınıflandırmasına göre Türkiye İklimi" çalışması kapsamında kuraklıklar, Aydeniz Metodu ile incelenerek Türkiye'nin iklim haritası oluşturulmuştur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Aydeniz'e göre Türkiye iklim haritası (Bölük, 2016)

Türkiye için su, enerji üretimi ve tarımsal açıdan büyük önem arz etmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere Türkiye'nin büyük çoğunluğu yarı kurak iklim koşullarının etkisindedir. Bundan dolayı su kaynakları ve buna bağlı tarımsal sulama, yağış miktarı ve dağılımında oluşan değişimlerden büyük oranda etkilenmektedir.

Yağış eksikliği kuraklığın ilk belirtilerinden olup, bu eksiklik barajların depolanan su seviyelerinde ve tarım ürünlerindeki azalmalarda kendini hissettirmektedir. Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıktan sonra meydana gelmektedir. Meteorolojik etkenlerin zamansal ve alansal olarak ciddi değişimler göstermesi sebebiyle tarımsal üretimde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. 21. yy'da meydana gelmesi öngörülen iklim değişikliği (IPCC 2007), küresel ısınmanın kaçınılmaz bir sonucu olarak kuraklık afetinin, ciddi oranda ürün kayıplarına sebebiyet vereceği düşünülmektedir. Bu bağlamda tarımsal faaliyetler yapılması düşünülen bölgelerin iklimi ve kuraklık risklerinin bilinmesi önemlidir. Tarımı etkileyen birincil meteorolojik etkenler; yağış, sıcaklık, rüzgâr, nem, güneşlenme süresi ve şiddetidir. Sulama olmadan, tarımsal üretimde artıya geçmenin imkanı yoktur ve tarım, kuraklık olaylarından etkilenen ilk ekonomik sektördür. Ayrıca sulama ile birlikte içme ve kullanma suyu sıkıntıları sebebiyle zamanla sosyo-ekonomik kuraklık meydana gelmektedir. Başka bir deyişle literatürde de detaylı bir şekilde tanımlanan kuralık çeşitlerini birbirinden bağımsız süreçler olarak düşünmek pek mümkün değildir. Tüm bu sebepler doğrultusunda Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesinin verimli tarım alanlarını içeren ve son dönemlerde kuraklığın büyük oranda arttığı Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes havzalarında yer alan 204 adet işletmedeki baraj ve göletlere ait drenaj alanları ve bu barajların hizmet ettiği planlı tarımsal sulama sahalarının kuraklık durum ve eğilimleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

"Planlı Tarımsal Sulama Alanları ile İlgili İşletmedeki Sulama Barajlarına Ait Su Toplama Havzalarında Kuraklık Durum ve Eğilimlerinin Belirlenmesi'' başlığı altında çalışma, altı ana bölümden oluşup bölüm başlıkları aşağıdaki gibidir.

1. Giriş
2. Mevcut Çalışmalar
3. Kuraklık Tanımları ve İndisleri
4. Çalışma Alanı
5. Veriler ve Çalışma Yöntemi
6. Sonuçlar ve Genel Değerlendirme

BÖLÜM İKİ

MEVCUT ÇALIŞMALAR

Kuraklık analizleri ile alakalı Türkiye de ve Dünya da birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda kuraklık analizi ile ilgili çeşitli yöntemler kullanılıp, birçok açıdan ölçüm sağlanmıştır. Bu bölümde, yurtiçinde ve yurtdışında yapılan çeşitli kuraklık analiz çalışmaları ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Ablak (2023) çalışmasında, Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan Amasra, Bartın ve Zonguldak istasyonlarındaki veriler ile SPEI, SPI ve SPTI yöntemleri kullanılarak 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman periyotlarında kuraklık analiz çalışmaları yapmıştır. Yapılan çalışma 50 yıllık bir dönemi kapsamış olup, Run teorisi kullanılarak kuraklıkların özellikleri ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak; meteorolojik kuraklıkların karakteristik özellikleri arasındaki bağlantılar ortaya koyulmuştur.

Gümüş, Başak ve Oruç (2016) çalışmalarında, 1938-2014 yılları arasındaki 76 yıllık dönem için; Şanlıurfa istasyonundaki yağış verilerini kullanarak 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman periyotları için Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) değerlerini hesaplamışlardır. Yapılan çalışmalar neticesinde; 76 yıllık dönemin son 30 yılında, kuraklığın oluşma frekansının arttığı ve bununla beraber aşırı kuraklık oluşan ay sayısında da artış olduğu gözlemlenmiştir.

Algın ve Gümüş (2017) tarafından, Seyhan Nehri ve Ceyhan Nehri havzalarında yer alan 12 akarsu ve 14 meteoroloji istasyonundaki 35 yıllık (1970-2005) akış ve yağış verileriyle Akım Kuraklık İndisi (SDI) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) metotlarıyla 3, 6 ve 12 aylık zaman periyotları için kuraklık analiz çalışması yapmışlardır. Bu havzalar için kuraklık olaylarının yeri, süresi ve gerçekleşme seviyesi belirlenmiştir. Çalışma neticesinde; havzalardaki meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkların 1 yıl arayla oluştuğu tespit edilmiş olup, önce meteorolojik sonra da hidrolojik kuraklığın ortaya çıktığı görülmüştür.

Duygu (2015), Büyük Menderes Havzası'nı kapsayan çalışmasında dünyada yaygın olarak kullanılan analiz metotları ile havzanın kuraklık duyarlılığını belirlemeye çalışmıştır. Çalışmasını yaparken beş adet farklı metot kullanmış olup

bunlar; Ondalıklar İndisi (Deciles), Standartlaştırılmış Akış İndisi (SRI), Normalin Yüzdesi İndisi (PNPI) ve Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI)'dir. Çalışma neticesinde; Büyük Menderes Havzası'ndaki geçmiş olan zaman içerisinde meydana gelmiş kurak dönemleri ve bu kuraklıkların sürelerini, şiddetlerini ortaya koymuştur. Bununla beraber kuraklığın havzaya, diğer sektörlere ve ekonomilerine olan etkisini de ayrı ayrı inceleyerek değerlendirmiştir.

Keskiner, Çetin, Uçan ve Şimşek (2016) tarafından Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi kullanılarak Seyhan Havzasındaki kuraklık riski olan bölgelerin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Havza içerisinde ve yakınında bulunan gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile SPI değerleri elde edilmiştir. SPI değerleri 2 ve 10 yıl olan frekans analizine tabi tutulmuş olup frekans yılları için her istasyona ait tekrarlanan SPI değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler ile yılın başı ve sonu arasındaki zaman dilimi için Seyhan Havzası'nın Ordinary Cokriging yöntemiyle 2 ve 10 yıl tekrarlanan bölgesel meteorolojik kuraklık haritaları elde edilmiştir. Çalışma sonucunda; on yıl tekrarlanan kuraklıkların, havzanın önemli bir kısmını etkilediği ve ciddi risk meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Kumanlıoğlu (2020) çalışmasında, Akım Kuraklık İndisi (SDI) yöntemini kullanarak, Gediz Nehri'ne dökülen Acısu, Deliiniş, Selendi, Demirci çaylarının havzaları ile Demirköprü baraj gölündeki hidrolojik kuraklık ve eğilimlerini 1, 3, 6, ve 12 aylık zaman periyotlarında incelemiştir. Hidrolojik kuraklığın, Demirköprü Baraj havzasının girişlerini uzun süre etkilediğine ve bu kuraklık çalışmalarının kurak dönemleri gösterdiği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Bilgil, Veske ve Arslan (2016) tarafından 40 yıl (1973-2013) içerisinde Kızılırmak Havzası'nda oluşan kuraklıklar, Standart Yağış İndis (SPI) yöntemi kullanılarak çalışılmıştır. Bu çalışmada ilk defa 60 aylık periyot için indis hesabı yapılmış olup bununla beraber 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlar için SPI değerleri de hesaplanmıştır. Havza içerisinde oluşan son kuraklıklar, önceki kuraklıklarla kıyaslandığında 12 ve 60 aylık periyot sürelerinde için ciddi artışlar olduğu gözlemlenmiştir.

Logan, Brunsell, Jones ve Feddema (2010), tarafından Orta Amerika'da bulunan Kansas Nehir Havzası'nda meydana gelen yağış değişimi üzerine çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, 106 yıllık (1900-2006) zaman içerisinde 1 ile 12 ay arasındaki değişik zaman dilimleriyle hesaplanan SPI değerlerini kullanarak yağışta oluşan değişimi hesaplamışlardır. Aylık olarak alınan yağış verileriyle bölgesel analiz yapıp ve SPI değerlerinin her zaman dilimindeki hesaplanan doğrusal trendini incelemişlerdir. Kansas Nehri'nin batı kısmının, sıcaklıklardaki artma ve yağışlardaki azalma trendiyle beraber kuraklığa sebebiyet verdiği, nehrin doğu kısmındaki SPI değerlerindeki artış sebebiyle bu kısmın nemli yönelimde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bir yandan, Fourier analizi kullanılarak SPI değerlerinin frekans özellikleri tespit edilmiştir. Havzanın bütünü için kuraklık frekans çeşitliliğinin değişmediği gözlemlenmiştir.

Onuşluel Gül, Gül ve Kuzucu (2017) tarafından Türkiye için tarım bakımından önemli bir yere sahip olan Küçük Menderes havzası için kuraklık analizi yapmışlardır. Havzanın 1972-2016 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık verileri ile Standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI) ve Standart Yağış İndisi (SPI) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman periyotlarında yapılmıştır. Homojenlik kontrolü için Standart normal homojenlik, Buishand aralığı , Pettitt ve Von Neumann oran testleri yapılarak, sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmıştır. Bu testlerden Von Neumann oran testi kullanılmıştır. Mann-Kendall yöntemi ile yağış ve sıcaklık veri setlerindeki olası eğilimleri tespit edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak; havzadaki kuraklıkların mekansal dağılımı Kriging yöntemi kullanılarak ortaya koyulmuştur.

Ljubenkov ve Kalin (2016), Sinjsko polje, Hırvatistan'da bulunan Cetina Nehrinin orta bölümünde yer alan karstik yapıya bir sahip bir bölge olup bu bölge için kuraklık analiz çalışmaları yapmışlardır. Çalışmada, Han ile Grab istasyonlarındaki aylık akım verileri ile Sinj istasyonundaki aylık yağış verileri kullanılmıştır. Bu verilerle, Standartlaştırılmış Akış İndisi (SSI) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) değerleri hesaplanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda bulunan SPI ve SSI değerlerini; süreleri, yoğunlukları ve büyüklükleri gibi karakteristik özellikleri bakımından birbiriyle kıyaslanarak ilişkilendirmişlerdir.

Bae ve ark. (2019) tarafından Güney Kore'de yapılan çalışmada, yağış, tarımsal rezervuar ve baraj depolama seviyeleri kullanılarak 1998-2015 yılları arasında SPI yöntemi ve diğer kuraklık indisleri ile kuraklık analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada farklı kuraklık çeşitleri arasındaki ilişki için sulak geçen mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra meteorolojik kuraklıkların tarımsal ya da hidrolojik kuraklıklara sebep olmadığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan meteorolojik kuraklıktan kaynaklanan hidrolojik kuraklıklarda, kurak mevsimdeki yağış eksiklikleri sadece baraj depolama seviyelerinde azalmaya sebep olmuştur. Kurak mevsimde yağış eksikliği kaydedildiğinde, tarımsal rezervuar depolama seviyeleri artarken, baraj depolama seviyeleri düştüğü gözlenmiştir. Meteorolojik kuraklığın tarımsal ve hidrolojik kuraklığa yayılması sadece kuraklığın şiddetine değil aynı zamanda kuraklığın zamanlamasına da bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Bakanoğulları (2019) çalışmasında, Meriç nehrinde yer alan Kumdere Havzası'nda 1985-2009 yılları arasında geçen 25 yıllık süreç yağış ve sıcaklık verilerinden elde edilen kuraklığın şiddeti ve sıklığı Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile belirlenmiş olup Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) ile karşılaştırılmıştır. Kullanılan SPI ve SPEI indisleri arasında istatiksel çalışmalar neticesinde birbirleriyle istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yıllık değerlendirme sonuçlarına göre; SPEI indis değerleri ile havzada belirli zaman dilimlerinde 7 yıl hafif, 2 yıl orta, 1 yıl aşırı kurak olarak belirlenmiştir. SPI indis değerleri ile ise 1 yıl aşırı, 1 yıl orta ve 8 yıl hafif kurak yıl olarak tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde; elde edilen SPEI kuraklık indisi bitki gelişim sürecinde tarımsal açıdan özellikle aylık kuraklık değerlendirmelerinde daha hassas sonuçlar verdiği için kuraklığın azaltılmasında daha güvenilir sonuçlar verebilir.

Sarış ve Gedik (2021) Konya Kapalı Havzası'nın farklı zaman dönemlerinde, ayrı ayrı 20 yağış serisi oluşturup Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) metoduyla kuraklık analiz çalışması yapmışlardır. Havza sınırlarında bulunan 11 meteoroloji istasyonunun 90 yıllık (1930-2019) süreç boyunca farklı uzunluklarda kayda alınmış aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Elde edilen yağış verileri kısa ve uzun süreli periyotlar şeklinde seri oluşturularak hazırlanmıştır. Kuraklık analiz sonrasında Gidişler Sınaması uygulanarak, tüm istasyonların uzun süreli olan 24 ve 36 aylık seri

gruplarının SPI değerlerinin istatistiksel olarak birbirleriyle anlamlı ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; Konya Kapalı Havzasında 24 ve 36 aylık kuraklıklardaki bu anlamlı yönelimler meteorolojik kuraklığın, hidrolojik ve tarımsal kuraklık doğrultusunda yönelim gösterdiği ve buna bağlı olarak havzanın su yenilenmesi yönünden yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

BÖLÜM ÜÇ

KURAKLIK TANIMLARI VE İNDİSLERİ

3.1 Kuraklık Tanımı

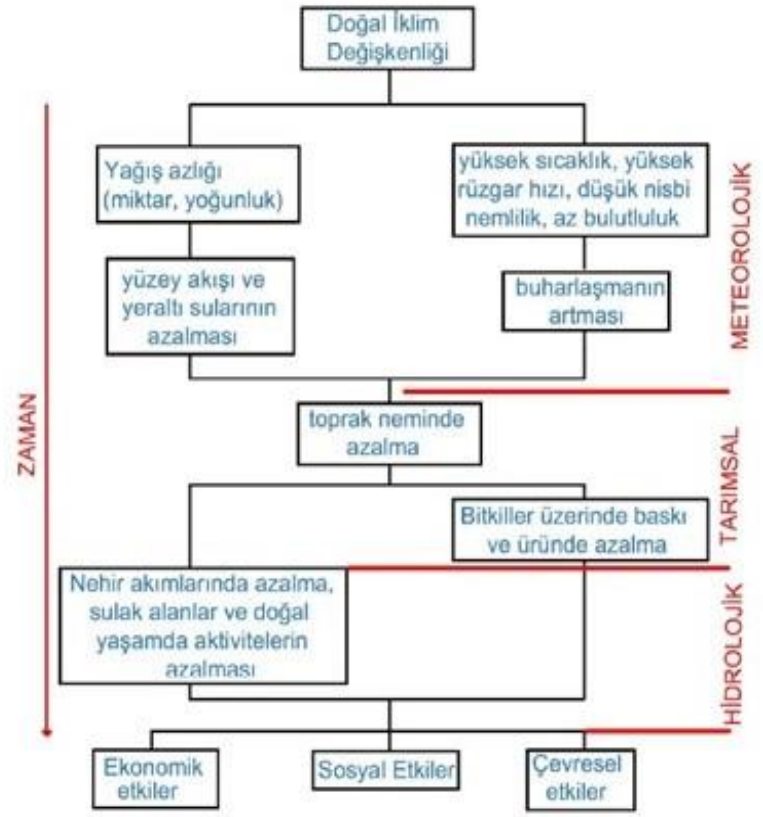
Kuraklık, bir iklimsel doğa olayı şeklinde özetlenebilir. Belirli bir alanda nem miktarının geçici değişiminden doğan kuraklık, su kıtlığı olarak da tanımlanır. Dünya genelinde yaygın olarak meydana gelen kuraklığın literatürde birçok tanımı bulunmaktadır. Aşağıda bazı tanımlarına yer verilmiştir.

Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi'nde kuraklık tanımı kayda alınan yağış verilerinin ciddi oranda olağan yağış seviyelerinin altında kalması ile oluşan arazi ve su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyen ve bunun sonucunda büyük hidrolojik dengesizliklere sebebiyet veren doğal bir süreç olarak geçer (UNCCD, 1994).

Kuraklık; bitkilerin nem yetersizliği sebebiyle gelişip büyümesinde başarı gösteremediği yıl yüzdesi olarak tanımlanmaktadır (FAO,1983).

Gumbel (1963) kuraklığı günlük ortalama akış verilerinin yıllık bazda minimumu olarak tanımlarken, Palmer (1965) ise belirgin bir mekanda normal hidrolojik şartların mühim bir sapması olarak ifade etmiştir.

Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi (NDMC); yaptığı çalışmada meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık türlerinin ana öğeleri, meydana gelme sırası ve aralarında bağlantıları Şekil 3.1'de yer alan şemada göstermiştir.



Şekil 3.1. Kuraklık türleri ve aralarındaki bağlantı şeması

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, kuraklığın özelliklerini şu şekilde listelemiştir:

- Başlama ve bitme zamanının belirsiz olması,
- Beraberinde birden çok kaynağı etkilemesi,
- Ekonomiyi olumsuz etkilemesi,
- Kümülatif olarak artıyor olması,

3.2 Kuraklık Türleri

Kuraklığın literatürde tanımlanan birçok çeşidi olmakla beraber dört belirgin kuraklık tipi vardır (Wilhite ve Glantz, 1987). Kuraklık meteorolojik kuraklık olarak başlar, tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak gelişir, sosyoekonomik kuraklık şeklinde devam eder.

- Meteorolojik kuraklık

- Tarımsal kuraklık

- Hidrolojik kuraklık

- Sosyoekonomik kuraklık

3.2.1 Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklık, Meteoroloji Genel Müdürlüğü minimum 30 yıllık zaman dilimini normal durum olarak görürken, bu değerlerdeki sapma olarak tanımlamıştır. Meteorolojik kuraklık türü daha fazla bölgeseldir. Ayrıca MGM, tanımlanmış sınır değerler altındaki yağışlı gün sayısını kuraklık periyotları olarak kabul etmiştir. Meteorolojik kuraklık tanımı her bölgeye, ülkeye ve kullanılan istatistik metodlara göre büyük farklılık gösterebilmektedir.

3.2.2 Hidrolojik Kuraklık

Yer üstündeki ve yer altındaki kaynakların azalmasını bir ölçüt olarak kabul eden kuraklık türü olup, hidrolojik parametreler doğrultusunda yeteri kadar suyun bulunmaması durumudur. Sürekli olarak devam eden meteorolojik kuraklıktan sonra gelişir. Bundan dolayı bu kuraklık türü kuraklığın ilk belirtilerinden değildir. Bu nedenle meteorolojik kuraklık türünün bitiminden sonra hidrolojik kuraklığın devam ediyor olması normal bir süreçtir.

3.2.3 Tarımsal Kuraklık

Tarım ve Orman Bakanlığı; toprağın su muhteviyatının, bitkinin su ihtiyacını karşılayacak miktarın altında kalmasını tarımsal kuraklık olarak tanımlamıştır. Sanılanın aksine tarımsal kuraklık; yağışlardaki azalmayı değil, toprakta bulunan nem miktarındaki azalmayı işaret eder.

MGM, bitkilerin kök bölge kısımlarında, yetişip büyümesi için yeter miktarda nemin olmaması vaziyetini ziraî kuraklık olarak tanımlamıştır. Aynı zamanda bazı bitkilerin yine bazı zamanlarda büyümesi için yeteri kadar toprak nemi bulunmaması durumunda tarımsal kuraklık oluşmaktadır.

3.2.4 Sosyoekonomik Kuraklık

Sosyoekonomik kuraklık; meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklıklarla ilişkili bir durum olup aynı zamanda diğer kuraklıklardan farklıdır. Bunun nedeni ise kuraklığın meydana gelmesinin, zamana ve mekan faktörlerinden bağımsız olmamasından kaynaklanmaktadır. Azalan yağışların bir sonucu olarak sosyal ve ekonomik anlamda olumsuz etkiler sonucunda ortaya çıkar (Wilhite ve Glantz, 1987).

3.3 Kuraklık İndisleri

Kuraklık indisleri meydana gelme risk potansiyelini ve kuraklığın şiddetini, mekânsal ve zamansal sebeplerle büyüklüğünü ve değişkenliğini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kuraklık indislerin kullanımı bölgeden bölgeye farklılık gösterebilir bunun nedeni meteorolojik koşulların değişkenliğidir. Bir bölge için kullanılan kuraklık indisi başka bir bölgede kullanılmayabilir (Tatlı ve Türkeş, 2011).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO, 2016) tarafından dünya üzerinde en sık kullanılan kuraklık indisleri derlenerek Kuraklık İndikatör ve İndisleri El Kitabı'nda sunulmuştur. Derlenen kuraklık indisleri Şekil 3.2'de yer almaktadır.

İndis Adı	Kuraklık Türü	Girdi Parametreleri	Kullanım Alanı
Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SPI)	Meteorolojik	Yağış(P)	Dünya Meteoroloji Organizasyonu SPI'yı meteorolojik kuraklığı izlemede başlangıç indisi olarak kabul etmişlerdir.
Standartlaştırılmış Yağış ve Buharlaşma İndisi(SPIE)		Yağış(P) Sıcaklık(T)	Tam bir veri serisine ihtiyaç duyulmaktadır. SPI'dakine benzer sonuçlar alınır.
Ondalıklar(Deciles)		Yağış(P)	Günlük, haftalık, aylık ve yıllık yağış verileri kullanılabilmektedir.
Normalin yüzdesi(PN)			Belli bir zaman periyodu içinde yağış miktarının ortalamasına oranıyla bulunan basit bir indistir.
Aydeniz Metodu		Yağış(P) Sıcaklık(T) Nem (N) Güneşlenme Süresi (G)	Sadece yağış ve sıcaklık ilişkisinin yanı sıra nem-yağış ilişkisi ile sıcaklık-güneşlenme süresi ilişkilerinin dikkate alan bir indistir.
Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI)		Yağış(P) Sıcaklık(T) Toprak Su Tutma Kapasitesi (AWC)	Nem mevcudiyetindeki oluşan sapmayı belirlemek için geliştirilmiştir.
Kendi Kendini Kalibre Eden Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (scPDSI)		Yağış(P) Sıcaklık(T) Toprak Su Tutma Kapasitesi (AWC)	PDSI hesabında değerlerin mekansal kıyaslanmasından yaşanan zorluk neticesinde dolayı geliştirilmiş bir indistir.
Kuraklık Keşif İndisi (DRI)		Yağış(P) Sıcaklık(T)	Aylık yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanır.
Akım Kuraklık İndisi (SDI)	Hidrolojik	Akış (SF)	Akış verilerini kullanılarak SPI'dakine benzer bir hesap yapar.
Standartlaştırılmış Akım İndisi (SSFI)			Akış verilerini kullanarak SPI'dakine benzer bir hesap yapar.
Palmer Hidrolojik Kuraklık İndisi (PHDI)		Yağış(P) Sıcaklık(T) Toprak Su Tutma Kapasitesi (AWC)	Su kaynaklarının uzun zaman içerindeki kuraklıktan etkilenme durumlarının belirlemek için kullanılır.

Şekil 3.2. Dünyada en sık kullanılan meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indisleri ve özellikleri

3.3.1 Standart Yağış İndisi (SPI)

Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Kuzey Ege havzalarında bulunan işletmedeki barajlar ve göletlere ait drenaj alanları ve bu barajların hizmet ettiği planlı tarımsal sulama sahalarının kuraklık durum ve eğilimleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, 2003-2015 yılları arasındaki yakın bir dönemde günlük toplam yağış verileri kullanılarak kurak dönem periyodları ve yıllık azami kuraklık

şiddetlerinin belirlenmesi amacıyla Standart Yağış İndisi (SPI) kullanılmış; sulama bölgeleri ve bu alanların sulamalarına hizmet amaçlı işletilen sulama barajlarının su toplama havzalarında kuraklık gelişimleri farklı kuraklık analiz göstergeleri (yılda maksimum kuraklık şiddeti, en şiddetli kurak dönem süresi, toplam kurak dönem süresi, vb.) üzerinden değerlendirilmiş ve bu göstergeler üzerinden kuraklık izlenimleri ve eğilimleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Standart yağış indisi (SPI) yöntemiyle çalışma alanı olan dört havzadaki alanların kuraklık eğilimlerinin analiz edilebilmesi için bölgelere düşen günlük toplam yağış miktarlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin temini ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. SPI değerleri, belirli bir süre boyunca yağıştan ortalama olan farkın standart sapmaya bölünmesi ile bulunur. McKee ve arkadaşları (1993) tarafından, Standart Yağış İndisi (SPI) ile kuraklığı belirlemek ve kuraklığın ilerleyişini gözlemlemek maksadıyla tasarlanmıştır.

$$SPI = \frac{Xi - Xj}{\sigma}$$ (McKee et al. 1993). (3.1)

SPI: Standartlaştırılmış yağış indisini,
X_i: Aylık yağış miktarını,
X_j: Uzun dönemli yağış ortalamasını,
σ: Uzun dönemli yağışlardaki standart sapmayı, göstermektedir.

Bu formülasyon neticesinde bulunan SPI değerleri, yağış eksikliği ile birlikte aynı doğrusallıkta artış ve azalış bir yönde grafik çizmektedir. Standartlaştırılmış yağış indis değerlerine bakılarak değerlendirilen bir kuraklık çalışmasında indisin her zaman negatif değerler çıktığı zaman dilimi "kurak dönem" olarak adlandırılır. İndis değerlerinin sıfırın altına ilk indiği ay kuraklığın başlama zamanı olarak kabul görürken indis değerlerinin pozitif değere çıktığı ay kuraklığın bitim zamanı olarak adlandırılır (McKee ve ark. 1995). SPI yönteme göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.1 Standart yağış indisine göre kuraklık sınıflandırılması

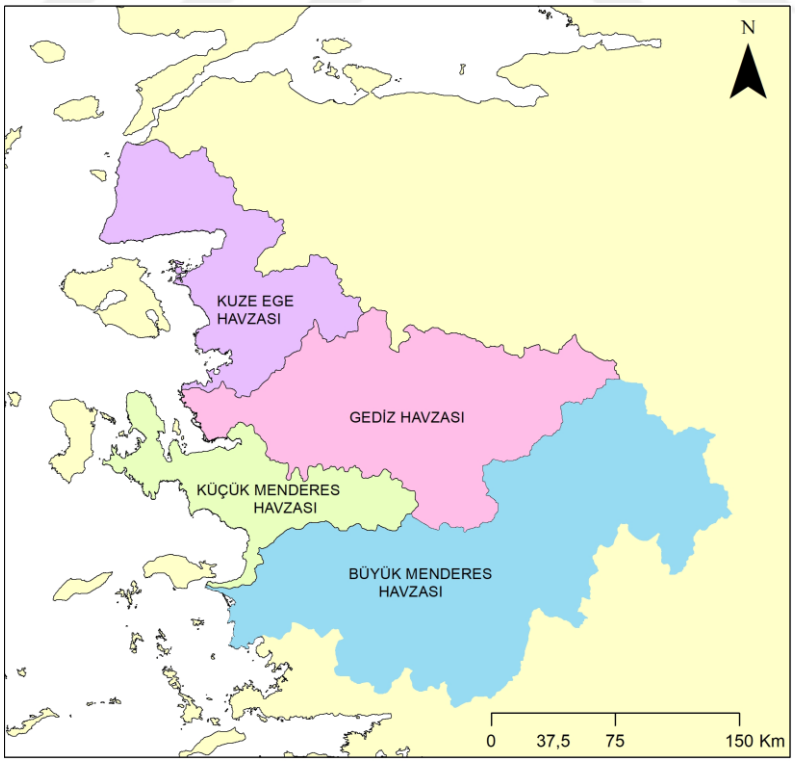
SPI İNDİS DEĞERLERİ	SINIFLANDIRMA
2.0 ve üzeri	Olağanüstü Nemli
1.60 ile 1.99	Aşırı Nemli
1.30 ile 1.59	Çok Nemli
0.80 ile 1.29	Orta Nemli
0.51 ile 0.79	Hafif Nemli
0.50 ile -0.50	Normal
-0.51 ile -0.79	Hafif Kurak
-0.80 ile -1.29	Orta Kurak
-1.30 ile -1.59	Şiddetli Kurak
-1.60 ile -1.99	Çok Şiddetli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

BÖLÜM DÖRT

ÇALIŞMA ALANI

Bu tez çalışmasının konusu olan "Planlı Tarımsal Sulama Alanları ile İlgili İşletmedeki Sulama Barajlarına Ait Su Toplama Havzalarında Kuraklık Durum ve Eğilimlerinin Belirlenmesi" kapsamında Batı Anadolu bölgesinin yoğun tarımsal alanlarını içeren ve son dönemlerde kuraklığın ciddi anlamda arttığı Büyük Menderes, Kuzey Ege, Gediz ve Küçük Menderes havzalarında yer alan 204 adet işletmedeki barajlar ve göletlere ait drenaj alanları ve bu barajların hizmet ettiği planlı tarımsal sulama sahaları seçilmiştir.

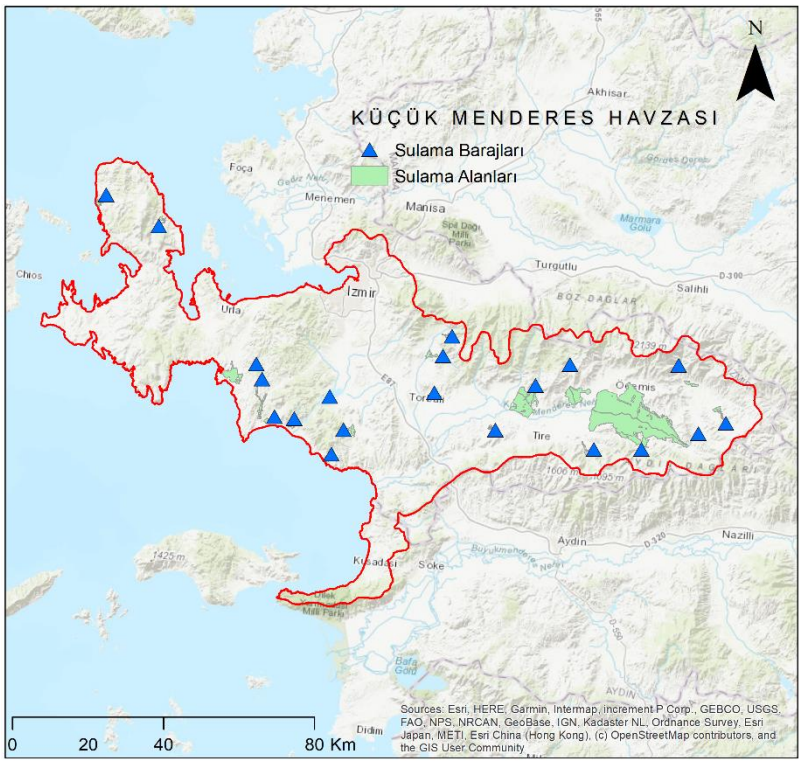
Ülkemizde 25 adet stratejik hidrolojik havza belirlenmiştir. Günümüzde havza bazında su yönetimi ve havza bazlı projeler üretimi ile uygulamaları iki ana kurum olan Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) ve Devlet Su İşleri (DSİ) altında gerçekleştirilmektedir. Bu başlık altında çalışma sahalarının bulunduğu havzalar olan; Büyük Menderes, Kuzey Ege, Gediz ve Küçük Menderes havzaları hakkında bilgiler verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanının görünümü

4.1 Küçük Menderes Havzası

Küçük Menderes Havzası, 38 ^{o} 040‘- 37 ^{o} 039‘ kuzey enlemleri ve 28 ^{o} 025‘- 26 ^{o} 013‘ doğu boylamları içerisinde bulunmaktadır. Havzanın kapsadığı alan yaklaşık 696 486 ha olup ve bu da Türkiye’nin toplam yüzölçümünün %0,9’una denk gelmektedir.



Şekil 4.2. Küçük Menderes Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları

DSİ Genel Müdürlüğü (DSİ) Küçük Menderes Havzası’nı, 5 farklı alt havzaya ayırarak çalışma yapmaktadır. Bu alt havzalar; Çeşme Karaburun, Kuşadası, Küçük Menderes, Tahtalı Seferihisar ve İzmir Körfez olarak ayrılmıştır (DSİ, 2016).

Havza sınırlarında İzmir ilinin büyük bir bölümü ve Aydın ilinin Kuşadası ilçesi bulunmaktadır. Havza doğu tarafında Çulha, Oyuk ve Karadağ dağlarıyla; güney tarafından batı tarafına doğru Beydağ, Kümeli Dağı, kuzey tarafından batı tarafına doğru ise Kesme Dağları, Çallıbadağı, Mahmut ve Bozdağ; batı tarafı ise İzmir Körfezi ve Ege Denizi ile sınırlıdır. Sınırlar içerisindeki en yüksek dağ; Bozdağ 2.159 m yüksekliğiyle kuzeyde yer almaktadır. Havzanın batı taraflarına doğru dağ yükseklikleri sürekli olarak değişkenlik göstermektedir.

Bir taşkın ovası olan Küçük Menderes; Büyük Menderes ve Gediz ovalarından daha küçük olup kuzeydoğu tarafında bulunan Kiraz Ovası'nı, kuzeybatı tarafında bulunan Fetrek Ovası'nı ve Ege Denizi kıyısında bulunan Selçuk Ovası'nı içerisinde barındırmaktadır.

Havzası'nın ana kolu havzanın ismini aldığı Küçük Menderes Nehri olup bu ana kola bağlanan yan kollar; Yuvalı, Pirinçci, Ceriközkaya, Eğridere, Rahmanlar, Uladı, Ilıca, Değirmen ve Aktaş dereleridir. Bunlarla beraber Fetrek, Keles, Birgi ve Çevlik çaylarıda nehri besleyen kollardır.

Havza, topraklarının tarıma elverişli bir yapıya sahip olmasından ötürü verimli ve kaliteli ürünler yönünden tarımsal potansiyeli yüksektir. Önde gelen tarım ürünleri, buğday, mısır, patates, üzüm, domates, biber, tütün, pamuk ve zeytindir.Bölgede tarımsal üretimin fazla olduğu ilçeler Tire, Bayındır, Kemalpaşa, Torbalı, Menderes ve Ödemiş ilçeleridir. Havzada yer alan Aydın ili içerisinde en çok yetiştirilen ürünler; İncir, kestane, narenciye, pamuk, mısır, zeytin, tütündür. İncir üretiminde de önemli bir yere sahiptir.

Havza, hayvancılık faaliyetlerinin yüksek olduğu bir bölge konumunda olup sınırların yüksek kesimlerinde bu faaliyetler meralarda yapılırken, düzlük kesimlerinde ise ahır hayvancılığı yapılmaktadır. Ayrıca havza içerisinde ipekböcekçiliği, arıcılık ve kümese bağlı hayvancılık faaliyetleri de yapılmaktadır (SYGM, 2018).

Küçük Menderes Havzası'nda yer alan Tahtalı Barajı, İzmir ili Menderes ilçesi sınırlarındaki Tahtalı Çayı üzerinde olup 554,3 $km^{2'}$lik yağış alanına sahiptir. Baraj 1999 yılında tamamlanmış olup içme suyu temini amacıyla hizmete açılmıştır. İzmir ilinin içme suyu temini bakımından ana kaynağıdır. Yılda içme suyuna 128 milyon m^3 su vermektedir.

Havzanın sulama suyu temini bakımından büyük öneme sahip olan Beydağ Barajı, Beydağ sulaması adı altında Ödemiş ilçesindeki arazilere su kaynağı olmaktadır. Beydağ barajı, İzmir ili Beydağ ilçesi Küçük Menderes Çayı üzerine

yapılmış olup 440,3 km^2'lik yağış alanına sahiptir. Toplamda yaklaşık olarak 13000 ha sulama sahasına hizmet etmektedir.

Küçük Menderes Havzasında bulunan ve tez kapsamında kuraklık analizi yapılan barajların, göletlerin ve bu baraj ve göletlere ait sulama alanlarının listeleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de yer almaktadır.

Tablo 4.1 Çalışmada Küçük Menderes Havzası'nda bulunan göletler/barajlar listesi

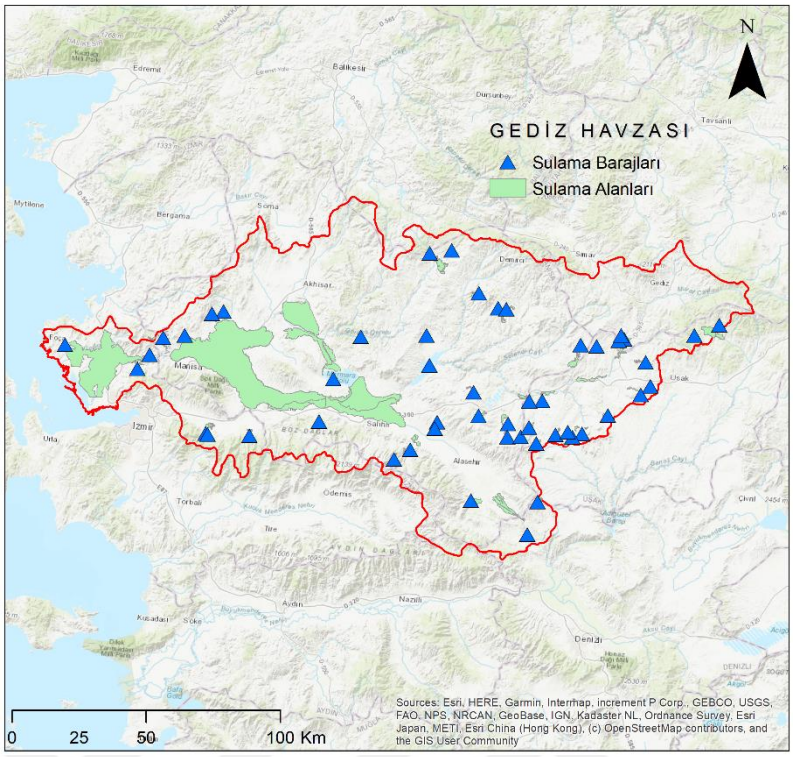
Ataköy Göleti	Çamavlu Göleti	Kavakdere Barajı
Akalan Göleti	Çatak(Kiraz) Göleti	Mordoğan Göleti
Aktaj Barajı	Çıtak Göleti	Özdere Göleti
Aslanlar Göleti	Eskioba Göleti	Salman Göleti
Bademli Göleti	Gümüldür Göleti	Seferihisar Barajı
Beydağ Barajı	Halliller Göleti	Ürkmez Barajı
Burgaz Göleti	Karakızlar Göleti	Yenişehir Göleti

Tablo 4.2 Çalışmada Küçük Menderes Havzası'nda bulunan sulama sahalarının listesi

Akalan Gölet Sulaması	Çamavlu Gölet Sulaması	Karakızlar Gölet Sulaması
Aktaş Baraj Sulaması	Çatak(Kiraz) Göleti Sulaması	Kavakdere Baraj Sulaması
Aslanlar Gölet Sulaması	Çıtak Gölet Sulaması	Mordoğan Gölet Sulaması
Ataköy Gölet Sulaması	Eskioba Gölet Sulaması	Özdere Gölet Sulaması
Bademli Gölet Sulaması	Gümüldür Gölet Sulaması	Salman Gölet Sulaması
Beydağ Baraj Sulaması	Gümüldür Gölet Sulaması	Seferihisar Baraj Sulaması
Beydağ Baraj Sulaması	Halliller Gölet Sulaması	Ürkmez Baraj Sulaması
Beydağ Baraj Sulaması 2	Halliller Gölet Sulaması	Yenişehir Gölet Sulaması
Burgaz Gölet Sulaması		

4.2 Gediz Havzası

Gediz Havzası $38^o04'$-$39^o13'$ kuzey enlemleri ve $26^o42'$-$29^o45'$ doğu boylamları içerisinde bulunmaktadır. Havzanın kapsadığı alan 1713697 ha olup Türkiye'nin toplam yüz ölçümünün %2,17'sini oluşturmaktadır. Havza kuzey tarafında Demirci, Simav, Dumanlı, Kara, Karaoğlan, Dumanlı; doğu tarafında Murat, Kışla, Koca, Uysal, Umurbaba; güney tarafında ise Çulha, Çal, Bozdağ, Çallıbaba, Nif ,Yamanlar dağlarıyla çevrilidir. Havza batıda Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Gediz Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları

Gediz Havzası master plan çalışmalarında 5 adet alt havza tespit edilmiş olup çalışmalar bu alt havzalara göre yapılmaktadır. Bunlar; Alaşehir, Demirköprü Barajı, Gediz Ana Kol, Kemalpaşa ve Kum Çayı alt havzaları olarak belirlenmiştir (DSİ, 2014).

Gediz Nehri, 275 km uzunluğunda olup büyük bir bölümü Manisa ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Kalan bölümü ise sırasıyla Kütahya, Uşak ve İzmir il topraklarında yer almaktadır. Nehir; Kütahya ili Gediz ilçesinin doğu kısmında bulunan Murat Dağları'ndan akışa geçerek buradan Kocaçay, Demirci Çayı, Alaşehir Çayı, Kum Deresi ve Nif Deresi ile birleşmektedir. Nehrin en önemli yan kolları; Kurşunlu, Tabak, Gencer, Sart, Keçili, Irlanmaz ve Karaçalı çaylarıdır. Nehir, Salihli ve Menemen ovalarına sulama suyu temin etmektedir. Gediz Nehri, Foça ve Çamaltı tuzlası yakınlarından Ege Denizi'ne boşalır.

Havzanın ana su kaynağı Gediz Nehri'dir. Nehir 17137 km²'lik bir beslenim alanına sahiptir. İzmir ve Manisa illeri sınırlarında bulunan havza, ülkemizde ihraç ürün yetiştiren verimli arazileri kapsamaktadır. Havza bazında bakıldığında kuru

üzüm ve kuru incir bölgenin olduğu kadar ülkemizin de ihraç ürünlerinin başında gelir.

Havza ürün deseni bakımından oldukça zengin bir yere sahiptir. Havza genelinde buğday, arpa, üzüm, sofralık üzüm, çilek, kiraz, ceviz, zeytin, erik, antepfıstığı, kayısı, şeftali, domates, armut, sebze, mısır, badem ve salamura ürünler ile pamuk ve yem bitkileri üretimi gibi büyük gelir kaynaklarına ev sahipliği yapar. Ayrıca hayvancılık sektöründe kullanılmak üzere yeşil, kuru ot ve yem bitkileri ekilmektedir.

Havzada hayvancılık faaliyetleri önemli gelir kaynaklarının başında gelmektedir. Bu sektörden elde edilen gelir yüzdesi, ülke kalkınmasına ciddi katkılar sağlamaktadır. Bölgede büyükbaş, küçükbaş, yük hayvan varlığı, kümes hayvan bakımında en yoğun olan yerler Akhisar, Demirci ve Salihli ilçeleridir.

Gediz Havzası'nda bulunan ve bölgenin ihtiyaçlarını karşılayan önemli barajlar bulunmaktadır. Manisa ili Gediz ilçesi Gediz Çayı üzerinde olan Demirköprü Barajı bu barajların önde gelenleri arasında olup 1960 yılında inşaatı tamamlanmıştır. Baraj sulama suyu temini ve hidroelektrik üretimi amacıyla yapılmıştır. Halen işletmede olan baraj; İzmir ili Menemen ilçesine Menemen sulaması, Manisa ili Salihli ilçesine Adala sulaması, Manisa ili Ahmetli ilçesine Ahmetli sulaması ve Manisa ili Turgutlu ilçesine Turgutlu sulaması adı altında sulama suyu hizmeti vermektedir. Baraj, toplamda yaklaşık 99200 ha alana sulama suyu temin etmektedir.

Havza içinde bulunan bir diğer önemli baraj olan Gördes Barajı, Manisa ili, Gölmarmara ilçesi Gördes çayı üzerine inşa edilmiş olup sulama ve içme suyu temini amacına hizmet etmektedir. Baraj yılda; İzmir iline içme suyu için 60 milyon m^3 ve Akhisar Ovasına sulama suyu için 60 milyon m^3 su vermektedir.

Manisa ili, Gölmarmara ilçesinde bulunan Marmara Gölü, taşkın ve sulama amacıyla DSİ tarafından yapılmış alüvyal bir settir. Göl; Akpınar kaynakları, Şeyh Abbas Deresi ile yağışlardan beslenmektedir. Zamanla bulunduğu yerde bir habitat oluşturmuş ve Ahmetli, Menemen sulamalarına sulama suyu vererek tarıma ciddi katkılar sağlamıştır. Kuraklıklardan fazla etkilenen Marmara Gölü şimdilerde kuramaya yüz tutmuştur.

Gediz Havzasında bulunan ve tez kapsamında kuraklık analizi yapılan barajların, göletlerin ve bu baraj ve göletlere ait sulama alanlarının listeleri Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'de yer almaktadır.

Tablo 4.3 Çalışmada Gediz Havzası'nda bulunan göletler/barajlar listesi

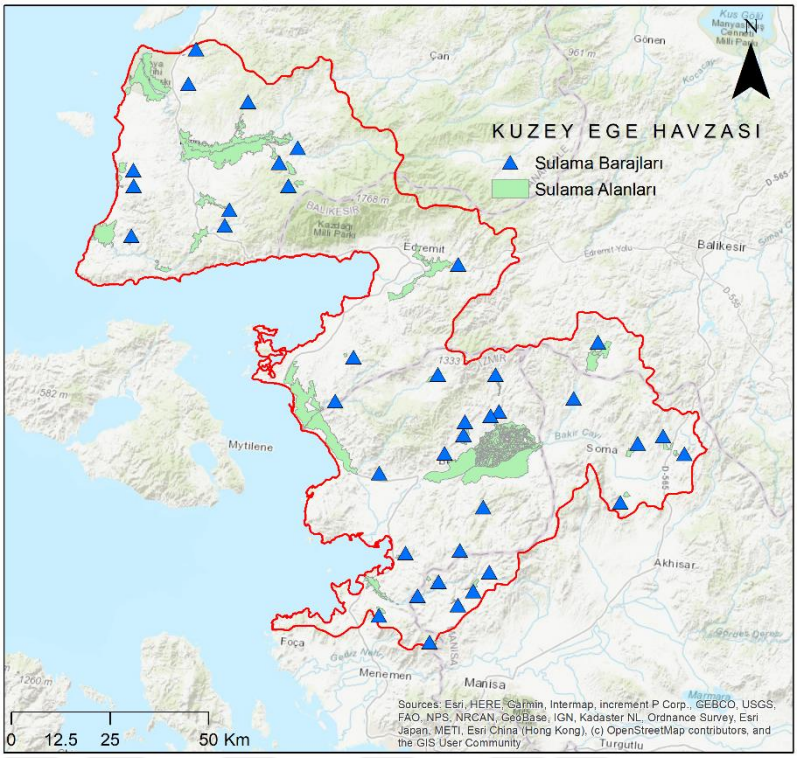
Afşar Barajı	Dereköy Göleti	Karakuyu Göleti
Ağabey Göleti	Dervişli Göleti	Kavaklıdere Göleti
Alanyurt Göleti	Doğanpınar Göleti	Kayaağıl Göleti
Arpaçay Göleti	Döğüşören Göleti	Kemaliye Göleti
Ayanlar Göleti	Durhasan Göleti	Kula Göleti
Ayvaalanı Göleti	Emiralem Göleti	Küçükler Barajı
Bağyolu Göleti	Eroğlu Göleti	Marmara Gölü
Bağyurdu Göleti	Eşmeli Göleti	Mesudiye Altıntaş Göleti
Bebekli Göleti	Gevenlik Göleti	Saraçlar Göleti
Belenyenice Göleti	Göğem Göleti	Savanda Göleti
Beydere Göleti	Gördes Barajı	Sayık Göleti
Bozalan Göleti	Gülpınar Göleti	Selvioğlu Göleti
Buldan Barajı	Güneşli Göleti	Süleymanlı Göleti
Çelengöz Göleti	Horzumalayaka Göleti	Takmak Göleti
Demirköprü Barajı	İsalar Göleti	Üçpınar Göleti
Demirköprü Barajı	Karaağaç Göleti	Yukarıkızılca Göleti
Derbent Derivasyonu	Karacaömerli Göleti	Yurtbaşı Göleti
Derbent Göleti		

Tablo 4.4 Çalışmada Gediz Havzası'nda bulanan sulama sahalarının listesi

Ağabey Gölet Sulaması	Gördes Sağ Sahil Sulaması
Ahmetli Sulaması	Gördes Sol Sahil Sulaması
Ahmetli Sulaması 2	Gülpınar Gölet Sulaması
Alanyurt Gölet Sulaması	Güneşli Gölet Sulaması
Arpaçay Gölet Sulaması	Horzumalayaka Gölet Sulaması
Ayvaalanı Gölet Sulaması	Karacaömerli Gölet Sulaması
Bağyurdu Gölet Sulaması	Karakuyu Gölet Sulaması
Belenyenice Gölet Sulaması	Kayaağıl Gölet Sulaması
Beydere Gölet Sulaması	Kemaliye Gölet Sulaması
Bozalan Gölet Sulaması	Kula Gölet Sulaması
Derbent Gölet Sulaması	Menemen Sulaması
Dereköy Gölet Sulaması	Mesir Sulaması
Dervişli Gölet Sulaması	Salihli Sağ Sahil Sulaması
Döğüşören Gölet Sulaması	Salihli Sol Sahil Sulaması
Durhasan Gölet Sulaması	Sarıkız Sulaması
Emiralem Gölet Sulaması	Sayık Gölet Sulaması
Eroğlu Gölet Sulaması	Selvioğlu Gölet Sulaması
Eşmeli Gölet Sulaması	Turgutlu Sulaması
Gediz Sulama Birliği Sulaması	Yukarıkızılca Gölet Sulaması
Gökkaya Ve Çevre Köyleri Sulaması	Yurtbaşı Gölet Sulaması

4.3 Kuzey Ege Havzası

Kuzey Ege Havzası Anadolu'nun kuzeybatısında, 40° - 38° kuzey enlemleri ve 26° - 28° doğu boylamları içerisinde bulunmaktadır. Türkiye yüzölçümünün %1,27' sini oluşturmaktadır. Havza sınırı kuzeyde Çanakkale Boğazı'ndan başlamakta, Kayalıdağ (879 m), Kazdağ (1 766 m) ile Kocakatran Dağları su bölümü çizgisinden geçmekte; doğuda Havran, Bergama, Savaştepe, Soma ve Kırkağaç ilçelerinin sınırlarını izlemekte; güneyde Kılıçdağ, Dumanlıdağ (1098 m) su bölümü çizgisinden geçerek Foça ilçesi yakınlarında Ege Denizi'ne bağlanmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kuzey Ege Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları

Kuzey Ege Havza, yaklaşık 9861,31 km^2 'lik geniş bir alanı içine alan Bütün Ege sahili boyunca olduğu gibi dağlar doğu-batı yönünde uzanmaktadırlar. Sınırları Balıkesir, İzmir, Manisa ve Çanakkale illeri içerisindedir. Havza sınırlarında bulunan Kazdağı 1767 m ile havzanın en yüksek dağı konumundadır.

Havzanın önemli akışa sahip akarsuları; Güzelhisar, Karamenderes, Havran, Yağcılar, Madra çayları ve Bakırçay Nehri'dir. Bunlarla beraber dönemsel yağışlardan dolayı oluşan küçük büyük birçok akarsu da havzanın su potansiyeli içerisinde yer almaktadır.

Devlet Su İşleri, Kuzey Ege havzası için 3 alt havza belirlemiştir. Bunlar; Üst Kuzey, Orta Kuzey Ege ve Alt Kuzey Ege şeklindedir (DSİ, 2016).

Havzasında sınırlarında içinde bulunan yerleşim yerlerinin genellikle ekonomileri ziraat ve hayvancılığa dayalıdır. Ülkenin en önemli tarım ürünü olan zeytin ve zeytinyağı üretiminin fazla olduğu bir havzadır. Havza da ormanlık alanlarının fazlalığından kaynaklı arıcılıkta yaygın olarak yapılmaktadır. Yetiştirilen başlıca

tarımsal ürünler, buğday, arpa ve baklagiller, pancar, üzüm, tütün, pamuk, çiğit, ay çiçeği, mısır su, yer fıstığı, elma, zeytin, armut, badem gibi ürünler yer almaktadır.

Kaz Dağları'nda yetişen kekik ve her çeşit bitki örtüsü sayesinde süt ve et ürünleri yüksek kalitededir. Bunun sonucu olarak Ayvacık yöresindeki hayvansal ürünler, yoğun talep görmektedir. Bölgede küçükbaş ve büyükbaş hayvan yetiştiriciliği ekonomik faaliyetler arasındadır.

Kuzey Ege Havzası'nın Üst Kuzey Ege Alt Havzası'nda Bayramıç, Akçin, Yassıbağ, Örenli Zeytinli, İntepe, Ulubey ve Tavaklı Alemsah barajları bulunmakta olup bu barajlar yaklaşık olarak toplam 19950 ha alanın sulanmasına hizmet etmektedirler. Orta Kuzey Ege Alt Havzası içerisindeki tesisler ise 275 ha sulama sahasını sulamaktadır.

Alt Kuzey Ege Alt Havzası'nda Sarıbeyler Barajı'nın sulama sahası Sarıbeyler sulaması yaklaşık 1750 ha, Sevişler Barajı'nın sulaması Kınık Sol Sahil sulaması yaklaşık 6543 ha ve Çaltıkoru ile Yortanlı barajlarının sulama sahası olan Kınık Sağ Sahil sulaması yaklaşık olarak 12519 ha alana hizmet etmektedir.

Madra Barajı da özellikle içme suyu açısından havza için önemli bir yere sahiptir. Baraj aynı zamanda sulama suyu temini amacına da hizmet vermektedir. İzmir ve Balıkesir illeri arasındaki Madra Çayı üzerinde yapılan baraj 1998 yılında işletmeye açılmıştır. Madra Barajı'nın yağış alanı ise 404,56 km²'dir. Balıkesir iline içme suyu, Ayvalık ve Dikili ilçelerine ise sulama suyu sağlamaktadır. Sulanan Altınova-Dikili Ovaları yaklaşık olarak 10180 ha alanı kapsamaktadır.

Kuzey Ege Havzasında bulunan ve tez kapsamında kuraklık analizi yapılan barajların, göletlerin ve bu baraj ve göletlere ait sulama alanlarının listeleri Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Tablo 4.5 Çalışmada Kuzey Ege Havzası'nda bulunan göletler/barajlar listesi

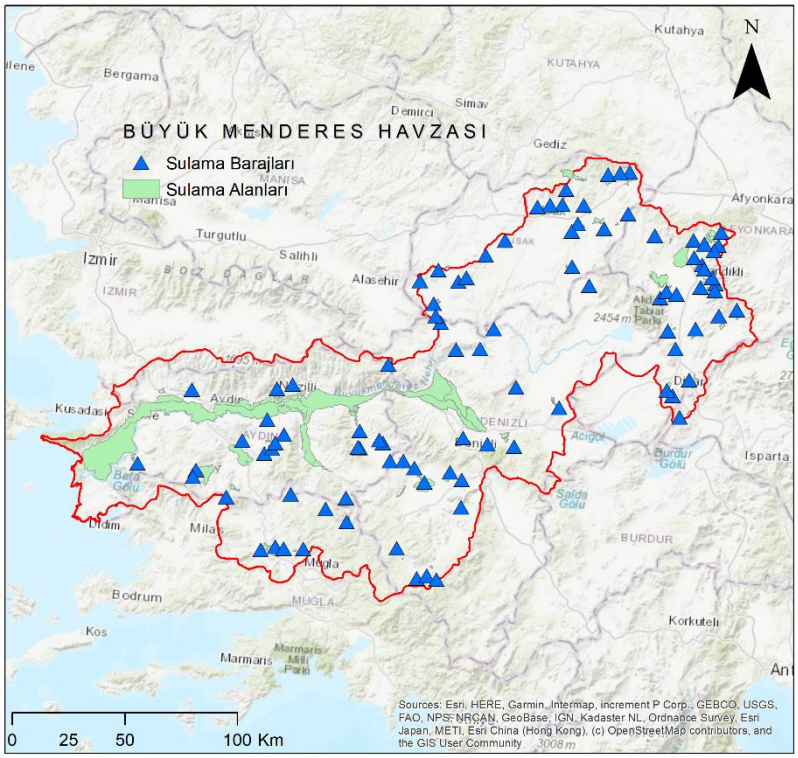
Akçin Barajı	Harputlu Göleti	Sarıbeyler Barajı
Aydıncık Göleti	Havran Barajı	Sevişler Barajı
Ayvacık Barajı	İlyasçılar Göleti	Siyekli Göleti
Bakır Göleti	İntepe Göleti	Tavaklı-Alemşahlı Göleti
Bayramcılar Göleti	Karalar Göleti	Ulubeyler Göleti
Bayramiç Barajı	Kestel Barajı	Uluköy Göleti
Çaltıcak Göleti	Köseler Göleti	Yassıbağ Göleti
Çaltıkoru Barajı	Küçükdere Göleti	Yenişakran Göleti
Çamköy Göleti	Madra Barajı	Yortanlı Barajı
Çamtepe Göleti	Maldan Sarısu Göleti	Yukarıkırıklar Göleti
Dümrek Göleti	Örenli Göleti	Zeytinli Göleti
Güzelhisar Barajı	Pelitalan Göleti	

Tablo 4.6 Çalışmada Kuzey Ege Havzası'nda bulanan sulama sahalarının listesi

Altınova-Dikili Ovaları Sulaması	Karalar Gölet Sulaması
Aydıncık Gölet Sulaması	Kestel Baraj Sulaması
Bakır Gölet Sulaması	Kınık Sol Sahil Sulaması
Bayramcılar Gölet Sulaması	Köseler Gölet Sulamaları
Çaltıcak Gölet Sulaması	Küçükdere Gölet Sulaması
Çaltıkoru Baraj Sulaması	Maldan Sarısu Gölet Sulaması
Çamtepe Gölet Sulaması	Pelitalan Gölet Sulaması
Güzelhisar Mansap Ovası Sulaması	Yenişakran Gölet Sulaması
Harputlu Gölet Sulaması	Yortanlı Baraj Sulaması
İlyasçılar Gölet Sulaması	Yukarıkırıklar Gölet Sulaması

4.4 Büyük Menderes Havzası

Büyük Menderes Nehri Havzası; coğrafi olarak 30°- 32° doğu boylamları ve 38°-39° kuzey enlemleri içerisinde yer almaktadır. Havza 26000 km^2'lik beslenim alanına sahip olup İç Anadolu ve Ege bölgeleri arasındadır. Havzanın büyük bir bölümü Aydın ili ve Denizli ilinde bulunmaktadır. Kalan bölümü ise Uşak, Burdur, Afyonkarahisar, Muğla, İzmir, Manisa, Isparta ve Kütahya illerinde yer almaktadır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Büyük Menderes Havzası, havzada yer alan sulama barajları ve sulama sahaları

Havza; kuzey tarafından Cevizli, Murat ve Samsun dağlarıyla, doğu tarafından Sandıklı Dağı, güneyde tarafından ise Babadağ, Bozdağlar ve Madran Dağı ile sınırlandırılmıştır.

Havzanın ismini aldığı Büyük Menderes Nehri, bulunduğu bölgenin en uzun akarsuyu konumunda olup 584 km uzunluğundadır. Nehre, birden çok yan nehir bağlanmaktadır. Bu yan kollar arasında; Geyre (Dandalaz), Dipsiz, Akçay, Kufi, Banaz ve Hamam çayları yer almaktadır. Ayrıca Büyük Menderes havzasında bulunan doğal göllerden önemlileri Karakuyu Gölü; Yayla (Süleymaniye) Gölü, Işıklı Göl, Bafa Gölü‟dür.

Büyük Menderes Havza Master Plan çalışmalarında DSİ havzayı 9 alt havza olarak çalışmıştır. Bu alt havzalar aşağıda Tablo 4.7'de yer almaktadır (DSİ, 2018).

Tablo 4.7 Büyük Menderes Havzası'nın alt havzaları

1-Kufi	4- Çürüksu	7- Akçay
2- Banaz	5- Dandalaz	8- Çine
3- Buldan Buharkent	6- Nazilli	9- Söke

Büyük Menderes Havzası, tarımsal potansiyel açısından önde alanlara sahiptir. Havza Denizli il sınırlarından Ege Denizi kıyılarına kadar uzayan büyük ovaları içerisine almaktadır. Bu alanlarda; zeytin, silaj, pamuk, dane mısır sebze ve meyve türleri gibi birçok ürün üretilir. Bu bakımdan havzada çok çeşitli ürün deseni bulunmaktadır. Havzada zeytin, incir ve kestane yaygın olarak yetiştirilmektedir.

Büyük Menderes havza sınırları içerisinde depolama hacmi bakımından büyük barajlar bulunmaktadır. Bunların en önemlileri; Adıgüzel, Kemer, Örenler, Cindere ve Çine barajlarıdır. Bu barajların toplamda sulama suyu sağladığı alan yaklaşık 360134 ha'dır.

Örenler Barajı, Afyonkarahisar ilinin Sandıklı ilçesindeki Karadirek Çayı üzerine inşa edilmiştir. Sulama suyu temini amacıyla yapılan barajın yağış alanı 206,8 km^2'dir. Baraj, 3474 ha alan sulamaktadır.

Adıgüzel Barajı, Denizli ili Güney ilçesi Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunmaktadır. Sulama suyu temini, enerji üretimi ve taşkın kontrolü maksatlı inşa edilip 1900 yılında işletmeye açılmıştır. Barajın beslenim alanı 9006 km^2'dir. Kemer Barajı, Aydın ili Bozdoğan ilçesinin doğusunda Büyük Menderes Nehri'nin yan kolu olan Akçay deresi üzerindedir. Baraj 1958 yılında sulama suyu temini, enerji üretimi ve taşkın kontrolü amaçlı işletmeye başlanmıştır. Barajın yağış alanı 3100 km^2'dir. Cindere Barajı da Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunmakta olup 9350,2 km^2'lik yağış alanına sahiptir. Baraj sulama suyu temini, enerji üretimi ve taşkın kontrolü amacıyla yapılmıştır. Aydın iline su sağlamaktadır. Bu üç baraj ortak sulama sahalarına sahip olup bunlar; Söke, Nazilli Feslek, Akçay, Pamukkale, Sarayköy ve Bozdoğan kısım sulamalarıdır.

Büyük Menderes Havzasında bulunan ve tez kapsamında kuraklık analizi yapılan barajların, göletlerin ve bu baraj ve göletlere ait sulama alanlarının listeleri Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'de yer almaktadır.

Tablo 4.8 Çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda bulunan göletler/barajlar listesi

Adıgüzel Barajı	Gürpınar Göleti	Kurucaova Göleti
Ahat Göleti	Halaçlar Göleti	Küçükler Barajı
Ahmetler Göleti	Hamzabali Göleti	Mesudiye Altıntaş Göleti
Akbaş Barajı	İbrahimkavağı Göleti	Nuh Göleti
Akçaova Göleti	İkizdere Barajı	Nuh Taşoluk Ortak Göleti
Akkeçili Göleti	İsabeyli Göleti	Örenkaya Göleti
Aktaş Göleti	Kahvederesi Göleti	Örenler Barajı
Aşağıkaracahisar Gölet	Kızılcasöğüt Göleti	Pınarlı Göleti
Ataköy Göleti	Karaboyalık Göleti	Sarpderesi Göleti
Bayır Barajı	Karacahayıt Göleti	Sazak Göleti
Bayıralan Göleti	Karacaören Göleti	Seki Göleti
Bekteş Göleti	Karacasu Barajı	Serban Göleti
Boğaziçi Göleti	Kargın Göleti	Sultanhisar Göleti
Bozyer Göleti	Katrancı Göleti	Şehit Göksel Koç Göleti
Bövet Göleti	Kazan Göleti	Şehit Yavuz Öztürk Bj
Çağlayan Göleti	Kemer Barajı	Şenköy Göleti
Çamrak Göleti	Kestel(Kızılca) Barajı	Tavas Göleti
Çatak Göleti	Kışla Göleti	Topçam Barajı
Çayüstü Göleti	Kızık Göleti	Vali Recep Yazıoğlu Bj
Çepni Göleti	Kızılca Göleti	Yahşiler Göleti
Çevre Göleti	Karaahmetli Göleti	Yayalar Göleti
Dutağaç Göleti	Kızıldere Göleti	Yaylakavak Barajı
Düzkışla Göleti	Kızılören Göleti	Yenidere Barajı
Gedikler Derbent Göleti	Koçgazi Göleti	Yeşilçat Göleti
Gökçeburun Göleti	Koyunlar Göleti	Yeşilkavak Göleti
Gökpınar Göleti	Kozağaç Göleti	Yıprak Göleti
Güllübağ Göleti	Kozlar Göleti	Yunus Emre Göleti
Güneyköy Göleti	Kozviran Göleti	

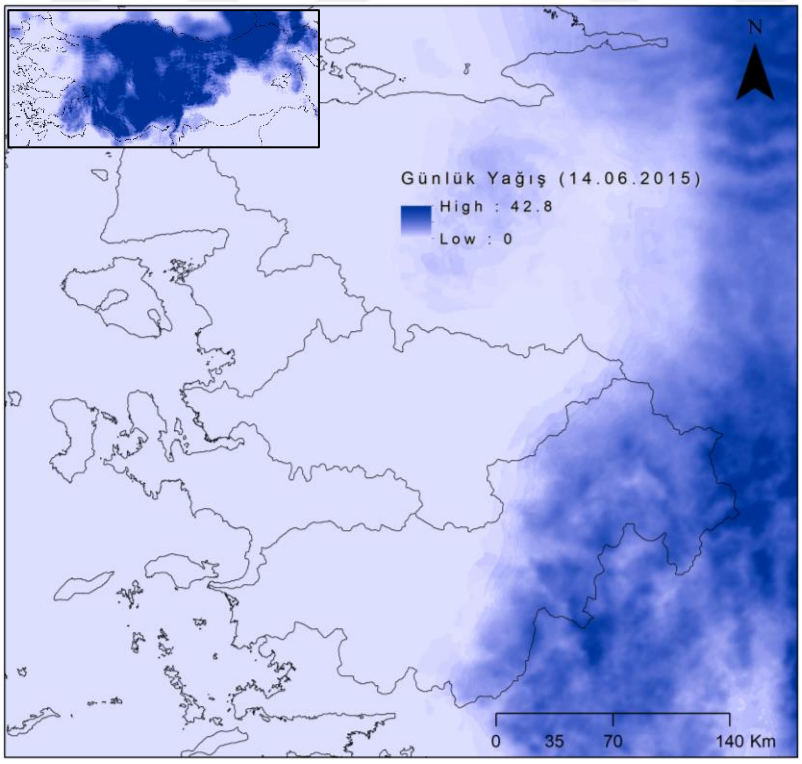
Tablo 4.9 Çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda bulanan sulama sahalarının listesi

Bövet Gölet Sulaması	Gürpınar Göleti Sulaması	Kurucaova Göleti Sulaması
Kozağaç Gölet Sulaması 3	Hamzabali Gölet Sulaması	Menteşe Göktepe Sulaması
Örenler Baraj Sulaması	Hıdırbeyli Sulaması	Muğla Bayırköy Sulaması
Ahat Gölet Sulaması	İbrahimkavağı Göleti S.	Mursallı Pompaj Sulaması
Akçaova Sulaması	İsabeyli Gölet Sulaması	Nuh Gölet Sulaması
Akçay Sulaması	Kahvederesi Göleti Sulaması	Nuh Taşoluk Ortak Göleti S.
Aktaş Göleti Sulaması	Kahvederesi-2 Gölet Sulaması	Örenkaya Göleti Sulaması
Ataköy Gölet Sulaması	Karacahayıt Gölet Sulaması	Pınarlı Gölet Sulaması
Aydın Ovası Sulaması	Karacaören Göleti S.	Sarayköy Sulaması
Aydın Ovası Sulaması	Karakuyu Depo Sulaması	Sarpderesi Gölet Sulaması
Aydın Yenipazar Damla S.	Kargın Göleti Sulaması 1	Sazak Gölet Sulaması
Baklan Boğaziçi Gölet S.	Kargın Göleti Sulaması 2	Seki Gölet Sulaması
Bayır Baraj Sulaması	Karpuzlu Ovası Sulaması	Serban Göleti Sulaması
Bayıralan Göleti Sulaması	Katrancı Gölet Sulaması 1	Sultanhisar Gölet Sulaması
Bekteş Göleti Sulaması	Katrancı Gölet Sulaması 2	Sultanhisar Göleti Mevcut S.
Bozdoğan 1. Kısım Sol Sahil S	Kazan Gölet Sulaması	Şehit Göksel Koç Gölet S.
Bozyer Gölet Sulaması	Kestel(Kızılca) Barajı S.	Şehit Yavuz Öztürk Barajı S.
Çağlayan Göleti Sulaması	Kestel(Kızılca)Baraj Sulaması	Şenköy Gölet Sulaması
Çambeyli Regülatör Sulaması	Kızık Gölet Sulaması	Taşoluk Gölet Sulaması
Çamrak Barajı Sulaması	Kızılca Gölet Sulaması	Topçam Barajı Sulaması
Çatak Göleti Sulaması	Kızıldere Göleti Sulaması	Yahşiler Gölet Sulaması
Çayüstü Göleti Sulaması	Kızılören Göleti Sulaması	Yayalar Gölet Sulaması
Çepni Gölet Sulaması	Koçgazi Göleti Sulaması	Yenice Ovası Sulaması
Denizli Honaz Ovası Sulaması 2	Koyunlar Gölet Sulaması	Yenipazar Damla Sulaması 2.
Denizli Karakran Kabaağaç S.	Kozağaç Gölet Sulaması 1	Yeşilçat Göleti Sulaması
Denizli Tavas Ovası Sulaması	Kozağaç Gölet Sulaması 2	Yeşilkavak Gölet Sulaması 1
enizli Yenidere Barajı Mansap	Kozağaç Gölet Sulaması 4	Yeşilkavak Gölet Sulaması 2
Dutağaç Göleti Sulaması	Kozlar Gölet Sulaması	Yıprak Göleti Sulaması
Gökçeburun Göleti Sulaması	Kozviran Gölet Sulaması	Yunus Emre Göleti Sulaması
Gökpınar Göleti Sulaması		

BÖLÜM BEŞ

VERİLER VE ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Sunulan tez çalışması kapsamında tarımsal kuraklık analizlerinin gerçekleştirilmesi için ele alınan temel gösterge olan SPI indisinin hesaplanmasında temel veri seti olarak 2003-2015 dönemi yağış verilerinden yararlanılmıştır. Mekânsal olarak SPI indisinin hesaplanabilmesi için mekânsal yayılı kapsamı bulunan bir veri seti gerekli olduğundan (noktasal verilerden alansal enterpolasyon ile veri türetilmesi yerine), EarthEnv projesi küresel uzaktan algılama destekli yağış verileri kullanılmıştır. Söz konusu veriler, ERA5 yağış arşivi ve MODIS aylık bulutluluk verilerine dayalı olarak orografik tahminleyiciler üzerinden düşük çözünürlüklü yağış gridi verilerinin 1 km ölçeğine indirgenmesi ile elde edilmiş yüksek çözünürlüklü verilerdir (Zimmermann v.d., 2022; Dirk v.d., 2021; Karger v.d., 2021a; Karger v.d., 2021b; Karger v.d., 2020). Çalışma kapsamına dahil edilen coğrafi bölge sınırları içerisinde ilgili veri setleri derlenerek kuraklık indislerinin hesap aşamasına hazır hale getirilmiştir.



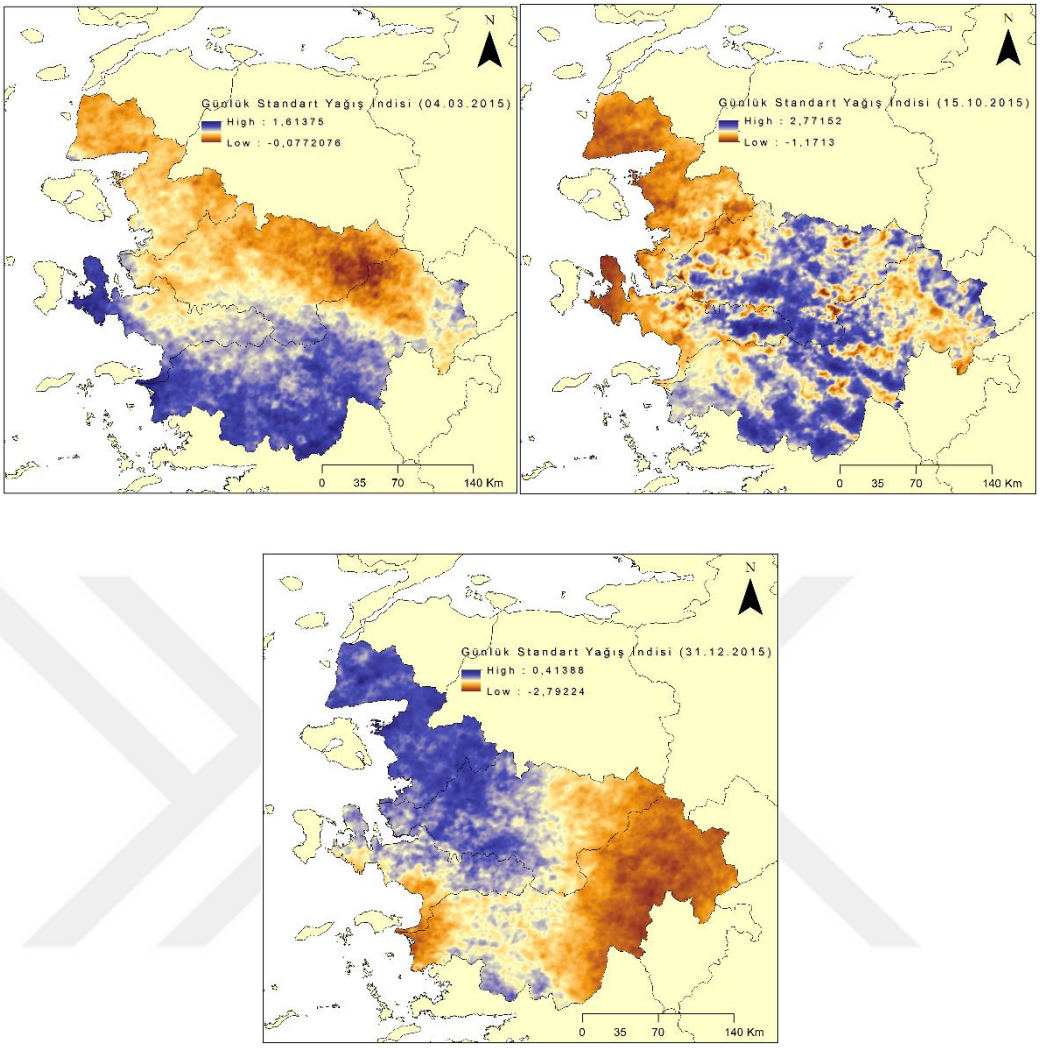
Şekil 5.1. Çalışma havzaları genelinde 14.06.2015 günlük yağış dağılımı

SPI indisi hem mekânsal olarak 1 km gibi temsili olarak yüksek çözünürlükte, hem de veri setinin günlük olması nedeniyle zamansal çözünürlük açısından günlük hesaplamalara imkan verecek şekilde elde edilebileceğinden, bu amaca hizmet edecek özel program paketlerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda günlük zaman aralığında ve alana yayılı yağış verilerinden yine yayılı sonuçlar üretebilmek için Python dilinde geliştirilmiş olan ve GitHub üzerinden paylaşılan özel bir algoritma kullanılmıştır (Şekil 5.2). UNIX işletim sistemi üzerinde özel program derleyicilerinin kullanımıyla çalıştırılabilen bu algoritma için yağış verileri Netcdf formatlı veriler şeklinde zaman serileri şeklinde düzenlenmiş ve uygun veri seti dönüşümleri gerçekleştirilmiştir. Farklı araştırmaları destekleyecek ortak bir çalışma kapsamında derlenen bu verilerden üretilen SPI indis çıktıları (Kuzucu v.d., 2023), bu tez çalışması kapsamına dahil edilerek, gerekli coğrafi analizler ve tablo işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.3'de ilgili algoritma sonucu elde edilen indis hesap çıktılarının tez çalışma kapsamına uyarlanmış bazı görünümleri sunulmaktadır.

```
ali@aligul-ubuntu:/media/sf_Desktop/Ali$ ncdump -h prec_2003-2015_p7_spi_gamma_90.nc
netcdf prec_2003-2015_p7_spi_gamma_90 {
dimensions:
        lat = 241 ;
        lon = 250 ;
        time = 4748 ;
variables:
        float lat(lat) ;
                lat:_FillValue = NaNf ;
                lat:units = "degrees_north" ;
                lat:standard_name = "latitude" ;
        float lon(lon) ;
                lon:_FillValue = NaNf ;
                lon:units = "degrees_east" ;
                lon:standard_name = "longitude" ;
        int time(time) ;
                time:standard_name = "Time" ;
                time:calender = "georgian" ;
                time:units = "days since 1858-11-17" ;
                time:calendar = "proleptic_gregorian" ;
        double spi_gamma_90(lat, lon, time) ;
                spi_gamma_90:_FillValue = NaN ;
                spi_gamma_90:long_name = "Standardized Precipitation Index (Gamma distribution), 90-day" ;
                spi_gamma_90:valid_min = -3.09 ;
                spi_gamma_90:valid_max = 3.09 ;

// global attributes:
                :Conventions = "CF-1.6" ;
}
```

Şekil 5.2. Python yazılım ortamı ekran görüntüsü

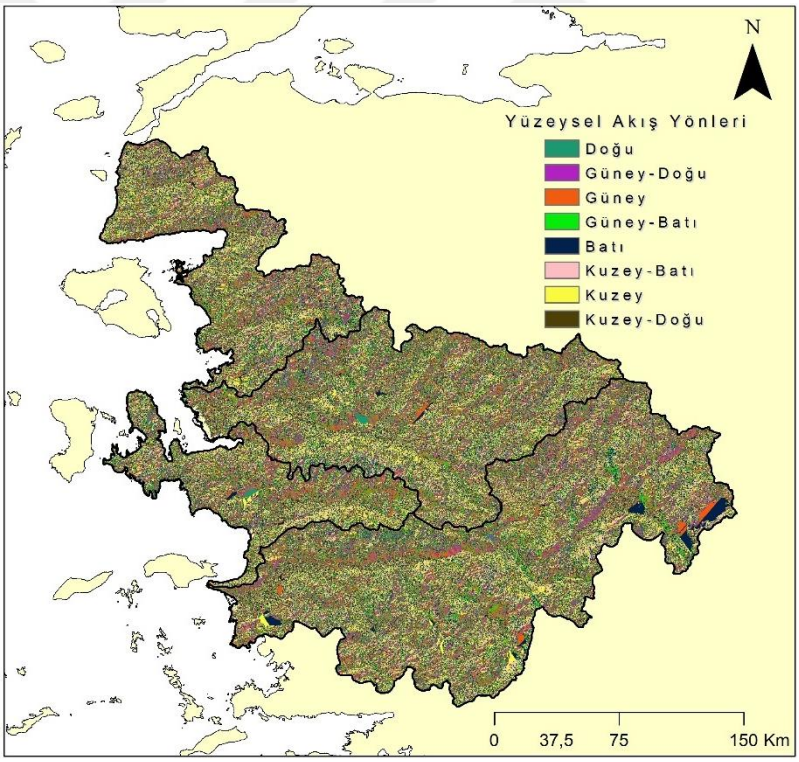


Şekil 5.3. (a) 04.03.2015, (b) 15.10.2015 ve (c) 31.12.2015 tarihlerine ait SPI indisi dağılım haritaları

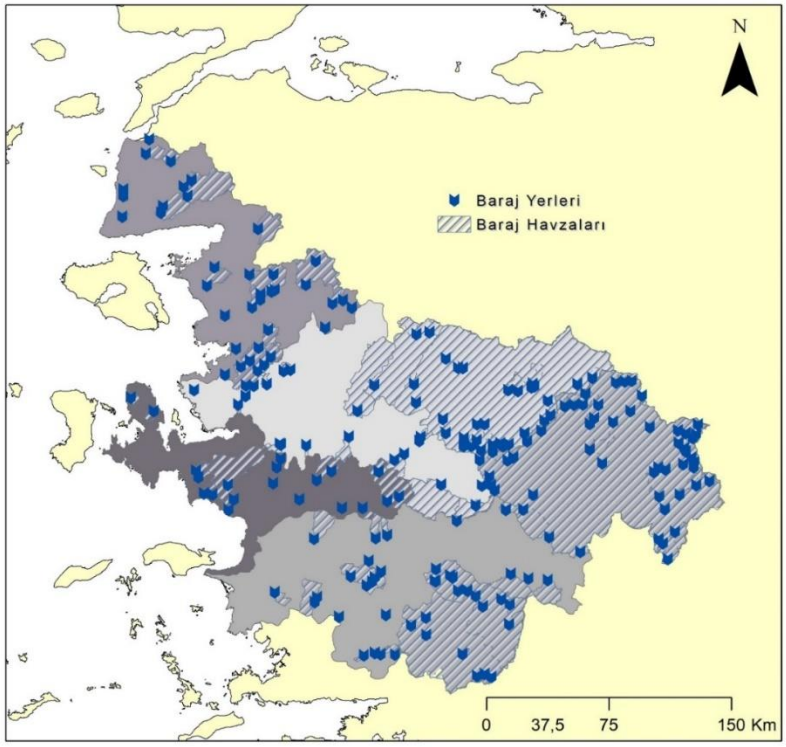
Python algoritması üzerinden günlük olarak ve yine 1 km mekânsal çözünürlüklü olarak üretilen kuraklık indisi çıktıları, Netcdf formatlı dosyalar şeklinde elde edilmiştir. Bu verilerden, tez çalışması amaçlarına uygun olarak hem seçili sulama bölgeleri bazında hem de bu sulamalara hizmet eden sulama barajlarının su toplama havzaları kapsamında kuraklık değerlendirmeleri gerekli olduğundan, öncelikle bu alanlar Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinde ön hazırlık amaçlı olarak düzenlenmiştir. Bu yönde ilk olarak, tez çalışma kapsamına dahil 256 adet tarımsal sulama alanının temsili için ilgili alanlara ait poligon veri katmanları düzenlemiştir. Sulama alanlarının kuraklık görünümlerinin temsili amacıyla sulama poligon alanları etrafında, mekânsal veri çözünürlüğü ile de uyumlu olacak şekilde, 1 km'lik bir

tampon genişleme alanı esas alınmış ve bu geniş alanlara ait kuraklık indis alan ortalamaları elde edilmek istenmiştir.

Çalışmanın kuraklık analizinin diğer bileşeni de sulama barajlarına ait durum belirlemeleri olduğundan, sulama barajlarına ait gölet biriktirme alanları yine CBS ortamında düzenlenerek, bölgeleri temsil eden sayısal yükselti modellerinden baraj su toplama havzaları belirlenmiştir. Bu noktada Sayısal Yükselti Modeli (SYM) olarak Avrupa Birliği Copernicus DEM yükselti veri seti kullanılmış ve ArcGIS CBS yazılımı ortamında her bir gölet alanının havza sisteminde çıkış noktası olarak tanımlanmasıyla barajlara ait su toplama alanları oluşturulmuştur. Bu işlemin ara işlem adımına ait havza akış yönleri haritası Şekil 5.4'de, havza sınırı belirleme işlemine ait baraj yerleri ve su toplama alanları eşleştirmesine ilişkin harita görünümü de Şekil 5.5'de sunulmaktadır.



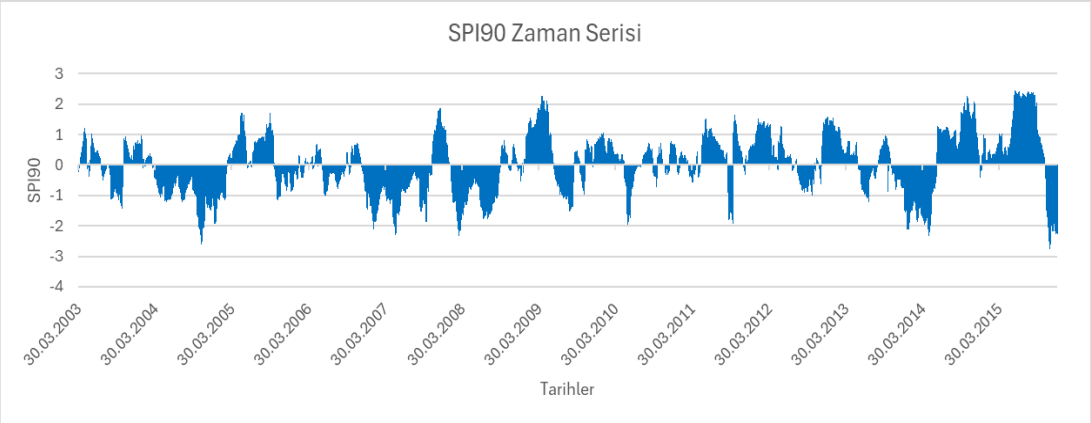
Şekil 5.4. Akış yönleri haritası



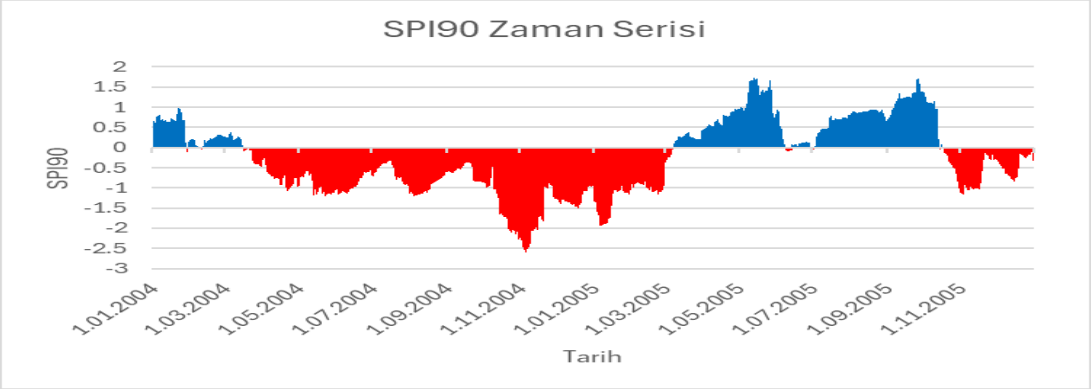
Şekil 5.5. Baraj yerleri ve baraj havzalarının görünümü

Kuraklık indisleri üzerinden sulama alanları ve bu alanları besleyen baraj su toplama havzalarına ilişkin gerçekleştirilecek değerlendirmeler için, Python çıktısı olarak Netcdf formatlı ve coğrafi yayılı günlük zaman serilerini içeren dosya kullanılarak, öncelikle her bir sulama alanı poligonu için günlük alansal ortalama SPI değerleri hesaplanarak ayrı bir zaman serisi olarak MS-Excel yazılımında işlenir bir dosya formatına aktarılmıştır. Alansal ortalama hesaplama işlemi yine ArcGIS CBS yazılımı üzerinde "zonal average" fonksiyonu özel geliştirilen bir kod yardımıyla yığın işlem kümesi içerisinde kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Benzer işlem, baraj su toplama alanlarını temsil eden poligonlar için de gerçekleştirilerek 2003-2015 dönemi içerisindeki her takvim günü için baraj su toplama alanı ortalamaları elde edilerek uygun dosya dönüşümü sağlanmıştır. Şekil 5.6.(a)'da tez çalışması kapsamındaki sulama alanlarından olan örnek bir alana ait 2003-2015 dönemi SPI kuraklık indisi zaman serisi, 5.6.(b) de ise yine bu dönemden ayırt edilen iki yıla ait kuraklık indisi gidişi detay görünümleri verilmektedir.

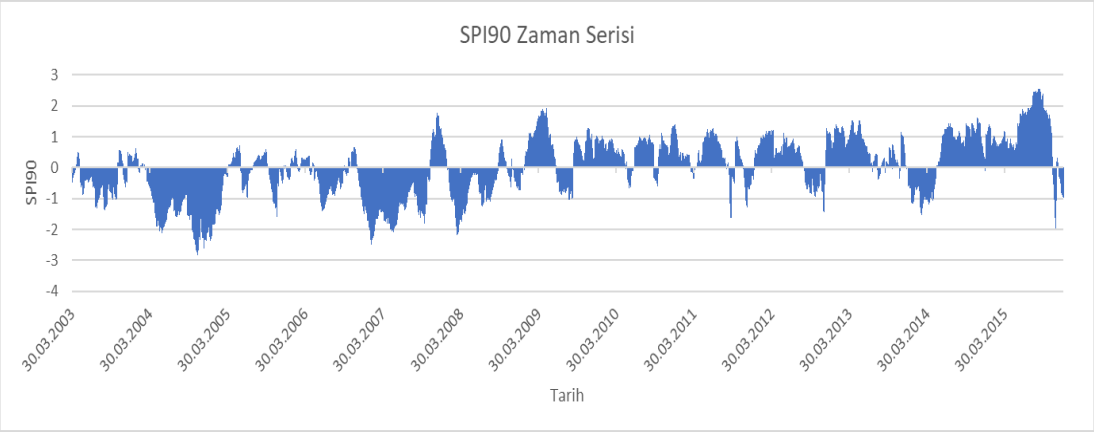


Şekil 5.6. (a) Bir sulama alanına ait tüm zamanları kapsayan (2003-2015 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi

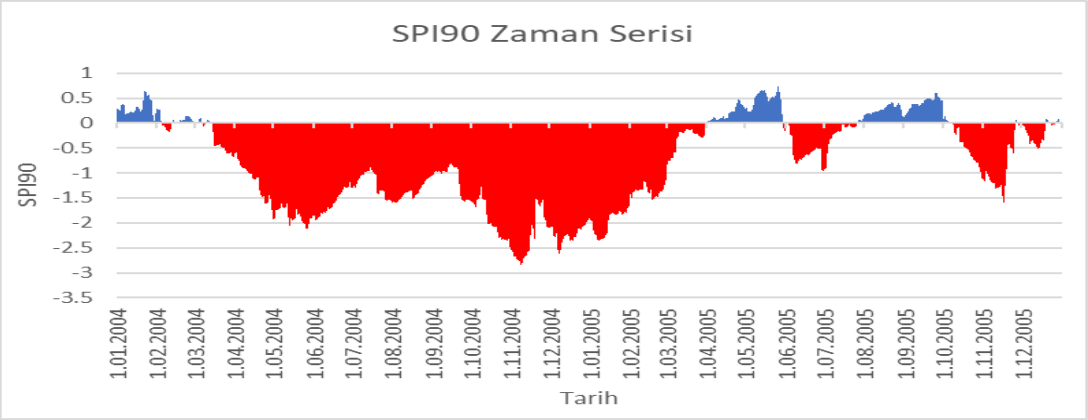


Şekil 5.6. (b) Bir sulama alanına ait iki yılı kapsayan (2004-2006 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi

Benzer alansal ortalama işlemleri üzerinden elde edilen baraj su toplama alanlarına ait günlük ortalama kuraklık indisi gidiş grafikleri de, tüm dönem grafiği ve detay görseli grafiği şeklinde Şekil 5.7 (a) ve (b)'de sırasıyla sunulmaktadır.



Şekil 5.7. (a) Bir baraj drenaj alanına ait tüm zamanları kapsayan (2003-2015 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi



Şekil 5.7. (b) Bir baraj drenaj alanına ait iki yılı kapsayan (2004-2006 dönemi) SPI kuraklık indisi zaman serisi

MS-Excel ortamında incelenen sulama alanı ve baraj havza alanı günlük ortalama SPI indis değerlerinden negatif SPI değerleri ayırt edilmiş; kesintisiz negatif kuraklık indisi değerine sahip ardışık günler belirlenmiş; bu ardışık günlere ait tüm negatif SPI değerlerinin toplamları ve ardışık kesintisiz toplam gün sayıları yine Excel ortamında fonksiyonlar yardımıyla hesaplanmıştır. Bu şekilde elde edilen negatif SPI toplamları, ilgili yıl içi zamanlarda izlenmiş olan kurak dönemlere işaret etmekte olduğundan toplam negatif SPI değerleri de ilgili her döneme ait kuraklık şiddetlerini göstermektedir. Günler toplamları da benzer mantıkla söz konusu şiddetlere sahip kurak dönemlerin toplam uzunluklarını vermektedir. Şekil 5.6 (b) ve 5.7 (b)'de kırmızı renkli negatif SPI işaretlemeleri bu yaklaşımı göstermektedir.

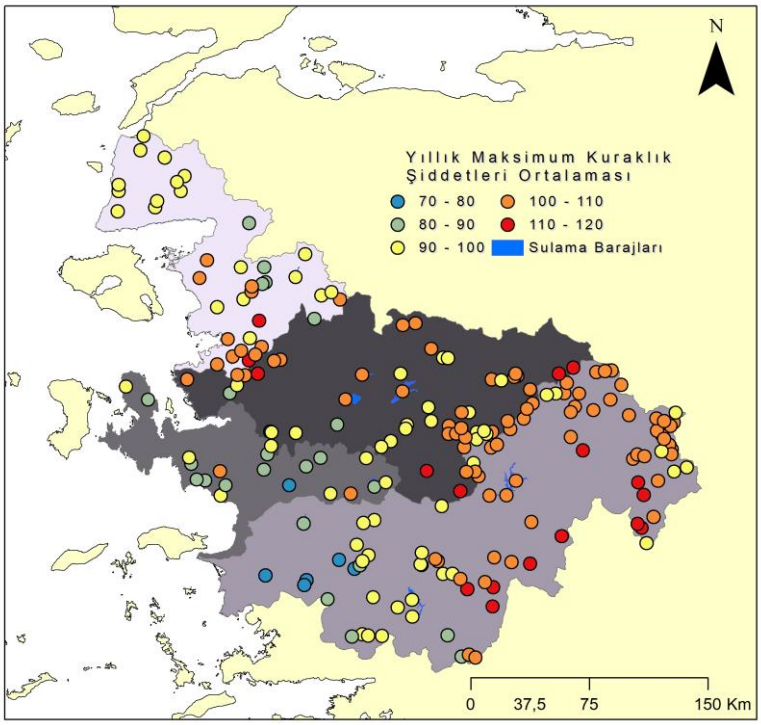
Sonraki aşamada, ardışık kurak günlerden oluşan kurak dönemler ve bu dönemlere ait kuraklık şiddetleri, her yıl bazında ayrı ayrı yine Excel ortamında incelenerek, yıllık maksimum kuraklık şiddetleri ve bu şiddetleri gösteren dönemlere ait dönem uzunlukları ayrı tablolar şeklinde düzenlenmiştir. Söz konusu bu işlem adımı sulama alanlarının her biri ve sulama alanlarını besleyen baraj havzalarının her biri için tekrarlanmıştır.

BÖLÜM ALTI

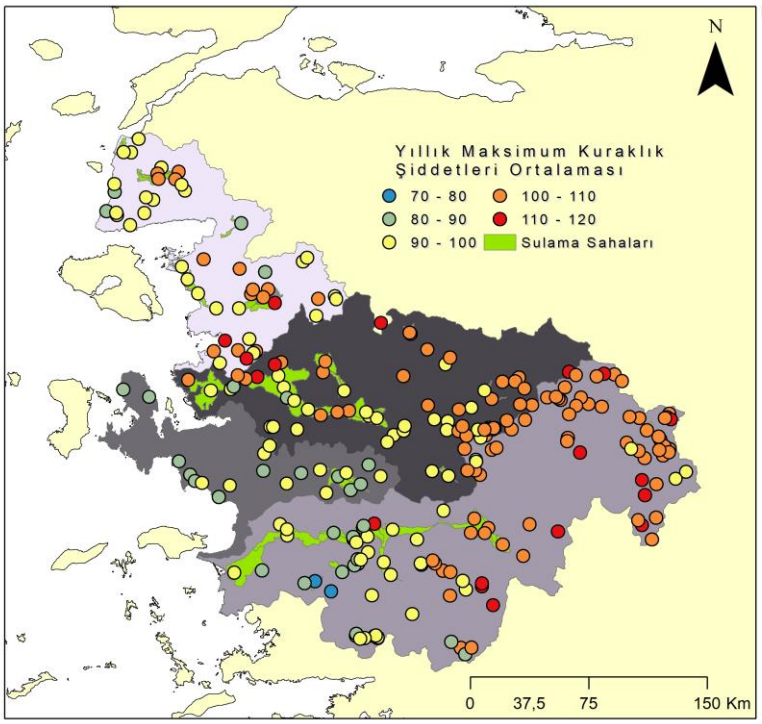
SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME

Tez çalışması kapsamında pilot çalışma havzalarında yer alan sulama bölgeleri ile birlikte bu bölgelere su temini sağlayan sulama barajlarının su toplama havzaları için hesaplanan günlük SPI kuraklık indisi bölge ortalama değerlerinin 2003-2015 dönemi süresindeki gidişlerinden her yıl için yıllık maksimum kuraklık şiddetleri hesaplandığında, tüm inceleme dönemine ait yıllık maksimum kuraklık şiddetleri ortalama görünümlerinin havzalar bazında farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu noktada en belirgin görünüm Büyük Menderes havzası özelinde ayırt edilmiş olup, havzadaki sulama barajlarının beslenme alanlarına ait dönemsel kuraklık sinyallerinin havzanın memba ve mansap kesimleri arasında temel olarak farklılaştığı yorumu getirilebilmektedir. Zira havzada nispeten yüksek kuraklık şiddetlerinin havzanın orta kısımlarından hidrolojik olarak yukarılarda kalan memba kesimlerinde izlenmiş olduğu, burada da havzanın yukarı güney kesimlerinde yine daha büyük kuraklık şiddetlerinin deneyimlenmiş olduğu söylenebilmektedir (Şekil 6.1). Büyük Menderes havzasının orta kesimlerinde ise kuzey güney aksı boyunca daha düşük kuraklık şiddetlerinin görüldüğü ve bu tedrici değişimin kıyı kesimlere yaklaştıkça Aydın il sınırları kapsamındaki sulama barajları için daha da azalan kuraklık şiddetlerine işaret ettiği harita çıktısı üzerinde görülebilmektedir. Diğer çalışma havzaları incelendiğinde ise, genelde daha düzensiz yıllık maksimum kuraklık görünümlerinin geçerli olduğu izlenmiş olsa da Gediz havzasında nispeten daha kritik kuraklık koşullarının izlendiği, bu havzadaki sulama alanları içerisinde de Demirköprü Barajı ve halihazırda kurak hale gelmiş olan Marmara Gölü özelinde kuraklık şiddetlerinin yüksek değerlerde seyretmiş olduğu açıkça görülebilmektedir.

Benzer durum genel itibariyle yukarıda bahsedilen sulama barajlarının hizmet ettiği Büyük Menderes havzası içerisindeki sulama alanları için de geçerli görünmektedir (Şekil 6.2). Kuraklık görünümlerine ilişkin olarak yıllık maksimum kuraklık şidddetlerinde yine havzanın daha yüksek kotlu memba kısımlarına doğru gidildikçe tedrici olarak artışlar görülmekte iken bu durum kıyı ver orta kesimlerde yer alan



Şekil 6.1. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti ortalamalarının mekansal görünümleri



Şekil 6.2. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti ortalamalarının mekansal görünümleri

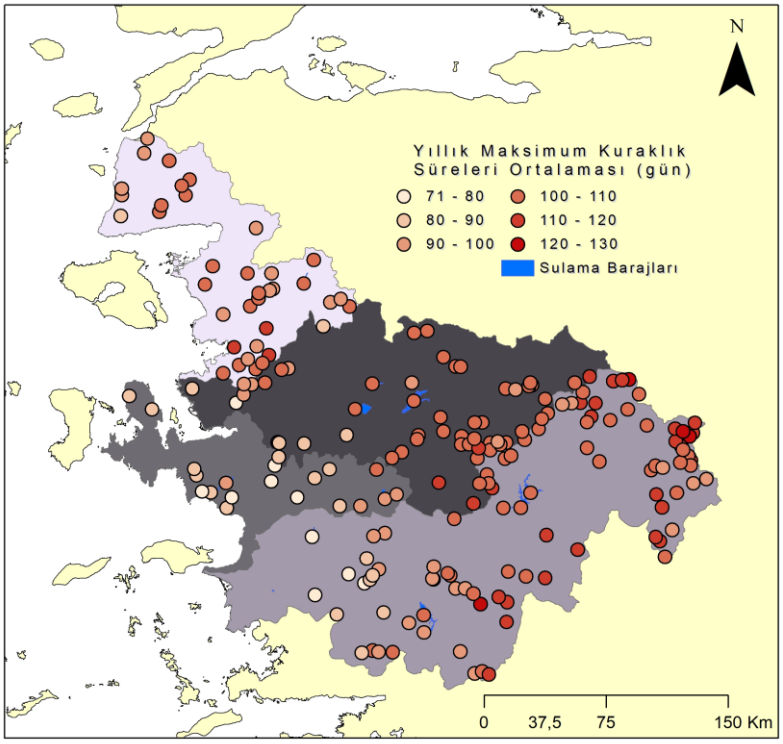
alındığında da incelenen havza sistemleri üzerinde ikincil öncelikli kuraklık şiddeti görünümlerinin Gediz havzasına ilişkin olduğu, buna karşılık daha kıyısal yağış desenlerine sahip Küçük Menderes havzasına ait sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklıkların tedrici olarak daha düşük değerlerle açıklanabileceği ifade edilebilmektedir.

Yıllık maksimum kuraklık şiddetleri türünden yapılan bu değerlendirmelere ek olarak, söz konusu bu yıllık maksimum kuraklık şiddetlerinin izlendiği süreler bazında da analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle yine sulama alanlarını besleyen sulama barajlarına ait su toplama havzalarındaki durumlar incelendiğinde, Büyük Menderes havzasının memba kesimlerindeki sulama barajları ile Gediz ve Kuzey Ege havzaları barajlarının su toplama havzalarında ortalama olarak 3-4 aylık sürelere yayılan maksimum kuraklık şiddetlerinin söz konusu olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.3).

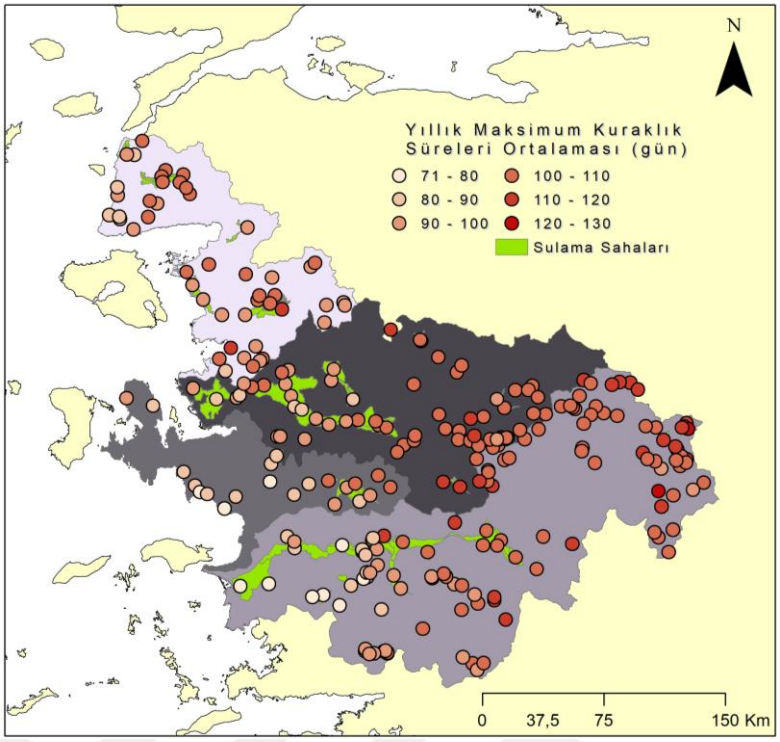
Benzer şekilde en şiddetli kurak dönem uzunlukları bu kez sulama alanlarının kendi coğrafyaları için incelendiğinde, 3-4 aylık dönem sürelerine varan yıllık maksimum kuraklıkların Gediz havzası ve Kuzey Ege havzasının geneli ile Büyük Menderes havzasının orta ve yukarı kesimlerinde yer alan sulama alanlarında izlenmiş olduğu, ancak bu en şiddetli kurak dönemlerin Büyük Menderes havzasının kıyı kesimleri ile Küçük Menderes havzasında daha kısa sürelerde geçerli olduğu söylenebilmektedir (Şekil 6.4).

Havzalardan 2003-2015 döneminde ortalama olarak izlenen yıllık maksimum kuraklıkların başlangıç zamanları da tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle sulama alanlarına su sağlayan barajların besleme alanlarındaki maksimum kuraklık görünümleri incelendiğinde, geç başlangıca sahip kuraklıkların daha ziyade kıyı bölgelerde yer alan, dolayısıyla memba kısımlara doğru daha büyük drenaj alanlarına sahip barajlar özelinde görüldüğü ve havza genelinde daha büyük alanlarda görülen yağış anomalilerinin bir sonucu olduğu söylenebilir. Havzaların orta kısımlarında inşa edilmiş olan sulama barajlarının beslendiği alanlarda ise gözlenmiş yağış özelliklerine bağlı olarak Nisan ve Mayıs

ayları ortaları civarında en şiddetli kuraklıkların ortalama başlangıç zamanları ile karşılaşıldığı söylenebilmektedir.



Şekil 6.3. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti sürelerinin mekansal dağılımı

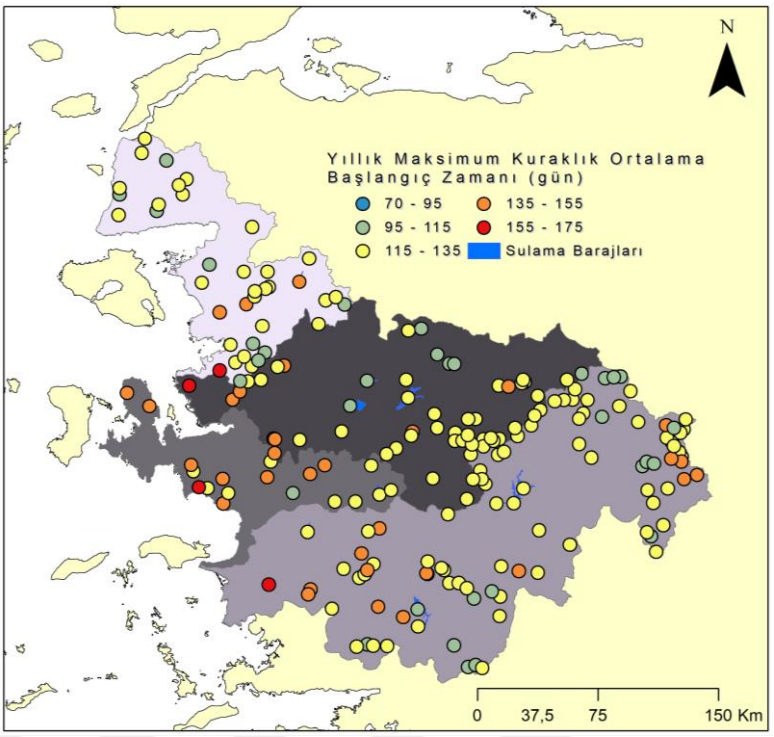


Şekil 6.4. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık şiddeti sürelerinin mekansal dağılımı

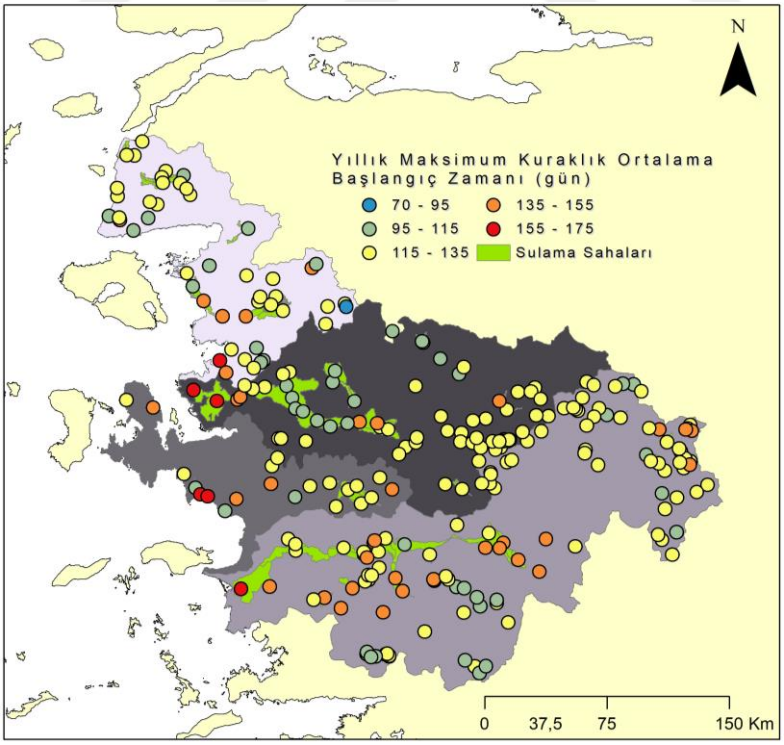
Bu durum özellikle Büyük Menderes ve Gediz havzaları gibi büyük nehir sistemleri özelinde daha belirgin izlenebilmekle birlikte daha küçük sistemlerden beslenen Kuzey Ege ve Küçük Menderes havzası içerisindeki sulama barajları için ise o derece net görünümlere sahip olmamaktadır. (Şekil 6.5). Sulama barajları üzerinde izlenen bu kurak dönem başlangıç zamanı karakteristikleri, bu barajlardan sulanan sulama alanlarının kendileriyle de bir uyum göstermektedir (Şekil 6.6).

Meteorolojik kuraklık değerlendirmelerinde kuraklık şiddeti ve kuraklığın süresi kadar diğer önemli bir karakteristik de (magnitude) kuraklık büyüklüğüdür. Kurak dönem süresi boyunca izlenen SPI kuraklık indisi değerlerinin toplamının kurak dönem süresine bölünmesiyle elde edilen (dolayısıyla bir anlamda ortalama kuraklık şiddeti olarak da ifade edilebilen) kuraklık büyüklükleri de sunulan tez çalışmasında yine hem sulama bölgeleri hem de bu bölgelere sulama suyunun temin edildiği sulama barajlarının beslendiği drenaj alanları ölçeğinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sulama barajları özelinde söz konusu kuraklık büyüklüklerinin Şekil 6.7'de gösterilen dağılımları incelendiğinde Büyük Menderes havzasında iç memba

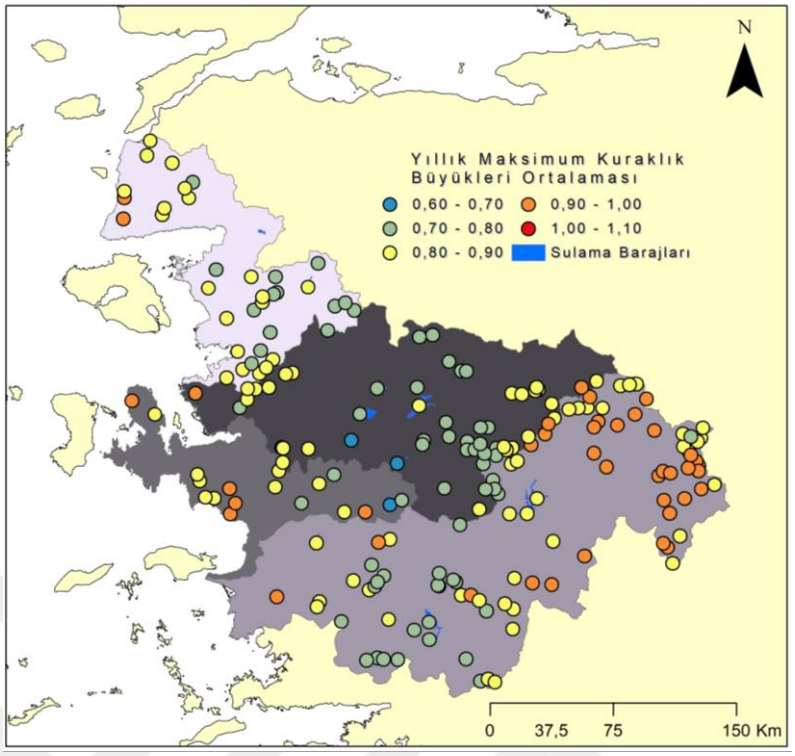
bölgeler, orta kesimler ve kıyısal etkiler altındaki bölgeler arasında izlenen tedrici değişimlerin yine söz konusu olduğu ve özellikle üst kesimlerde nispeten yüksek kuraklık büyüklüklerinin 2003-2015 periyodunda izlenmiş olduğu söylenebilmektedir. Gediz Havzası örneğinde ise havzanın geniş kesimlerini temsil eden sulama barajları açısından daha orta seviyede kuraklık büyüklüklerinin söz konusu olduğu, havzanın üst kısımları ile Kuzey Ege Havzasına komşu havza alt bölümlerinde biraz daha yüksek büyüklüklerin izlenmiş olduğu görülebilmektedir. Küçük Menderes Havzasında ise özellikle İzmir kentinin temel yüzeysel su kaynaklarından olan Tahtalı Havzası civarında yer alan sulama barajlarında havza geneline kıyasla daha büyük kuraklığa sahip dönemler deneyimlenmiştir. Kuzey Ege Havzasında da Biga Yarımadasında yer alan sulama barajlarında özellikle daha yüksek kuraklık büyüklükleri ilgili dönemde izlenir olmuştur. Sulama barajları özelinde havza örneklerinde ortaya koyulan bu belirlemeler, bu barajlarca beslenen sulama alanları ile de kuraklık büyüklüklerinin dağılımları bakımından büyük benzerlikler göstermektedir (Şekil 6.8).



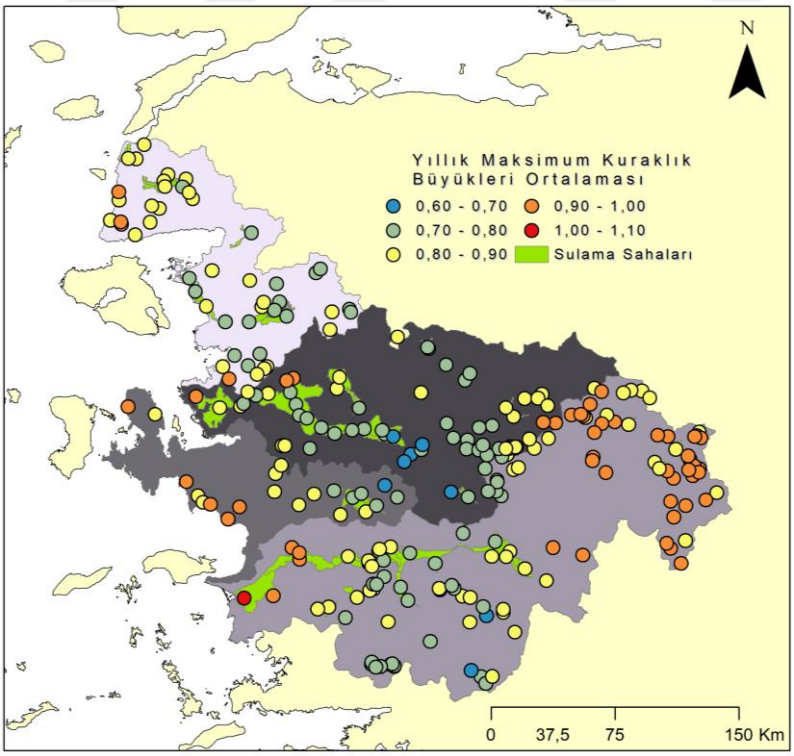
Şekil 6.5. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum şiddetli kuraklıkların ortalama başlangıç zamanlarının havzalarda dağılımı



Şekil 6.6. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum şiddetli kuraklıkların ortalama başlangıç zamanlarının havzalarda dağılımı

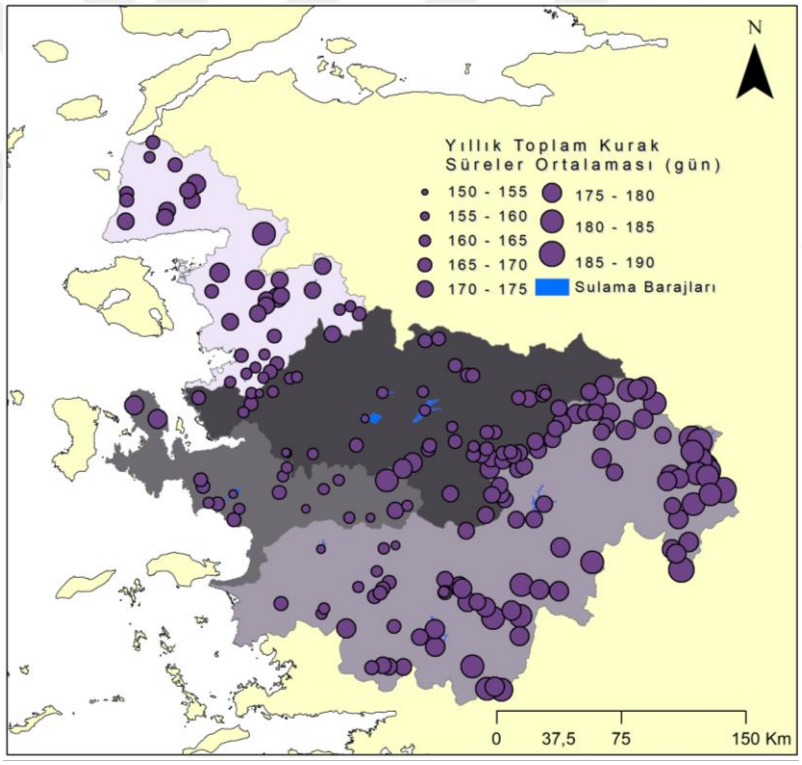


Şekil 6.7. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık büyüklüklerinin dağılımı



Şekil 6.8. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık maksimum kuraklık büyüklüklerinin dağılımı

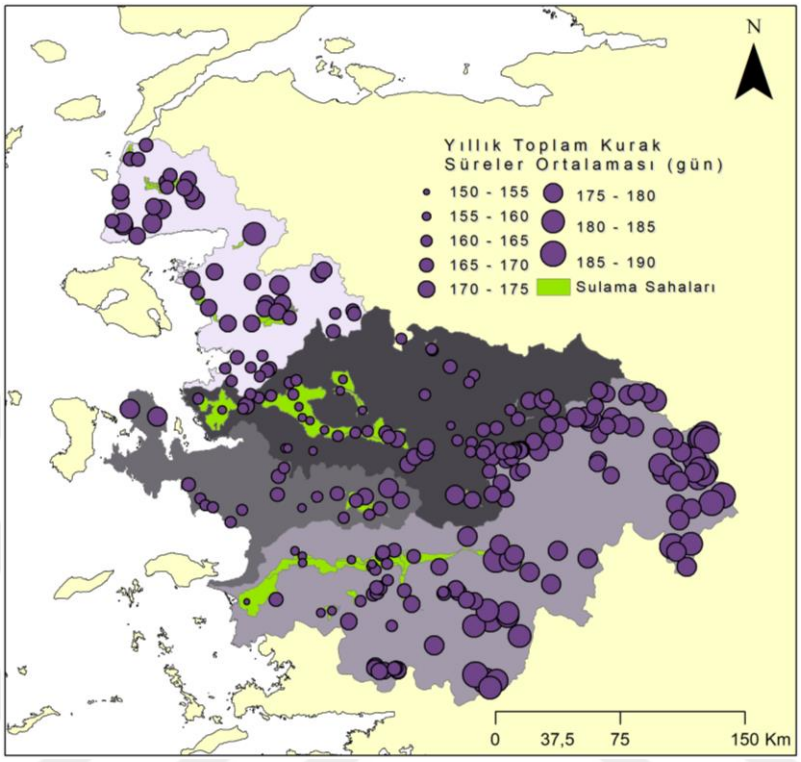
Sunulan tez çalışması kapsamında sadece 2003-2015 döneminde izlenen yıllık maksimum şiddetlere sahip kuraklık olayları dikkate alınmamış olup, ilgili dönemde izlenen farklı şiddetlerdeki tüm kurak süreler de ayrıca incelenmiştir. Sulama alanlarını besleyen barajlar açısından yıl içerisinde izlenen farklı büyüklüklü tüm kurak süreler göz önüne alındığında, Büyük Menderes Havza sistemine ait sulama barajlarından özellikle havzanın memba kesimlerinde ve orta kesimlerinde yer alan barajların yıl boyu kurak süreler açısından daha kritik koşullar gösterdiği, Gediz Havzasındaki barajların daha ziyade havzanın güney kesimlerinde yer alanları açısından yıl boyu ortalama daha uzun kurak sürelerin izlendiği, Kuzey Ege Havazsı genelinde kurak dönemlerim önem arz ettiği, Küçük Menderes Havzasında ise Karaburun Yarımadasında yer alan sulama barajlarının havza geneline kıyasla daha uzun kurak dönemlerle eşleştiği söylenebilmektedir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait ortalama yıllık toplam kuraklık sürelerin havzalarda dağılımı

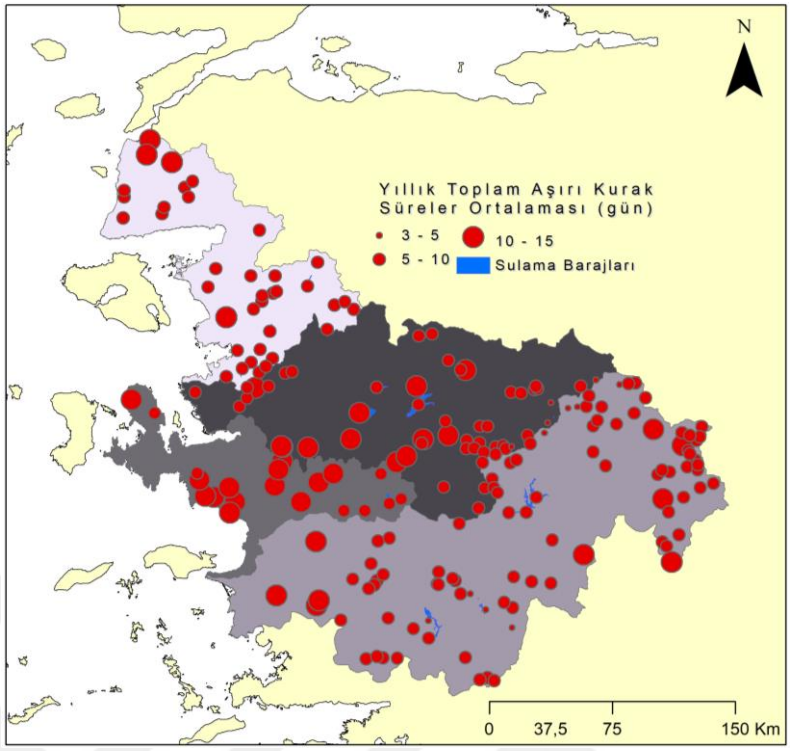
İlgili yıllarda izlenmiş tüm kurak günlerden oluşan yıl içi tüm kurak süre uzunlukları sulama alanları özelinde incelenip ortalama değerler şeklinde hesaplandığında, özellikle Büyük Menderes Havzasının yüksek ve orta kesimlerinde

yer alan sulama sahalarının tüm dönem kuraklık karakteristikleri bakımından daha öne çıktığı belirlemesi yapılabilmektedir (Şekil 6.10).

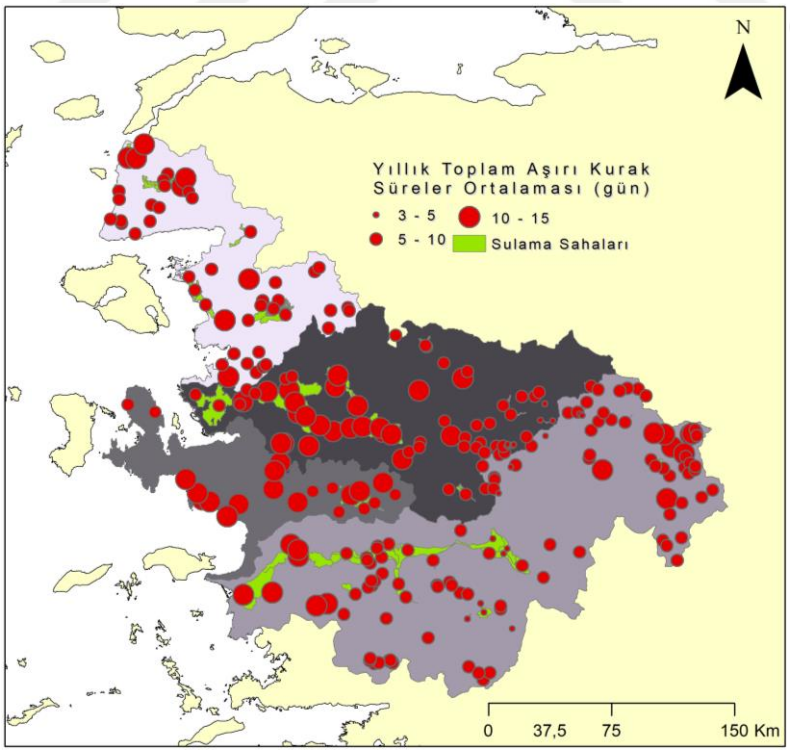


Şekil 6.10. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait ortalama yıllık toplam kuraklık sürelerin havzalarda dağılımı

Sulama barajları beslenme alanları ve sulama sahalarının kendi coğrafyalarında yıl boyu izlenmiş olan tüm kurak dönemler, kuraklık şiddetleri açısından farklı farklı da incelenmiş olup özellikle kuraklık şiddetleri skalasında aşırı şiddetli, şiddetli ve orta şiddetli kurak dönemler şeklinde nitelenen kurak dönem süreleri de yukarıdaki yıllık ortalamalar türünden ifade edildiğinde, incelenen havza sistemleri arasında belirgin özellikler ayırt edilebilmiştir (Şekil 6.11). Sulama barajları açısından bu defa Küçük Menderes Havzası, Gediz Havzasının orta kısımları ve Kuzey Ege Havzasının kuzey kesimleri öne çıkmıştır. Benzer durumların, sulama alanları üzerinde de izlenebilir olduğu ve özellikle Gediz Havzasının verimli ovalarına ait tarımsal sulamalar açısından bu aşırı kuraklık etkilenmelerinin daha önemli olduğu söylenebilmektedir (Şekil 6.12).



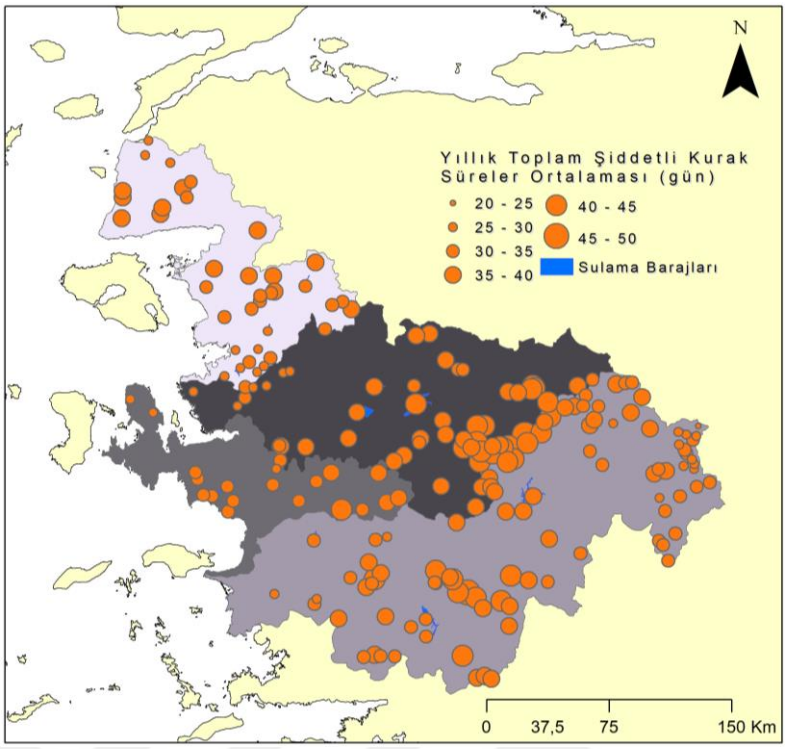
Şekil 6.11. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık toplam aşırı kurak sürelerin havzalarda dağılımı



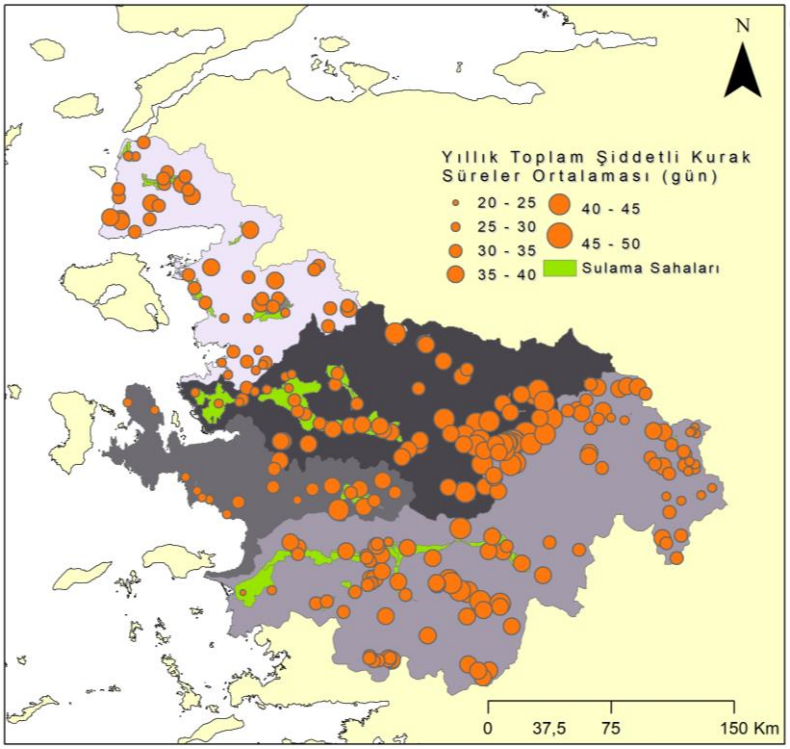
Şekil 6.12. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık toplam aşırı kurak sürelerin havzalarda dağılımı

Aşırı şiddetli kuraklıklarda sulama alanları ve barajlarında belirlenen kuraklık desenlerinden farklı olarak, şiddetli (Şekil 6.13 ve 6.14) ve orta şiddetli (Şekil 6.15 ve 6.16) kuraklıklar açısından farklılaşan izlenimleri oluştuğu ve özellikle Gediz Havzasında bu türden kuraklıkların havza yukarılarında belirginleştiği söylenebilmektedir. Kuzey Ege Havzasında ise aşırı kuraklıktan etkilenen sulamalara ek olarak şiddetli ve orta şiddetli olarak ifade edilebilen kuraklıkların da yine havza genelinde yaygın olarak hüküm sürmüş olduğu sonucu ortaya koyulabilmektedir.

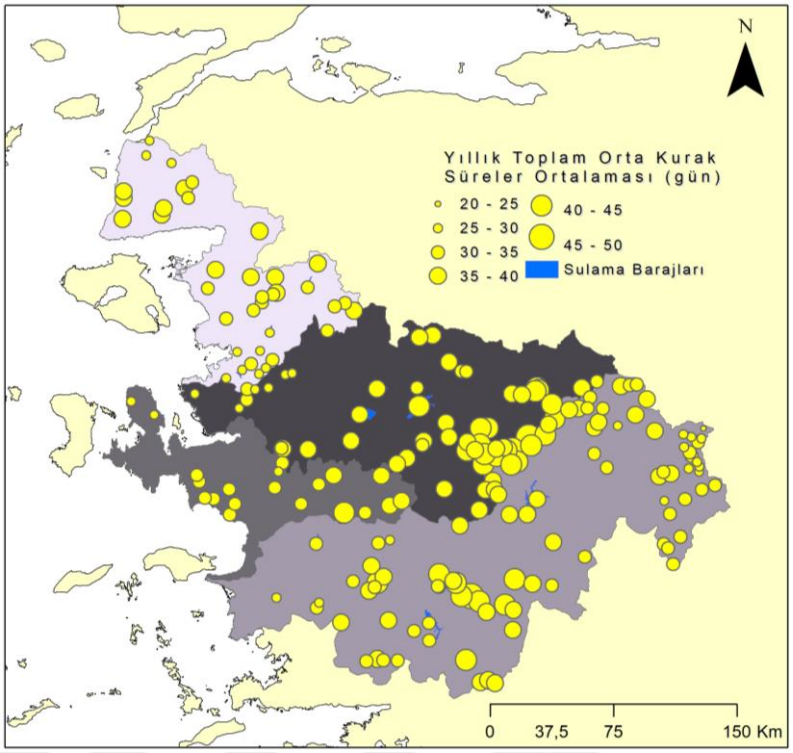
Sunulan tez çalışması ile Türkiye'nin batı bölgelerinden pilot olarak seçilen Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes nehir havza sistemlerine ait havzalarda işletmede olan sulama sahaları ve bu sahalara sulama suyu temini sağlayan sulama barajlarına ait göl beslenme alanları, yıllık en şiddetli kuraklık karakteristikleri (maksimum kuraklık şiddeti, maksimum kurak dönem uzunluğu, maksimum kuraklık büyüklüğü, maksimum kurak süre başlangıcı) açısından değerlendirilmiş ve havzalar arasında ve havzalar içerisindeki mekansal farklılıklar ortaya koyulmaya çalışılmıştır. 2003-2015 dönemindeki yıllarda izlenen azami kuraklıkların yanı sıra farklı şiddetlerle de eşleşen tüm kurak süreler ve bunlara ilişkin farklı şiddet kategorilerine (aşırı şiddetli, şiddetli, orta şiddetli) ait kuraklık olayları üzerinden de benzer analizler gerçekleştirilmiş ve havzalar ve sulama bölgeleri arasındaki benzer ve farklı kuraklık karakteristikleri mekansal dağılım haritaları üzerinde değerlendirilmeye çalışılmıştır. Literatürde sıkça karşılaşılan ve aylık verilerin kullanımıyla hesaplanan kuraklık indislerine dayalı olarak gerçekleştirilen analizlerden farklılaşan bu çalışma ile, aylık zaman aralıklarının daha altında izlenmiş olan kuraklıkların gün bazında detaylı incelenmesi ve bu zaman çözünürlüğü ile yine 90 günlük (3 aylık) SPI90 indisi hesaplanması üzerinden tarımsal sulamalara yönelik yenilikçi bir veri yaklaşımı ve indis hesap yönteminin kullanımıyla meteorolojik kuraklık değerlendirmeleri ortaya koyulmuştur.



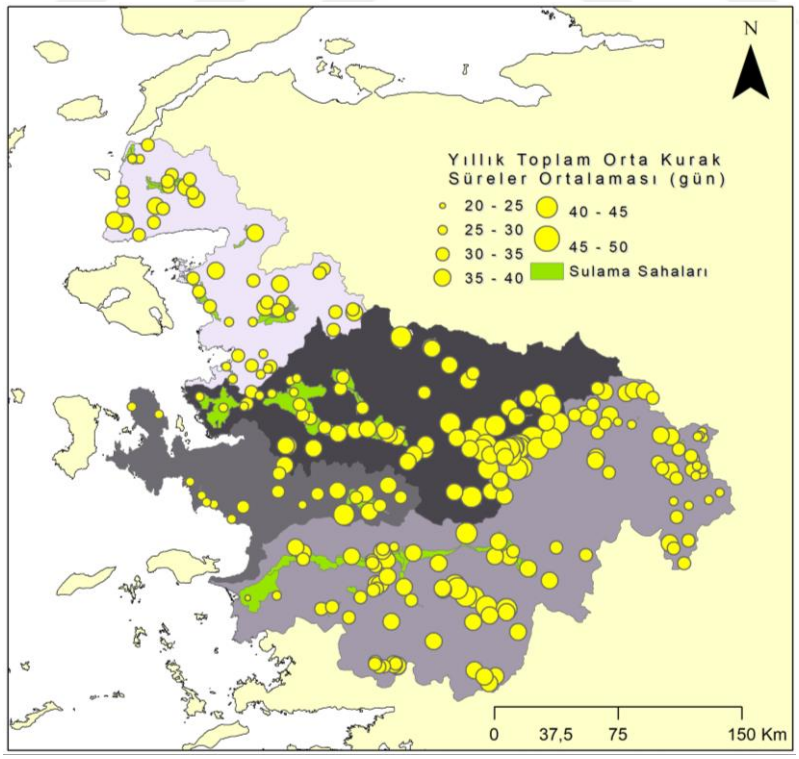
Şekil 6.13. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık toplam şiddetli kurak sürelerin havzalarda dağılımı



Şekil 6.14. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık toplam şiddetli kurak sürelerin havzalarda dağılımı



Şekil 6.15. Çalışma kapsamındaki sulama barajları drenaj alanlarına ait yıllık toplam orta kurak sürelerin havzalarda dağılımı



Şekil 6.16. Çalışma kapsamındaki sulama alanlarına ait yıllık toplam orta kurak sürelerin havzalarda dağılımı

KAYNAKLAR

Ablak, E. (2023). Meteorolojik ve hidrolojik kuraklık karakterizasyonu: Batı Karadeniz Havzası. Yüksek Lisans Tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa

Arslan, O., Bilgil, A. ve Veske, O.(2016). Standart Yağış İndisi Yöntemi ile Kızılırmak Havzasının Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, 188-194.*

Bae, H. ,Ji, H. ,Lim, Y. , Ryu, Y. , Kim, M., Kim, B.(2019). Characteristics Of Drought Propagation İn South Korea: Relationship Between Meteorological, Agricultural, And Hydrological Droughts. Natural Hazards, 99,1-16.

Bakanoğulları, F.(2020). Kırsal Havzalarda Kuraklığın İki Yöntem(SPEI ve SPI) Kullanılarak Belirlenmesi: Kumdere Havzası Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 7(1): 146–156.*

Bölük, E. (2016). *Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Türkiye İklimi*. 15 Nisan 2019, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/aydeniz.pdf.

Brun, P., Zimmermann, N.E., Hari, C., Pellissier, L., Karger, D.N. (preprint): Global climate-related predictors at kilometre resolution for the past and future. *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* doi.org/10.5194/essd-2022-212

Dirk N. Karger, Stefan Lange, Chantal Hari, Christopher P. O. Reyer, Niklaus E. Zimmermann (2021): *CHELSA-W5E5 v1.1: W5E5 v1.0 downscaled with CHELSA v2.0*. ISIMIP Repository. https://doi.org/10.48364/ISIMIP.836809.1

DSİ. (2018). Büyük Menderes Havzası Master Plan Nihai Raporu. Ankara: T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

DSİ. (2014). Gediz Havzası Master Plan Nihai Raporu. Ankara: T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

DSİ. (2016). Kuzey Ege Havzası Master Plan Nihai Raporu. Ankara: T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

DSİ. (2017). Küçük Menderes Havzası Master Plan Nihai Raporu. Ankara: T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

Durdu, Ö. F. (2010). "Effects of climate change on water resources of the Büyük Menderes river basin, western Turkey", Turk J. Agric For, 34, 319-332, TÜBİTAK.

Duygu, M.B. (2015). *Büyük Menderes Havzasının kuraklıktan etkilenebilirliğinin değerlendirilmesi*. 15 Nisan 2019, https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/Mustafa%20Berk%20Duygu%20-%20UZMANLIK%20TEZ% C4%B0.pdf

Gumbel, E.J. (1963). Statistical forecast of droughts. *Bulletin of the International Assocation of Science Hydrology,* 8 (1), 5-23.

Gümüş, V. ve Algın, H.M. (2017). Meteorological and hydrological drought analysis of the Seyhan−Ceyhan River Basins, Turkey, *Meteorological Applications, 24(1),* 62-73.

Gümüş, V., Başak, A. ve Oruç, N. (2016). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi. *Harran Üniversitesi, Mühendislik Dergisi HU Muh. Der., 01 (1*), 36-44.

Güngen, Y. (2019). Standart yağış indisi (SYİ) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovermental Panel on Climate Change, Paris.

Karger, D.N., Lange, S., Hari, C., Reyer, C. P. O., Zimmermann, N.E. (2021a): *CHELSA-W5E5 v1.0: W5E5 v1.0 downscaled with CHELSA v2.0*. ISIMIP Repository**.** https://doi.org/10.48364/ISIMIP.836809

Karger, D.N., Schmatz, D., Detttling, D., Zimmermann, N.E. (2020): High resolution monthly precipitation and temperature timeseries for the period 2006-2100. Scientific Data. https://doi.org/10.1038/s41597-020-00587-y

Karger, D.N., Wilson, A.M., Mahony, C., Zimmermann, N.E., Jetz, W. (2021b): Global daily 1km land surface precipitation based on cloud cover-informed downscaling. Scientific Data. doi.org/10.1038/s41597-021-01084-6

Kermen, Ç.(2019). Küçük menderes havzasında meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasındaki ilişkinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Keskiner, A.D., Çetin, M., Uçan, M. ve Şimşek, M. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der. 31(2): 79-90.*

Kumanlıoğlu, A.A. (2020). Gediz Nehri Demirköprü Baraj Havzasının Hidrolojik Kuraklıkları ve Eğilimleri. *Dokuz Eylül Üniversite Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 21(62), 509-523.*

Kuzucu, A., Najar, M., Gul, A., Onusluel Gul, G. ve Cetinkaya, C.P. (2023) An approach for assessing the sustainability of Mediterranean wetlands through a tailored handling of drought indices. EWRA 12th World Congress on Water

Resources and Environment: “Managing Water-Energy-Land-Food under Climatic, Environmental and Social Instability”, European Water Resources Association (EWRA), Selanik, YUNANİSTAN, 27 Haziran – 1 Temmuz 2023.

Linsley, R. K., Kohler M. A. ve Paulhus J. L. H. (1958). Hydrology for Engineers (3rd ed.). New York: McGraw-Hill

Ljubenkov, I. ve Kalin, K.J. (2016). Evaluation of drought using standardised precipitation and flow indices and their correlations on an example of Sinjsko polje. *Gradevinar* 68 (2), 135-143.

Logan, K.E, Brunsell, N.A., Jones, A.R. ve Feddema, J.J. (2010). Assessing spatiotemporal variability of drought in the U.S. central plains. *Journal of Arid Environments*, 74(2), 247-255.

McKee, T. B., Doesken, N. J. ve Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17- 22 January 1993, Anaheim, California, 179-183.

National Drought Mitigation Center (NDMC) (b.t). Drought Monitoring. 04 Nisan 2019, https://droughtmonitor.unl.edu/

National Drought Mitigation Center (NDMC) (b.t). Types Of Drought. 04 Nisan 2019, https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx

Onuşluel Gül, G., Gül, A. ve Kuzucu, A. (2017). Analysis of Drought in Küçük Menderes River Basin using SPI and SPEI Drought Indices. *STAHY 2017 Workshop, 21-22 Eylül 2017, Warsaw, Poland.*

Özkul, S., Fıstıkoğlu, O. ve Harmancıoğlu, N. (2008). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin Büyük Menderes ve Gediz havzaları örneğinde değerlendirilmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı, 309-322.

Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce Weather Bureau Research Paper No. 45. 04 Nisan 2019, National Climatic Data Center (NDCC)

Pamuk Mengü, G., Anaç, S. ve Özçakal, E.(2011). Kuraklık Yönetim Stratejileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2011, 48 (2): 175-181.*

Pamuk, G., Özgürel, M. ve Topçuoğlu, K.(2004). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPİ) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2004, 41 (1):99-106.*

Sarış, F. ve Gedik, F.(2021). Konya Kapalı Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Coğrafya Dergisi, 42: 295-308.*

T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (b.t.). Kuraklık İzleme Sistemi 3.0. 15 Nisan 2019, http://kuraklikizle.mgm.gov.tr/.

T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (b.t.). Kuraklık Sınıflandırması.15 Nisan 2019, https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklikanalizi.aspx ?d=yontemsini

T.C. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) (2018). Küçük Menderes Havzası Kuraklık Yönetim Planı. 15 Nisan 2019, http://kuraklikyonetimi.ormansu.gov.tr/ _engine/file.axd?file=/dokuman/KM_06/K M_Nihai_Rapor_Cilt1.pdf

T.C. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) (2018). Büyük Menderes Nehir Havzası Yönetim Planı. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN %C4%B0Z/B%C3%9CY%C3%9CK%20MENDERES%20NEH%C4%B0R%20 HAVZASI%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANI.pdf

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (2007). *Türkiye tarımsal kuraklık eylem planı*. Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı.

Tatlı, H. ve Türkeş, M. (2011). Palmer Kuraklık Şiddeti ve Standartlaştırılmış Yağış İndislerinin Türkiye üzerinde karşılaştırılması. 5. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 231-239.

Türkeş M. (2012), Kuraklık, çölleşme ve birleşmiş milletler çölleşme ile savaşım sözleşmesi'nin ayrıntılı bir çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), 7-55.

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa.* 15 Nisan 2019, https://www.unccd.int/

Wilhite, D.A. ve Glantz, M.H. (1987). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. in: planning for drought: Toward a reduction of societal vulnerability. Westview Press, Boulder, Colorado, 11-30.

World Meteorological Organization (WMO), (2016). Integrated Drought Management Programme (IDMP) (2016). *Handbook of drought indicators and indices. No 1173*, 45.