

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ARAZİ KULLANIMI İÇEREN BÖLGELERİN GOOGLE EARTH ENGINE  
BULUT PLATFORMU İLE İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**RÜVEYDA TERCAN KÖSE**

**HAZİRAN 2023**

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ARAZİ KULLANIMI İÇEREN BÖLGELERİN GOOGLE EARTH ENGINE  
BULUT PLATFORMU İLE İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Rüveyda TERCAN KÖSE**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Hakan AKÇIN**

**ZONGULDAK**

**Haziran 2023**

**KABUL:**

Rüveyda TERCAN KÖSE tarafından hazırlanan “Farklı Arazi Kullanımı İçeren Bölgelerin Google Earth Engine Bulut Platformu İle İzlenmesi ve Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 23/06/2023

**Danışman:** Doç. Dr. Hakan AKÇIN .....

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik  
Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL .....

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik  
Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Prof. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU .....

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../2023

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Rüveyda TERCAN KÖSE

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **FARKLI ARAZİ KULLANIMI İÇEREN BÖLGELERİN GOOGLE EARTH ENGINE BULUT PLATFORMU İLE İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Rüveyda TERCAN KÖSE**

**Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan AKÇIN**

**Haziran 2023, 167 sayfa**

UA (Uzaktan algılama) ve CBS (Coğrafi bilgi sistemleri) teknolojileri, arazi örtüsü değişimi ve arazi kullanımlarının analizini gerçekleştirmede önemli veri kaynağı sağlamaktadır. Bu veriler farklı uygulama alanlarında kullanılmak üzere çeşitli tekniklerle analiz edilmektedir. Bu tekniklerin kullanıldığı yazılımlardan biri ise GEE (Google Earth Engine) platformudur. Geliştirilen GEE platformu sayesinde gerekli bilgi, hiçbir depolama alanı gerektirmeden hızlı ve kolay bir şekilde elde edilmektedir.

Son yıllarda ülkemizde yaşanan çevresel sorunlar sürdürülebilir arazi yönetiminin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, arazi yönetimi açısından farklı uygulamaların; kuraklık, iklim değişimi, orman yangınlarının takibi ve analizi, arazi değişimi, tarımsal alanlardaki değişimin ve verimliliğin analizi, kentsel ve kırsal arazilerde hava kirliliği belirleme, takibi ve analizi gibi çevresel olayların GEE platformu ile zamansal ve mekânsal incelenme bilirliliği

## ÖZET (devam ediyor)

araştırılmıştır. Bu amaçla dünya yüzeyinde bulunan farklı arazi örtüleri ile iklim değişimine etki eden indeksler ayırt edilerek arazi kullanım ve iklim haritalarının oluşturulması sağlanmıştır. GEE platformu görüntü kütüphanesi üzerinden; Sentinel, Landsat, Modis, TerraClimate, CHIRPS gibi görüntü sağlayıcıları kullanılarak elde edilen uydu görüntüleri ile bitki örtüsü indeksleri, iklim verileri, arazi örtüsü sınıflandırması ve arazi kullanımı, hava kalitesi, orman yangını kayıpları ve nüfus yoğunlukları belirlenmiştir. Ayrıca sınıflandırma algoritmalarının performans düzeyleri karşılaştırılmıştır. Bütün görüntü işleme, analiz, maskeleme ve görselleştirme işlemleri GEE platformunda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı için kullanılan bitki indeksleri ve iklim verilerinde dönemsel olarak ani artış ve azalışlar yaşandığı tespit edilmiştir. Bu ani değişimlerin bölgede meydana gelen afet olaylarından veya bilinçsizce gerçekleştirilen insan faaliyetlerinden kaynaklandığı saptanmıştır. Elde edilen bulguların zamansal değişim ortalamalarının iklim değişikliğine neden olabilecek bir faktör oluşturmadığı belirlenmiştir. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflandırma çalışmalarında RF (Random Forest) ve CART (Classification and Regression Tree) sınıflandırıcıları kullanılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda RF sınıflandırıcısının yüksek doğrulukla çok iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. CART sınıflandırıcısının ise çalışılan bölgenin büyüklüğü açısından farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. GEE platformu ile arazi yönetiminin başarılı bir şekilde yapılabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan algılama (UA), Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Google Earth Engine (GEE), arazi yönetimi, sınıflandırma.

**Bilim Kodu:** 616.02.04.

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **MONITORING AND EVALUATION OF REGIONS WITH DIFFERENT LAND USE WITH GOOGLE EARTH ENGINE CLOUD PLATFORMS**

**Rüveyda TERCAN KÖSE**

**Zonguldak Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geomatics Engineering**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan AKÇIN**

**June 2023, 167 pages**

RS (Remote sensing) and GIS (Geographical information systems) technologies provide important data sources for performing analysis of land cover change and land uses. These data are analyzed with various techniques to be used in different application areas. One of the software in which these techniques are used is the GEE (Google Earth Engine) platform. Thanks to the developed GEE platform, the necessary information is obtained quickly and easily without requiring any storage space.

The environmental problems experienced in our country in recent years reveal the necessity of sustainable land management. In this study, different applications in terms of land management; temporal and spatial analysis of environmental events such as drought, climate change, monitoring and analysis of forest fires, land change, analysis of change and productivity in agricultural areas, determination, monitoring and analysis of air pollution

## **ABSTRACT (continued)**

in urban and rural areas with the GEE platform has been researched. For this purpose, different land covers on the earth's surface and indices affecting climate change were distinguished and land use and climate maps were created. Via the GEE platform image library; Vegetation indexes, climate data, land cover classification and land use, air quality, forest fire losses and population densities were determined with satellite images obtained using image providers such as Sentinel, Landsat, Modis, TerraClimate, CHIRPS. In addition, the performance levels of the classification algorithms were compared. All image processing, analysis, masking and visualization were performed on the GEE platform.

It has been determined that there are periodic increases and decreases in the plant indices and climate data used for the study area. It has been determined that these sudden changes are caused by the disaster events that occurred in the region or the human activities carried out unconsciously. It has been determined that the temporal variation averages of the obtained findings do not constitute a factor that may cause climate change. In land cover and land use classification studies, performance evaluation was made using RF (Random Forest) and CART (Classification and Regression Tree) classifiers. As a result of the study, it has been determined that the RF classifier performs very well with high accuracy. It has been determined that the CART classifier differs in terms of the size of the studied region. It has been seen that land management can be done successfully with the GEE platform.

**Keywords:** Remote sensing (UA), Geographic information systems (GIS), Google Earth Engine (GEE), land management, classification.

**Science Code:** 616.02.04.

## TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek lisans eğitimim boyunca derslerinde öğrendiğim kıymetli bilgilerin yanında bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana ilham olmuş, beni her koşulda destekleyen, yol gösteren, her türlü sorunumda gerekli imkânı sağlayan sevgili tez danışmanım Doç. Dr. Hakan AKÇIN'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşamım boyunca her daim arkamda olan ve beni bugünlere büyük emeklerle getiren canım ailem; değerli annem Leyla ve babam Şakir TERCAN'a, kardeşlerim Müberra TERCAN ve Seda TERCAN KOZAN'a sonsuz minnettarım.

Son olarak, bana her koşulda inanmayı sürdüren ve beni cesaretlendiren, her anımda yanımda olduğu gibi tez çalışmamın her aşamasında da yanımda olan ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli eşim Yunus Emre KÖSE'ye teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                     | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| KABUL: .....                                                                                        | ii    |
| ÖZET .....                                                                                          | iii   |
| ABSTRACT .....                                                                                      | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                                                                      | vii   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                    | ix    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                | xv    |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                                             | xxi   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                                 | xxiii |
| BÖLÜM 1 GİRİŞ .....                                                                                 | 1     |
| 1.1 KONUNUN ÖNEMİ.....                                                                              | 1     |
| 1.2 ÇALIŞMANIN AMACI.....                                                                           | 4     |
| 1.3 ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM .....                                                                  | 5     |
| BÖLÜM 2 ARAZİ YÖNETİMİ .....                                                                        | 7     |
| BÖLÜM 3 GEE PLATFORMU GÖRÜNTÜ KÜTÜPHANESİ ÜZERİNDEN VERİ<br>MADENCİLİĞİ VE WEBCBS UYGULAMALARI..... | 17    |
| 3.1 GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORMU .....                                                             | 17    |
| 3.2 GEE PLATFORMUNUN KOD EDITÖRÜ UYGULAMASI .....                                                   | 19    |
| 3.3 GEE PLATFORMUNDA ZAMAN ATLATMALI ÇEKİMLER (TİME LAPSE) .....                                    | 20    |
| 3.4 GEE PLATFORMUNDA EXPLORER UYGULAMALARI .....                                                    | 21    |
| 3.5 GEE PLATFORMUNDA GÖRÜNTÜ KÜTÜPHANESİ.....                                                       | 23    |
| 3.5.1 AB Copernicus Programı Dâhilinde GEE Tarafından Kullanıcılara Sunulan<br>Görüntüler.....      | 23    |
| 3.5.2 NASA Programı Dâhilinde GEE Tarafından Kullanıcılara Sunulan Görüntüler ....                  | 25    |
| 3.5.3 IDAHO Üniversitesi tarafından GEE Kullanıcılarına Sunulan Görüntüler.....                     | 28    |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                                                                                       | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3.6 GEE KAPSAMINDA ANALİZİ YAPILAN SPEKTRAL İNDEKSLER .....                                                           | 29           |
| 3.7 GEE KAPSAMINDA UZAKTAN ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLERİN<br>SINIFLANDIRILMASI.....                                          | 32           |
| 3.7.1 RF Makine Öğrenme Algoritması .....                                                                             | 33           |
| 3.7.2 CART Makine Öğrenme Algoritması.....                                                                            | 33           |
| <br>BÖLÜM 4 GEE PLATFORMU ÜZERİNDEN FARKLI ARAZİ KULLANIMINA İLİŞKİN<br>UYGULAMALAR.....                              | <br>35       |
| <br>4.1 BİRİNCİ UYGULAMA: TARIMSAL ALANLARDAKİ DEĞİŞİMİN VE<br>VERİMLİLİĞİN GEE PLATFORMU ÜZERİNDEN İNCELENMESİ ..... | <br>37       |
| 4.1.1 Birinci Uygulama İçin Çalışma Alanı.....                                                                        | 38           |
| 4.1.2 Birinci Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi .....                                          | 39           |
| 4.1.3 Birinci Uygulama İçin Bitki Örtüsü İndekslerinin Elde Edilmesi .....                                            | 43           |
| 4.1.4 Birinci uygulama İçin İklim Verilerinin Elde Edilmesi.....                                                      | 43           |
| 4.1.5 Birinci Uygulama İçin AYS Değerlerinin Elde Edilmesi.....                                                       | 44           |
| 4.2 İKİNCİ UYGULAMA: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GEE PLATFORMU ÜZERİNDEN<br>İNCELENMESİ.....                                 | 45           |
| 4.2.1 İkinci Uygulama İçin Çalışma Alanı .....                                                                        | 46           |
| 4.2.2 İkinci Uygulama İçin AOD Değerlerinin Elde Edilmesi .....                                                       | 47           |
| 4.2.3 İkinci Uygulama İçin NDVI Değerlerinin Elde Edilmesi.....                                                       | 49           |
| 4.2.4 İkinci Uygulama İçin NDWI Değerlerinin Elde Edilmesi.....                                                       | 50           |
| 4.2.5 İkinci Uygulama İçin NBRI Değerlerinin Elde Edilmesi .....                                                      | 50           |
| 4.2.6 İkinci Uygulama İçin AYS Değerlerinin Elde Edilmesi.....                                                        | 51           |
| 4.2.7 İkinci Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi .....                                           | 52           |
| 4.3 ÜÇÜNCÜ UYGULAMA: ARAZİ DEĞİŞİMLERİNİN GEE PLATFORMU<br>KULLANILARAK İNCELENMESİ .....                             | 54           |
| 4.3.1 Üçüncü Uygulama İçin Çalışma Alanı .....                                                                        | 54           |
| 4.3.2 Üçüncü Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi.....                                            | 55           |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                                                 | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.4 DÖRDÜNCÜ UYGULAMA: HAVZA MODELİNİN GEE PLATFORMU                            |              |
| KULLANILARAK İNCELENMESİ .....                                                  | 57           |
| 4.4.1 Dördüncü Uygulama İçin Çalışma Alanı.....                                 | 58           |
| 4.4.2 Dördüncü Uygulama İçin SPI Değerlerinin Elde Edilmesi .....               | 60           |
| 4.4.3 Dördüncü Uygulama İçin SVI ve EVI Değerlerinin Elde Edilmesi .....        | 61           |
| 4.4.4 Dördüncü Uygulama İçin Sıcaklık ve AYS Değerlerinin Elde Edilmesi .....   | 62           |
| 4.4.5 Dördüncü Uygulama İçin AOD Değerlerinin Elde Edilmesi .....               | 63           |
| 4.4.6 Dördüncü Uygulama İçin AET Değerlerinin Elde Edilmesi .....               | 63           |
| 4.4.7 Dördüncü Uygulama İçin Taşkın ve Sel Analizinin Elde Edilmesi .....       | 63           |
| 4.4.8 Dördüncü Uygulama İçin Nüfus Verilerinin Elde Edilmesi.....               | 64           |
| 4.4.9 Dördüncü Uygulama İçin Yangın Sayısının Elde Edilmesi .....               | 65           |
| 4.4.10 Dördüncü Uygulama İçin Orman Alanları Kayıplarının Tespit Edilmesi ..... | 65           |
| 4.5 BEŞİNCİ UYGULAMA: ORMAN ALANLARINDAKİ DEĞİŞİMİN GEE                         |              |
| PLATFORMU KULLANILARAK İNCELENMESİ .....                                        | 65           |
| 4.5.1 Beşinci Uygulama İçin Çalışma Alanı.....                                  | 65           |
| 4.5.2 Beşinci Uygulama İçin IDAHO Verilerinden Yağış ve AET Değerlerinin Elde   |              |
| Edilmesi .....                                                                  | 67           |
| 4.5.3 Beşinci Uygulama İçin NBR İndeksi ile Yangın Alanlarının Tespiti.....     | 67           |
| 4.5.4 Beşinci Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi .....    | 68           |
| 4.5.5 Beşinci Uygulama İçin AYS Değerlerinin Elde Edilmesi .....                | 68           |
| 4.5.6 Beşinci Uygulama İçin Bina Ayak İzlerinin Elde Edilmesi .....             | 70           |
| BÖLÜM 5 BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                              | 71           |
| 5.1 BİRİNCİ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ .....               | 71           |
| 5.1.1 Birinci Uygulamanın Sınıflandırma Doğruluk Değerlendirmesi.....           | 71           |
| 5.1.2 Birinci Uygulamanın Bitki Örtüsü Bulgularının Değerlendirilmesi.....      | 73           |
| 5.1.3 Birinci Uygulamanın İklim Verileri Bulgularının Değerlendirilmesi .....   | 75           |
| 5.1.4 Birinci Uygulamanın AYS Değer Bulgularının Değerlendirilmesi.....         | 77           |
| 5.2 İKİNCİ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ .....                | 79           |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                                                                                          | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.2.1 İkinci Uygulamanın AOD Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                         | 80           |
| 5.2.2 İkinci Uygulamanın NDVI Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                                       | 85           |
| 5.2.3 İkinci Uygulamanın NDWI Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                                       | 87           |
| 5.2.4 İkinci Uygulamanın NBRI Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                        | 90           |
| 5.2.5 İkinci Uygulamanın AYS Değer Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                   | 91           |
| 5.2.6 İkinci Uygulamanın Sınıflandırma Doğruluğu Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                    | 93           |
| 5.3 ÜÇÜNCÜ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ ....                                                          | 96           |
| 5.3.1 Üçüncü Uygulamanın Sınıflandırma Doğruluğu Bulgularının Değerlendirilmesi..                                        | 95           |
| 5.3.2 Üçüncü Uygulamanın MODIS ve CORINE Arazi Örtüsü Sınıf Bulgularının<br>Değerlendirilmesi .....                      | 100          |
| 5.4 DÖRDÜNCÜ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN<br>DEĞERLENDİRİLMESİ .....                                                    | 101          |
| 5.4.1 Dördüncü Uygulamanın SPI Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                                      | 101          |
| 5.4.2 Dördüncü Uygulamanın SVI ve EVI Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                | 104          |
| 5.4.3 Dördüncü Uygulamanın Sıcaklık Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                  | 109          |
| 5.4.4 Dördüncü Uygulamanın AYS Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                       | 112          |
| 5.4.5 Dördüncü Uygulamanın AOD Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                                      | 115          |
| 5.4.6 Dördüncü Uygulamanın AET Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                                      | 117          |
| 5.4.7 Dördüncü Uygulamanın Taşkın ve Sel Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                            | 119          |
| 5.4.8 Dördüncü Uygulamanın Nüfus Verileri Bulgularının Değerlendirilmesi .....                                           | 121          |
| 5.4.9 Dördüncü Uygulamanın Yangın Sayısına İlişkin Bulgularının Değerlendirilmesi                                        | 123          |
| 5.4.10 Dördüncü Uygulamanın Orman Alanları Kayıplarına İlişkin Bulgularının<br>Değerlendirilmesi .....                   | 125          |
| 5.5 BEŞİNCİ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ....                                                          | 127          |
| 5.5.1 Beşinci Uygulamanın SVI ve EVI Bulgularının Değerlendirilmesi.....                                                 | 127          |
| 5.5.2 Beşinci Uygulamanın IDAHO Verilerinden Elde Edilen Yağış ve AET Bulgularının<br>Değerlendirilmesi .....            | 132          |
| 5.5.3 Beşinci Uygulamanın Orman Alanları Kayıplarına İlişkin Bulgularının<br>Değerlendirilmesi .....                     | 136          |
| 5.5.4 Beşinci Uygulamanın NBR İndeksi İle Orman Yangınlarının ve Yanan Alanların<br>Bulgularının Değerlendirilmesi ..... | 138          |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|                                                                                                                   | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.5.5 Beşinci Uygulamanın Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk<br>Bulgularının Değerlendirmesi ..... | 140          |
| 5.5.6 Beşinci Uygulamanın AYS Bulgularının Değerlendirmesi .....                                                  | 127          |
| 5.5.7 Beşinci Uygulamanın Bina Ayak İzleri Bulgularının Değerlendirmesi .....                                     | 127          |
| <br>BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                                                                             | 147          |
| <br>KAYNAKLAR.....                                                                                                | 155          |
| <br>BİBLİYOGRAFYA .....                                                                                           | 165          |
| <br>ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                                | 167          |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                                                   | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 1.1 Sürdürülebilir arazi yönetimi .....                                               | 3            |
| Şekil 2.1 Arazi ve yaşamsal faaliyetler arasındaki ilişki.....                              | 7            |
| Şekil 2.2 Arazi mekânının üç boyutlu krokisi.....                                           | 8            |
| Şekil 2.3 İnsanoğlu – arazi ilişkisinin evrimi.....                                         | 9            |
| Şekil 2.4 FIG Kadastro 2014 vizyonu.....                                                    | 10           |
| Şekil 2.5 Sürdürülebilir kalkınma amaçları .....                                            | 11           |
| Şekil 2.6 Arazi bilgisi, politikası, idaresi, yönetimi ve kullanımı arasındaki ilişki ..... | 12           |
| Şekil 3.1 GEE giriş ana sayfası görüntüsü .....                                             | 18           |
| Şekil 3.2 GEE platformu çalışma biçimi.....                                                 | 18           |
| Şekil 3.3 GEE kod editörü ara yüzü.....                                                     | 19           |
| Şekil 3.4 GEE Timelapse ara yüzü.....                                                       | 20           |
| Şekil 3.5 ABD’deki Las Vegas kentinin 36 yıldaki değişimi .....                             | 21           |
| Şekil 3.6 GEE Explorer ara yüzü .....                                                       | 22           |
| Şekil 3.7 Explorer veri kataloğu ana sayfası görüntüsü .....                                | 22           |
| Şekil 3.8 Sentinel uydu serisi .....                                                        | 23           |
| Şekil 3.9 Landsat uydu serisi .....                                                         | 25           |
| Şekil 3.10 MODIS Terra görüntüsü .....                                                      | 27           |
| Şekil 3.11 MODIS Aqua görüntüsü .....                                                       | 27           |
| Şekil 3.12 TerraClimate iklim verileri görüntüsü .....                                      | 28           |
| Şekil 3.13 Örnek karar ağacı yapısı .....                                                   | 33           |
| Şekil 3.14 CART örneği.....                                                                 | 34           |
| Şekil 4.1 Kuraklık çeşitleri ve etkileri.....                                               | 36           |
| Şekil 4.2 Çalışma alanı ve GEE’de kullanılan görüntü.....                                   | 39           |
| Şekil 4.3 Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı.....                                       | 40           |
| Şekil 4.4 Kırpma işleminin yapılması. ....                                                  | 40           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                                                       | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.5 Çalışma alanının (a) NDVI, (b) NDWI görüntüsü.....                                                                                                    | 41           |
| Şekil 4.6 SENTINEL-2 bant kombinasyonları ile elde edilen görüntüler. (a) Tarım bandı kombinasyonu, (b) Renkli kızılötesi bant kombinasyonu. ....               | 42           |
| Şekil 4.7 Eğitim ve test alanlarının belirlenmesi.....                                                                                                          | 42           |
| Şekil 4.8 Bitki örtüsü indeksleri iş akış diyagramı.....                                                                                                        | 43           |
| Şekil 4.9 İklim verileri iş akış diyagramı. ....                                                                                                                | 44           |
| Şekil 4.10 Arazi yüzey sıcaklığı iş akış diyagramı. ....                                                                                                        | 45           |
| Şekil 4.11 Batı Karadeniz Bölgesi çalışma alanı. ....                                                                                                           | 46           |
| Şekil 4.12 AOD analizi iş akış diyagramı. ....                                                                                                                  | 48           |
| Şekil 4.13 Zonguldak İli, Ereğli İlçesi Demir Çelik Fabrikası ve çevresi çalışma alanı. ....                                                                    | 48           |
| Şekil 4.14 Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresi çalışma alanı. ....                                                                                          | 49           |
| Şekil 4.15 Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresi çalışma alanı. ....                                                                                         | 49           |
| Şekil 4.16 NDVI analizi iş akış diyagramı.....                                                                                                                  | 50           |
| Şekil 4.17 NDWI analizi iş akış diyagramı.....                                                                                                                  | 50           |
| Şekil 4.18 NBRI analizi iş akış diyagramı. ....                                                                                                                 | 51           |
| Şekil 4.19 Arazi yüzey sıcaklığı analizi iş akış diyagramı.....                                                                                                 | 52           |
| Şekil 4.20 Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı.....                                                                                                          | 53           |
| Şekil 4.21 GEE’de oluşturulan 2022 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları. ....                                                                 | 54           |
| Şekil 4.22 Çalışma alanı ve GEE’de kullanılan görüntü.....                                                                                                      | 55           |
| Şekil 4.23 Sınıflandırma işlemi İş akış diyagramı. ....                                                                                                         | 56           |
| Şekil 4.24 GEE’de oluşturulan 2018 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları, (b) 2022 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları..... | 57           |
| Şekil 4.25 Çalışma alanı.....                                                                                                                                   | 59           |
| Şekil 4.26 Çalışma alanı.....                                                                                                                                   | 66           |
| Şekil 4.27 Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları.....                                                                                                     | 69           |
| Şekil 5.1 Çalışma alanının arazi sınıflandırma haritası.....                                                                                                    | 73           |
| Şekil 5.2 Tarım arazileri için bitki örtüsü indeks haritaları.....                                                                                              | 75           |
| Şekil 5.3 GEE de elde edilen AYS görüntüsü.....                                                                                                                 | 78           |
| Şekil 5.4 AYS zaman serisi grafiği. ....                                                                                                                        | 78           |
| Şekil 5.5 Batı Karadeniz Bölgesi 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.....                                                                 | 80           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                                                                                   | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.6 Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.....                                                                         | 81           |
| Şekil 5.7 Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.....                                                                         | 83           |
| Şekil 5.8 Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.....                                                                        | 84           |
| Şekil 5.9 2017-2022 yılları arası NDVI değerleri zaman serisi grafiği. ....                                                                                                                 | 86           |
| Şekil 5.10 Batı Karadeniz Bölgesi için (a) 2017, (b) 2018, (c)2019, (d) 2020, (e) 2021 yıllarına ait ortalama NDVI değerlerini gösteren haritalar ve (f) NDVI değerleri..                   | 87           |
| Şekil 5.11 2017-2022 yılları arası NDWI değerleri zaman serisi grafiği.....                                                                                                                 | 88           |
| Şekil 5.12 Batı Karadeniz Bölgesi için (a) 2017, (b) 2018, (c)2019, (d) 2020, (e) 2021 yıllarına ait ortalama NDWI değerlerini gösteren haritalar ve (f) NDWI değerleri. ....               | 89           |
| Şekil 5.13 2017-2022 yılları arası NBRI değerleri zaman serisi grafiği.....                                                                                                                 | 90           |
| Şekil 5.14 2017-2022 yılları arası AYS zaman serisi grafiği.....                                                                                                                            | 92           |
| Şekil 5.15 Batı Karadeniz Bölgesi için (a) 2017, (b) 2018, (c)2019, (d) 2020, (e) 2021 yıllarına ait ortalama arazi yüzey sıcaklığı haritaları ve (f) Arazi yüzey sıcaklığı değerleri. .... | 93           |
| Şekil 5.16 2022 yılına ait (a) CART sınıflandırıcısı, (b) RF sınıflandırıcısı sonuç görüntüsü.                                                                                              | 94           |
| Şekil 5.17 2018 yılına ait (a) RF sınıflandırıcısı, (b) CART sınıflandırıcısı sonuç görüntüleri.....                                                                                        | 96           |
| Şekil 5.18 2022 yılına ait (a) RF sınıflandırıcısı, (b) CART sınıflandırıcısı sonuç görüntüleri.....                                                                                        | 96           |
| Şekil 5.19 Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı MODIS arazi örtüsü/arazi kullanımı dağılımı. ....                                                                                            | 100          |
| Şekil 5.20 Şekil Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı CORINE arazi örtüsü ve arazi kullanımı dağılımı. ....                                                                                  | 101          |
| Şekil 5.21 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama SPI zaman serisi grafiği.....                                                                                                          | 103          |
| Şekil 5.22 2022.09.30 tarihli SPI indeks haritası. ....                                                                                                                                     | 103          |
| Şekil 5.23 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama SVI zaman serisi grafiği. ....                                                                                                         | 105          |
| Şekil 5.24 GEE arayüzünde 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası SVI haritası. ....                                                                                                      | 105          |
| Şekil 5.25 SVI İndeksinin 2000-2022 yılları arası en yüksek ortalamaya sahip olduğu 2018.04.07 - 2018.04.23 tarihli görüntü. ....                                                           | 106          |
| Şekil 5.26 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama EVI İndeksi zaman serisi grafiği.....                                                                                                  | 108          |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                                                    | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.27 GEE arayüzünde 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası EVI İndeksi haritası.                                                                    | 108          |
| Şekil 5.28 2000–2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası. ....                                                                                       | 109          |
| Şekil 5.29 Filyos Havzası 2000-2020 yılları ortalama sıcaklık zaman serisi grafiği. ....                                                                     | 111          |
| Şekil 5.30 2000-2020 yılları arası ortalama sıcaklık haritası. ....                                                                                          | 111          |
| Şekil 5.31 (a) 2000, (b) 2010, (c) 2020 yıllarına ait ortalama sıcaklık haritaları. ....                                                                     | 112          |
| Şekil 5.32 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama AYS zaman serisi grafiği. ....                                                                          | 114          |
| Şekil 5.33 2000-2022 yılları arası ortalama AYS haritası. ....                                                                                               | 114          |
| Şekil 5.34 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama AOD zaman serisi grafiği. ....                                                                          | 116          |
| Şekil 5.35 2000-2022 yılları arası ortalama AOD haritası. ....                                                                                               | 116          |
| Şekil 5.36 GEE de elde edilen AET değerleri çalışma alanı görseli. ....                                                                                      | 117          |
| Şekil 5.37 Filyos Havzası 2001-2021 yılları ortalama AET zaman serisi grafiği. ....                                                                          | 119          |
| Şekil 5.38 11 Ağustos 2021 tarihinde yaşanan taşkın ve sel olayı (a) selden önce (b) selden sonra (c) selden sonra su basmış alanlar ve (d) sel boyutu. .... | 120          |
| Şekil 5.39 27 Haziran 2022 tarihinde yaşanan taşkın ve sel olayı (a) selden önce (b) selden sonra (c) selden sonra su basmış alanlar ve (d) sel boyutu. .... | 121          |
| Şekil 5.40 (a) 2000, (b) 2005, (c) 2010, (d) 2015 ve (e) 2020 yılları popülasyon haritaları..                                                                | 122          |
| Şekil 5.41 Filyos Havzası 2000-2022 yılları arası yangın sayısı zaman serisi grafiği. ....                                                                   | 124          |
| Şekil 5.42 2000-2022 yılları arası toplam yangın sayısı haritası. ....                                                                                       | 124          |
| Şekil 5.43 Filyos Havzası 2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası. ....                                                                      | 125          |
| Şekil 5.44 Filyos Havzası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları grafiği. ....                                                                              | 126          |
| Şekil 5.45 2000–2022 yılları arası SVI İndeksi zaman serisi grafiği. ....                                                                                    | 128          |
| Şekil 5.46 GEE arayüzünde 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası SVI İndeksi haritası.                                                                    | 129          |
| Şekil 5.47 SVI İndeksinin 2000-2022 yılları arası en düşük ortalama sahip olduğu 2000.09.13 - 2000.09.29 tarihli harita. ....                                | 129          |
| Şekil 5.48 2000–2022 yılları arası EVI İndeksi zaman serisi grafiği. ....                                                                                    | 131          |
| Şekil 5.49 GEE arayüzünde 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası EVI İndeksi haritası.                                                                    | 131          |
| Şekil 5.50 2000–2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası. ....                                                                                       | 132          |
| Şekil 5.51 Yağış ve evapotranspirasyon indekslerinin GEE kod editörü gösterimi. ....                                                                         | 132          |
| Şekil 5.52 IDAHO verilerinin 2000–2021 yılları arası yağış değişimi zaman serisi grafiği.                                                                    | 134          |
| Şekil 5.53 IDAHO verilerinin 2000-2021 yılları arası AET değişimi zaman serisi grafiği...                                                                    | 136          |
| Şekil 5.54 Datça Yarımadası 2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası. ....                                                                    | 137          |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                       | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.55 Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları zaman serisi grafiği.                       | 137          |
| Şekil 5.56 Datça Yarımadası dNBR haritası. ....                                                                 | 139          |
| Şekil 5.57 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı sonuç görüntüsü .....                                            | 140          |
| Şekil 5.58 dNBR haritası.....                                                                                   | 142          |
| Şekil 5.59 Datça Yarımadası 2000-2022 yılları ortalama AYS zaman serisi grafiği .....                           | 145          |
| Şekil 5.60 Datça Yarımadası 2000-2022 yılları ortalama AYS haritası .....                                       | 145          |
| Şekil 5.61 Datça Yarımadasına ait; (a) harita ve (b) uydu görüntüleri üzerinde bina ayak izleri gösterimi. .... | 146          |





## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                                                                                              | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 3.1 Sentinel-2 uydusuna ait bant özellikleri.....                                                                              | 24           |
| Çizelge 3.2 Landsat-8 uydusuna ait bant özellikleri .....                                                                              | 26           |
| Çizelge 3.3 Bitki örtüsü ve iklim değişikliğine etki eden indekslerin formülleri ve kaynakları .....                                   | 32           |
| Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan veriler. ....                                                                                         | 60           |
| Çizelge 4.2 SPI değerlerine göre yağış sınıfları.....                                                                                  | 61           |
| Çizelge 4.3 SVI değerlerine göre kuraklık sınıfları. ....                                                                              | 62           |
| Çizelge 4.4 EVI değerlerine göre bitki yoğunluk sınıfları. ....                                                                        | 62           |
| Çizelge 4.5 Çalışmada kullanılan veriler .....                                                                                         | 66           |
| Çizelge 4.6 dNBR hesabından sonra yanık şiddetini yorumlamak için USGS tarafından önerilen dNBR yanık şiddeti seviyeleri tablosu ..... | 68           |
| Çizelge 5.1 Hata matrisi ve genel doğruluk değeri. ....                                                                                | 72           |
| Çizelge 5.2 Elde edilen bitki indeks değerleri.....                                                                                    | 73           |
| Çizelge 5.3 TerraClimate iklim verileri değerleri. ....                                                                                | 75           |
| Çizelge 5.4 Elde edilen ortalama arazi yüzey sıcaklığı değerleri. ....                                                                 | 78           |
| Çizelge 5.5 Batı Karadeniz Bölgesi AOD değerleri. ....                                                                                 | 79           |
| Çizelge 5.6 Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresi AOD değerleri. ....                                                                | 81           |
| Çizelge 5.7 Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresi AOD değerleri. ....                                                                | 82           |
| Çizelge 5.8 Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresi AOD değerleri. ....                                                               | 83           |
| Çizelge 5.9 Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen NDVI değerleri.....                                                                | 85           |
| Çizelge 5.10 Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen NDWI değerleri. ....                                                              | 88           |
| Çizelge 5.11 Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen NBRI değerleri. ....                                                              | 90           |
| Çizelge 5.12 Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen arazi yüzey sıcaklığı değerleri. ....                                             | 91           |
| Çizelge 5.13 Landsat-8 2022 yılına tarihlerine ait CART sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.....                       | 94           |
| Çizelge 5.14 Landsat-8 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları .....                                    | 95           |
| Çizelge 5.15 Landsat-8 2018 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları .....                                    | 97           |

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                                                                                     | <u>Sayfa</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 5.16 Landsat-8 2018 yılına tarihlerine ait CART sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.....              | 97           |
| Çizelge 5.17 Landsat-8 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları .....                           | 98           |
| Çizelge 5.18 Landsat-8 2022 yılına ait CART sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları .....                         | 98           |
| Çizelge 5.19 Elde edilen SPI değerleri.....                                                                                   | 102          |
| Çizelge 5.20 Elde edilen SVI İndeksi değerleri. ....                                                                          | 104          |
| Çizelge 5.21 Elde edilen EVI indeks değerleri. ....                                                                           | 107          |
| Çizelge 5.22 Elde edilen Sıcaklık Değerleri. ....                                                                             | 110          |
| Çizelge 5.23 Elde edilen AYS değerleri. ....                                                                                  | 113          |
| Çizelge 5.24 Elde edilen AOD değerleri.....                                                                                   | 115          |
| Çizelge 5.25 MODIS verilerinden elde edilen AET değerleri. ....                                                               | 118          |
| Çizelge 5.26 2000-2005-2010-2015-2020 yılları toplam nüfus sayıları. ....                                                     | 122          |
| Çizelge 5.27 2000-2022 yılları arası elde edilen yangın sayıları. ....                                                        | 123          |
| Çizelge 5.28 Filyos Havzası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları (hektar). ....                                            | 126          |
| Çizelge 5.29 Elde edilen SVI İndeksi değerleri. ....                                                                          | 127          |
| Çizelge 5.30 Elde edilen EVI İndeksi değerleri.....                                                                           | 130          |
| Çizelge 5.31 IDAHO verilerinden elde edilen yağış değerleri. ....                                                             | 133          |
| Çizelge 5.32 IDAHO verilerinden elde edilen AET değerleri. ....                                                               | 135          |
| Çizelge 5.33 Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları.....                                                    | 138          |
| Çizelge 5.34 dNBR İndeksinden elde edilen yanma veriler. ....                                                                 | 139          |
| Çizelge 5.35 Landsat-8 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları. ....                           | 141          |
| Çizelge 5.36 dNBR İndeksinden elde edilen yanma veriler. ....                                                                 | 142          |
| Çizelge 5.37 Muğla Orman Bölge Müdürlüğü verilerine göre Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı yangın verileri ..... | 143          |
| Çizelge 5.38 Elde edilen AYS değerleri .....                                                                                  | 144          |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

|                 |                                                                      |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| m               | : Metre                                                              |
| km              | : Kilometre                                                          |
| km <sup>2</sup> | : Kilometrekare                                                      |
| µm              | : Mikrometre                                                         |
| mm              | : Milimetre                                                          |
| °C              | : Santigrat derece                                                   |
| m <sup>2</sup>  | : Metrekare                                                          |
| m <sup>3</sup>  | : Metreküp                                                           |
| kg              | : Kilogram                                                           |
| ha              | : Hektar                                                             |
| sn              | : Saniye                                                             |
| NIR             | : Near Infrared Reflectance                                          |
| SWIR            | : Short-wavelength infrared                                          |
| L               | : Doğrusal olmayan diferansiyelleri ele alan kanopi arka plan ayarı  |
| $z_{ijk}$       | : k yılı için j haftası boyunca, i pikselinin z değeri               |
| $VI_{ijk}$      | : k yılı için j haftası boyunca, i pikseli için haftalık VI değeri   |
| $\mu_{ij}$      | : n yıl boyunca j haftası boyunca, i pikselinin ortalaması           |
| $\sigma_{ij}$   | : n yıl boyunca j haftası boyunca, i pikselinin standart sapması     |
| $SPI_{ijk}$     | : k yılı için j zaman çerçevesi boyunca, i pikselinin z değeri       |
| $P_{ijk}$       | : k yılı için j zaman çerçevesi boyunca, i pikseli için yağış değeri |
| $P_{ij}$        | : n yıl boyunca j zaman çerçevesi boyunca, i pikselinin ortalaması   |
| SO <sub>2</sub> | : Kükürt dioksit Gazı                                                |
| CO              | : Karbon monoksit Gazı                                               |
| NO <sub>2</sub> | : Azot dioksit Gazı                                                  |
| O <sub>3</sub>  | : Ozon Gazı                                                          |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

### KISALTMALAR

|                   |                                                                  |
|-------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>AB</b>         | : Avrupa Birliği                                                 |
| <b>ABD</b>        | : Amerika Birleşik Devletleri                                    |
| <b>AÇA</b>        | : Avrupa Çevre Ajansı                                            |
| <b>AET</b>        | : Gerçek Evapotranspirasyon                                      |
| <b>Aİ</b>         | : Arazi İdaresi                                                  |
| <b>AOD</b>        | : Aerosol Optik Derinlik                                         |
| <b>AT</b>         | : Arazi Toplulaştırması                                          |
| <b>AYS</b>        | : Arazi Yüzey Sıcaklığı                                          |
| <b>BM</b>         | : Birleşmiş Milletler                                            |
| <b>CART</b>       | : Classification and Regression Tree                             |
| <b>CBS</b>        | : Coğrafi Bilgi Sistemleri                                       |
| <b>CHC</b>        | : Climate Hazards Center                                         |
| <b>CHIRPS</b>     | : Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data |
| <b>CORINE</b>     | : Coordination of Information on the Environment                 |
| <b>dNBR</b>       | : Differenced Normalized Burn Ratio                              |
| <b>ECMWF</b>      | : Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi                         |
| <b>ESA</b>        | : Avrupa Uzay Ajansı                                             |
| <b>EVI</b>        | : Enhanced Vegetation Index                                      |
| <b>FIG</b>        | : Federation of International Surveyors                          |
| <b>FIRMS</b>      | : Kaynak Yönetim Sistemi için Yangın Bilgileri                   |
| <b>GEE</b>        | : Google Earth Engine                                            |
| <b>GNDVI</b>      | : Green Normalized Difference Vegetation Index                   |
| <b>GPWv411</b>    | : Gridded Population of World Version 411                        |
| <b>HydroSHEDS</b> | : Hidrografik veri                                               |
| <b>LST</b>        | : Land Surface Temperature                                       |
| <b>MODIS</b>      | : Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer                  |
| <b>MSS</b>        | : MultiSpectral Scanner                                          |
| <b>NASA</b>       | : National Aeronautics and Space Administration                  |
| <b>NBR</b>        | : Normalized Burn Ratio                                          |
| <b>NBRI</b>       | : Normalized Burn Ratio Index                                    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

|               |                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------|
| <b>NDBI</b>   | : Normalized Difference Built-up Index            |
| <b>NDGI</b>   | : Normalized Differential Greenness               |
| <b>NDMI</b>   | : Normalized Difference Moisture Index            |
| <b>NDSI</b>   | : Normalized Difference Salinity Index            |
| <b>NDVI</b>   | : Normalized Difference Vegetation Index          |
| <b>NDWI</b>   | : Normalized Difference Water Index               |
| <b>MERBİS</b> | : Mera Bilgi Sistemi                              |
| <b>NIR</b>    | : Yakın Kızılötesi                                |
| <b>NOAA</b>   | : National Oceanic and Atmospheric Administration |
| <b>OLI</b>    | : Operational Land Imager                         |
| <b>ORBİS</b>  | : Orman Bilgi Sistemi                             |
| <b>PDSI</b>   | : PALMER Drought Severity Index                   |
| <b>PNI</b>    | : Percent of Normal Index                         |
| <b>RBV</b>    | : Return Beam Vidicon                             |
| <b>RF</b>     | : Random Forest                                   |
| <b>SAVI</b>   | : Soil-Adjusted Vegetation Index                  |
| <b>SEDAC</b>  | : Socioeconomic Data and Applications Center      |
| <b>SPI</b>    | : Standardized Precipitation Index                |
| <b>SVI</b>    | : Standard Vegetation Index                       |
| <b>SWIR</b>   | : Kısa Dalga Kızılötesi                           |
| <b>T.C</b>    | : Türkiye Cumhuriyeti                             |
| <b>TAKBİS</b> | : Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi                  |
| <b>TARBİL</b> | : Tarımsal İzleme ve Bilgi Sistemi Projesi        |
| <b>TCI</b>    | : Temperature Condition Index                     |
| <b>TIRS</b>   | : Thermal Infrared Sensör                         |
| <b>TM</b>     | : Thematic Mapper                                 |
| <b>UA</b>     | : Uzaktan Algılama                                |
| <b>USGS</b>   | : United States Geological Survey                 |
| <b>USAID</b>  | : U.S. Agency for International Development       |
| <b>UNECE</b>  | : United Nations Economics for Europe             |
| <b>VCİ</b>    | : Vegetation Condition Index                      |
| <b>VHI</b>    | : Vegetation Health Index                         |
| <b>WWF</b>    | : World Wide Fund for Nature                      |



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

#### 1.1 KONUNUN ÖNEMİ

Geçmişten günümüze yeryüzü ile canlılar arasında devam eden bölünmez bir ilişki vardır. Bu nedenle dünyamız tüm canlılar için önemli doğal kaynaklar arasında yer alır. İklimsel ve çevresel faktörler göz önüne alındığında bu ilişkinin önemi artmaktadır. Doğal kaynaklar ekonomik ve toplumsal yaşam için önemli hale gelmektedir. Yeryüzü ile yapılan çalışmaların başarılı sonuçlanması, kullanılan verilerin doğru ve güvenilir olmasından kaynaklanır. Meydana gelen zamansal ve mekânsal değişimlerin belirlenip kayıt altına alınması önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu değişimlerin belirlenmesi ile gelecekte yaşanabilecek her türlü olumsuz koşullara hazırlıklı olunabilecektir.

Özellikle insanlığın temel gıda ihtiyacını sağlayan doğal kaynaklar önemli bir unsurdur. Dünya nüfusunda ki artış ve küresel ısınmanın da etkileri ile çevre kirliliği, hava kirliliği, iklim değişikliği, arazi tahribatı, erozyon, ormanların ve tarım alanların yok olması gibi pek çok faktör doğal dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bilinçsizce kullanılan araziler sonucunda doğal kaynaklara talep her geçen gün artmaktadır. Sadece üretim alanlarında değil, orman, sulak alan, bozkır gibi doğal çevrede de biyolojik çeşitlilik ve maddi verimlilik azalmaktadır. (ÇMUSEP 2019). Bu sorunların başında en önemli faktör iklim değişikliğidir. İklim değişikliğiyle beraber tabiatın ekolojik yapısı tamamen değişir; buzullar erir, deniz seviyesi yükselir, şiddetli hava olayları meydana gelir. Kuraklık, çölleşme, salgın hastalıklar, taşkın ve sellerin oluşturduğu etkiler gibi birçok etkenler insan yaşamını doğrudan veya dolaylı etkileyebilecek olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Dikmen 2017).

Ülkemizde en fazla tahrip olduğu düşünülen ekosistem tarım alanları ve ormanlardır. Tarım alanlarında yaşanan susuzluk, hatalı kullanım, erozyon gibi nedenlerle verimlilik düşmektedir. Tarla sahipleri verimliliği artırmak için arazilerinde gübre ve çeşitli ilaçlar kullanmaktadır. Kullanılan gübre ve ilaçlar arazilerde toprak kirliliği ile üzerinde yaşayan canlılarda sağlık sorunları oluşturmaktadır. Orman alanlarının tahrip edilmesiyle; biyolojik çeşitlilik ve su

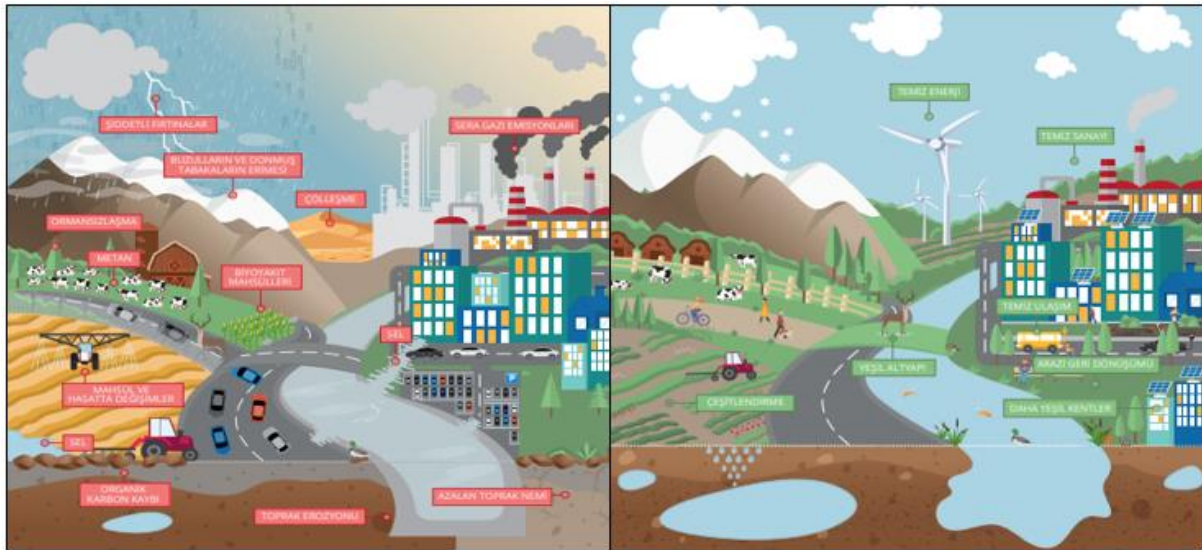
kaynakları azalmakta, arazi parçalanmaları, erozyon, taşkın ve sel olayları yaşanmaktadır. Ekosistemimize zarar veren bir diğer sorun ise sulak alanlarda yaşanan; aşırı sulama, kıyıların doldurulması, liman inşaatları, sulak alanların kurutulması ile aşırı balık avlama ve kirlilik olayları ön plana çıkmaktadır. Maruz kalınan bu sorunlar ortamda yaşayan canlıları da olumsuz etkilemektedir.

Günümüzde kalkınma adı altında ekosisteme etki eden inşaat, turizm, nükleer santraller gibi birçok uygulamanın ekosisteme telafisi mümkün olmayan zararlar verdiği açıkça görülmektedir. Ülkemizde iklim değişikliğinin etkileri halen yaşanmakta olup bu değişimlerin meydana getirdiği olumsuz etkileri minimum düzeye indirebilmek, sosyal ve ekonomik gelişmeyi doğru planlayabilmek için bu sürecin izlenmesi ve iklim değişikliğine uyum çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Tolunay 2021).

Zamansal ve mekânsal değişimlere neden olan birçok faktörün analiz edilebilmesinde klasik yöntemler ile veri toplama çalışmaları zaman, maliyet ve iş gücü gerektirmektedir. Özellikle geniş alanlar söz konusu olduğunda çalışmalar oldukça zorlaşmaktadır. Yaşanan bu zorluklar günümüzde yüksek performansla sahip, hızlı ve düşük maliyet gerektiren UA ve CBS birlikteliği ile aşılabileceği birçok proje ve bilimsel çalışma ile kanıtlanmıştır. Nesneler ile birebir temas gerçekleştirilmeden nesnenin fiziksel özellikleri ve metrik boyutları hakkında bilgi elde etme bilimi olarak tanımlanan UA kütüphanesi ve webCBS uygulama platformu sayesinde yeryüzünün ve doğadaki nesnelerin konumsal, zamansal, spektral ve radyometrik çözünürlükler de görüntülenerek izlenmesi olanaklı hale gelmektedir. Birkaç metreden 1000-5000 km'ye kadar her seviyede UA gerçekleştirilmekteyken, 600-1000 km irtifada uzaya yerleştirilen uydular sayesinde, geniş alanlardan görüntüler alarak elde edilen verilerin haritalanması hatta her verinin kendi özelliklerine göre ayırt edilmesi sağlanmaktadır. Bu durum bilimsel araştırmalar açısından avantaj sağlamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle UA sistemleri, yeryüzü üzerinde oluşan doğal ve yapay değişikliklerin izlenmesi, analizlerinin yapılması, sonuçlarının değerlendirilmesi hususunda dünyada veya ülkemizde yapılan birçok çalışmaya araç olmuştur (Çölkesen 2015).

Dünyada araziler; arazi parçalanmaları, tarım ve endüstri kaynaklı kirlilikler, verimli ürün elde edilememesi, ulaşım zorluğu, toprak erozyonu, olumsuz hava koşulları gibi birçok durumla karşı karşıyadır. Bu durumlara UA ve CBS aracılığıyla müdahale edilip daha temiz ve yeşil alanlar oluşturulmalı, ulaşım kolaylaştırılmalı ve sürdürülebilir tarımsal çalışmalar

gerçekleştirilip, sağlıklı topraklar meydana getirilmelidir. Şekil 1.1’de sürdürülebilir arazi yönetimi görseli gösterilmiştir.



**Şekil 1.1** Sürdürülebilir arazi yönetimi (AÇA 2019).

UA ve CBS'nin kullanıldığı en önemli çalışmalardan birisi de arazi örtüsünün özelliklerinin belirlenmesi, arazi kullanım özelliklerinin saptanması ve bu özelliklerdeki değişimlerin analiz edilmesidir. Arazi örtüsü ve arazi kullanımı, uydu görüntüleri sayesinde belirlenerek nesnelere ait bilgiler elde edilebilmekte ve tematik haritalar üretilebilmektedir. Ancak, bu amaçla yapılacak çalışmalarda bazı UA görüntülerinin temin edilememesi, bazılarının özel kullanım izni gerektirmesi ve birçoğunun da özellikle yüksek çözünürlüklü görüntülerin ticari kaygılarla yüksek maliyetli olmasından dolayı uygulamalarda sıkıntılar yaşanmaktadır. Sorun sadece uydu görüntülerinde de olmayabilir. Kullanılan ekipmanlar da önem teşkil etmektedir. Depolama alanı, hızı, verilere ulaşılabilirliği ile bu süreçte çıkan maliyet ve sarf edilen zaman da yaşanan sıkıntılarda etkili olmaktadır.

Son yıllarda yaşanan gelişmelerle birlikte bu alanda yaşanan sıkıntıların aşılmasında adı sıklıkla duyulan GEE platformu kullanıcılara büyük avantajlar sağlamaktadır. Tamamen sayısal ortamda hiçbir ücret ve depolama alanı gerektirmeyen, geniş veri arşivi ile yüksek çözünürlükte görsel veri elde etme olanağı sağlayan, güncellenebilir arayüze sahip GEE ile elde edilen bilgilerin hata oranı ve çalışma süresi azalmakta, analizler güvenilir ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

GEE platformu, dünyanın tamamına ilişkin değişik uydu platformlarından ve elektromanyetik tayfin birçok bölgesinden alınmış 40 yıllık görüntü kütüphanesine sahip olmakla birlikte meteorolojik verileri de veri tabanında depolayarak, bu verilere ilişkin veri madenciliği yapılmasına ve webCBS uygulamaları ile ilgilenen veriye ulaşılmasını ve verinin analiz edilmesini sağlayarak, iklimsel ve çevresel faktörlere etki eden verilerin ölçülmesi, izlenmesi ve analiz edilebilmesi için kullanıcılara birçok farklı yöntem de sunmaktadır. Bilgisayara hiçbir kurulum gerektirmeden, internetten çevrimiçi kullanılmasından dolayı diğer ticari UA yazılımlarına göre daha kolay ulaşılabilir. Büyük boyutlu verilerin analizini daha erken sürede gerçekleştirip birçok çalışmaya altlık oluşturmaktadır. Coğrafi verilerin analizini ve görselleştirmesini sağlayan GEE ile Landsat, Sentinel ve MODIS gibi birçok uydu verisine özgürce erişilebilmektedir.

UA ve CBS teknolojileri kullanılarak uydu görüntüleri üzerinden arazi içerikli çeşitli çalışmalar gerçekleştirilebilmektedir. Bunlar; arazi örtüsüne ait indeks verilerinin belirlenmesi ( NDVI, GNDVI, NDMI, NBRI, NDWI, NDSI, NDGI, SVI, EVI, SPI), iklim değişikliğine etki eden parametrelerin belirlenmesi (yağış, gerçek evapotranspirasyon, su, palmer İndeksi, potansiyel evapotranspirasyon, akış, nem, radyasyon yüzeyi, sulu kar, en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık, buhar basıncı, rüzgâr hızı), hava kirliliğine yönelik AOD verilerinin belirlenmesi, AYS analizi, kuraklık parametresinin belirlenmesi, taşkın ve sel olayları, orman yangınları, orman kayıpları, nüfus bilgileri, arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflandırması ile makine öğrenme algoritmaları doğruluk değerlendirmesi gibi uygulamalardır. Belirtilen tüm çalışmalar özgür kaynak kodlu GEE platformu kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu platform sayesinde meydana gelen zamansal ve mekânsal değişimler kolay bir şekilde izlenip, analizleri etkili bir biçimde yapılarak elde edilen değerlerin küresel iklim değişikliğine, tarımsal faaliyetlere, ormansızlaştırmaya, sulak alan değişimine vb. birçok konunun arazi yönetimine etkileri araştırılabilmektedir.

## **1.2 ÇALIŞMANIN AMACI**

Bu tez çalışması kapsamında UA ve CBS teknolojilerinin arazi yönetiminde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Buna yönelik olarak GEE platformu kütüphanesinden veri madenciliği yapılarak elde edilen verilerin ortaya çıkarılması ve bu verilerin bilgiye dönüştürülmesi üzerine gerçekleştirilen bir çalışmadır.

Arazi yönetimi açısından farklı konuların GEE platformu ile incelenebilirliğinin araştırılması bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. GEE platformu, zamansal ve mekânsal analizler sunmakla verinin bilgiye dönüşümündeki sürecini de ortaya koymaktadır. Arazi yönetimi açısından özellikle arazi değişimi ve arazi kullanımı gibi konuları ile bu konularda etkili olan iklim değişimini de zamansal ve mekânsal olarak inceleme olanağı sunmaktadır. Bu amaçla dünya yüzeyinde bulunan farklı arazi örtüleri ile iklim değişimine etki eden indeksler hesaplanarak arazi yönetimine etkileri araştırılmıştır. GEE platformu görüntü kütüphanesinden elde edilen Sentinel, Landsat, Modis, TerraClimate, CHIRPS uydu görüntüleri kullanılarak bitki örtüsü indeksleri, iklim verileri, arazi örtüsü sınıflandırması ve arazi kullanımı, hava kalitesi, orman yangını kayıpları ve nüfus yoğunlukları araştırılan yıllara göre filtrelenerek incelenmesi ve ayrıca sınıflandırma algoritmalarının performans düzeyleri belirlenerek, sonuçların karşılaştırılması da hedeflenmiştir. Yapılan bu çalışma; arazi yönetimine yönelik hangi faktörlerin rol alacağı değerlendirilerek ve etki oranları hesaplanarak bu alanda yapılacak olan çalışmalara katkı sağlanmasını da hedeflemektedir.

### 1.3 ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM

*“Farklı Arazi Kullanımı İçeren Bölgelerin Google Earth Engine Bulut Platformu ile İzlenmesi ve Değerlendirilmesi”* başlıklı çalışmanın ilk bölümünde önemine ve amacına yer verilmiştir. Burada küresel iklim değişikliği ve çevre kirliliğinin meydana getirdiği olumsuz olaylara değinilmiştir. Bu olumsuz olayların izlenmesi ve iklim değişikliğine uyum çalışmalarının yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Zamansal ve mekânsal değişimlerin klasik yöntemlerden ziyade UA ve CBS teknolojileri ile yapılmasından bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise arazi yönetiminin öneminden bahsedilip, insanoğlu ve arazi ilişkisine değinilmiştir. Daha sonra günümüzde sürdürülebilir arazi yönetiminin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmaların hızlı ve kolay yapılabilmesinde UA teknolojileri ve CBS’nin rolüne değinilmiştir. Bu sistemler sayesinde kentsel ve kırsal alanlarda yapılan arazi politikalarının geleceğe yönelik planlamalarda, arazi yönetimine büyük katkılar sağlayacağı üzerinde durulmuş ve bu alanda yapılan uygulamalara örnekler verilmiştir.

Üçüncü bölümde UA teknikleri ve CBS ile adını duyuran GEE platformundan bahsedilmiştir. Bu platformun içerdiği zengin veri kataloğu ile birlikte arayüzü kullanımı anlatılmış ve ne tür alanlarda kullanılabileceğine değinilmiştir. GEE platformu görüntü kütüphanesi üzerinden veri madenciliği ve webcbs uygulamaları hakkında temel bilgiler verilmiştir. Daha sonra görüntü

kütüphanesine veri sağlayan sistem ve uydular açıklanıp, GEE platformunda analizi gerçekleştirilen spektral indeksler formülleriyle ifade edilmiştir. Son olarak platform kapsamında uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılan algoritmalara değinilmiştir.

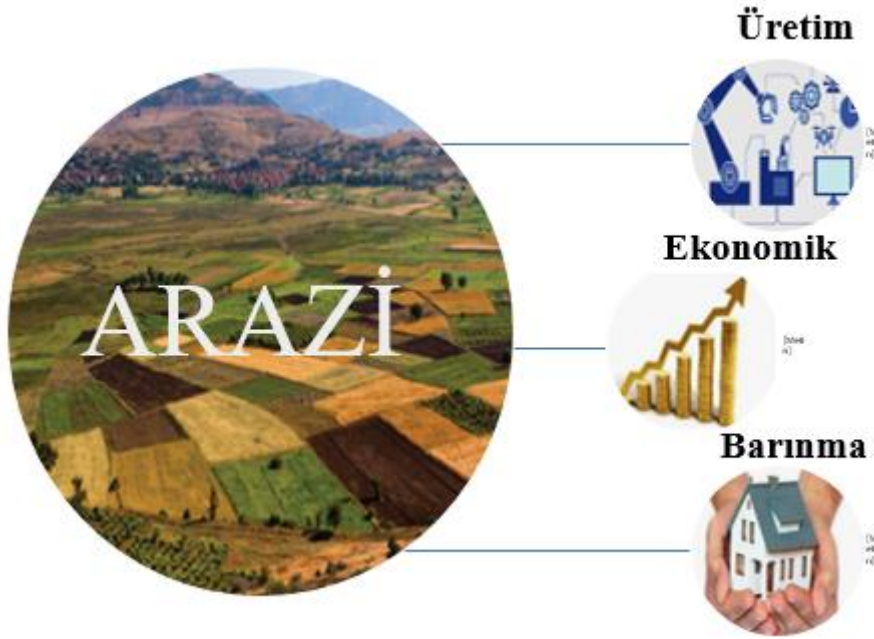
Uygulama bölümünde ise, GEE platformu üzerinden farklı arazi kullanımı içeren bölgelere ilişkin; kuraklık, iklim değişimi, orman yangınlarının takibi ve analizi, arazi değişimi, tarımsal alanlardaki değişimin ve verimliliğin analizi, kentsel ve kırsal arazilerde hava kirliliği belirleme, takibi ve analizi gibi beş uygulama ele alınmıştır. Bu uygulamaların; çalışma alanı, kullanılan verileri ve bu verilerin elde edilme yöntemleri incelenmiştir.

Beşinci bölümünde, GEE platformu üzerinden gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulgular çizelge, grafik ve haritalar üzerinden değerlendirilerek tartışılmıştır. Son bölümünde ise, elde edilen sonuçlar değerlendirilerek önerilerde bulunulmuştur.

## BÖLÜM 2

### ARAZİ YÖNETİMİ

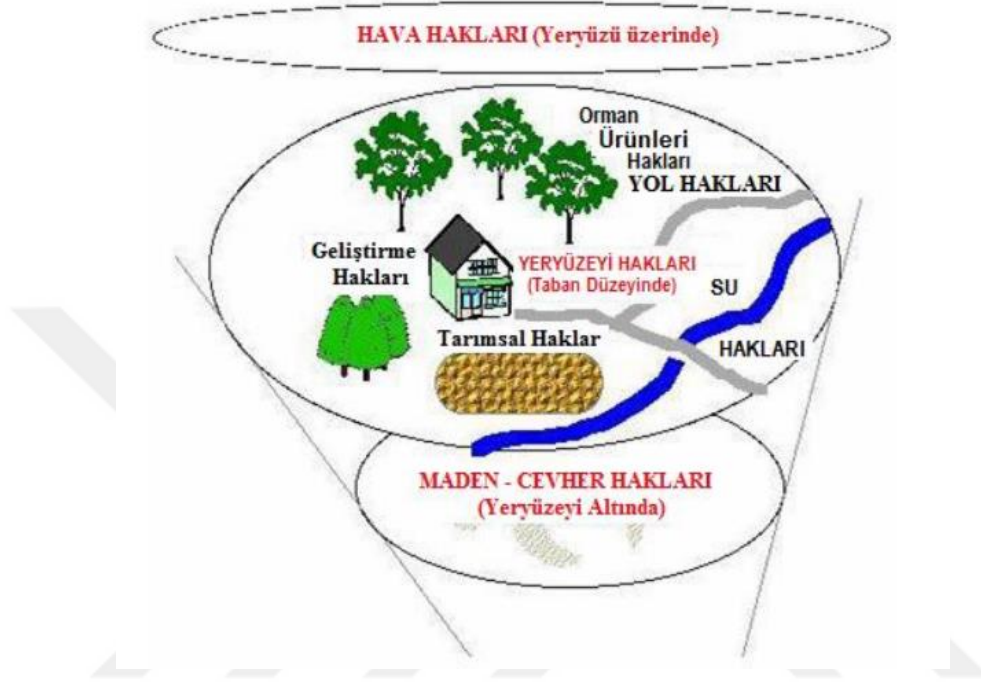
Arazi yönetiminin en iyi şekilde anlaşılabilmesi için ilk olarak arazi teriminin bilinmesi gerekir. Arazi, insanoğlunun yaşamını idame ettirdiği en temel alanlardan biridir. Geçmişten günümüze tüm yaşamsal faaliyetlerimizde; üretim, ekonomi ve barınma durumlarında hayatımızda çok önemli bir yere sahip olmuştur. Dolayısıyla arazilerin korunması büyük önem arz etmektedir. (Erkan vd. 2011). Arazi kişilerin zenginlik göstergesi olsa da, ülkelerin ekonomik kaynağını oluşturmaktadır. Hayatımızın ayrılmaz bir parçası olan arazi; miktarı artırılmayan bir doğal kıt kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır (Yomralıoğlu ve Çete 2005). Şekil 2.1’de Arazi ve yaşamsal faaliyetleri ifade eden görsel gösterilmiştir.



**Şekil 2.1** Arazi ve yaşamsal faaliyetler arasındaki ilişki.

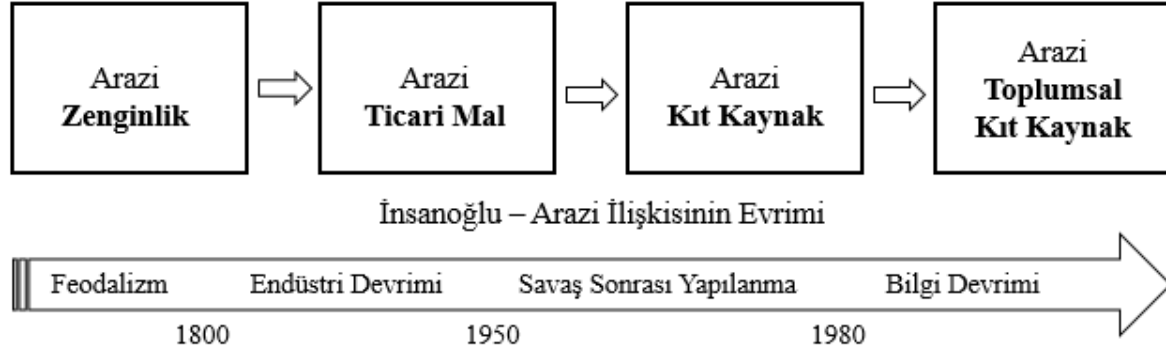
Arazi ya da toprak, dünyamızın en değerli kaynaklarından biridir. İnsan ilişkilerinde hem bireysel hem toplumsal büyük öneme sahiptir. Ülkelerin ekonomik, sosyal ve siyasi konuları ile yakından ilgilidir. Ancak dikkat edilmediğinde bu önemli varlığında sonu bulunmaktadır. Bu

nedenle insan-toprak ilişkisinin sürdürülebilir şekilde sağlanması gerekir. Arazi yeryüzü üzerinde; hava haklarına, yeryüzü yüzeyinde tarım, orman, yol, su gibi birçok haklara, yeryüzü altında ise maden ve cevher haklarına sahiptir. Şekil 2.2’de arazi mekânının üç boyutlu krokisi gösterilmiştir.



**Şekil 2.2** Arazi mekânının üç boyutlu krokisi (Erkan vd. 2011).

İnsanoğlunun yaşamaya başladığı ilk dönemlerden Endüstri devriminin yaşandığı 1800’lü yıllara kadar arazi zenginlik ve gücü ifade ediyordu. Bu yıllarda sermaye artınca zenginlik kavramı ortadan kalkmış, arazi alış-satış yapılabilen ticari bir mal haline dönüşmüştür. İkinci dünya savaşının yaşandığı 1950’li yıllardan sonra arazileri baştan düzenleme gereksinimi ortaya çıkmış, artan nüfus ile beraber arazi kıt kaynak olarak görülmüştür. 1980’li yıllara doğru sorunlar gün geçtikçe artmış ve bu sebeple arazinin sadece kentsel alanlarda değil kırsal alanlarda da yönetilebilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu yüzden arazi, toplumsal bir kıt kaynak olarak belirtilmiştir (Yomralıoğlu 2019a). Arazi insan yaşamının farklı zamanlarında çeşitli ifadelerde ilişkilendirilmiştir. Bu ifadeler Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.3** İnsanoğlu – arazi ilişkisinin evrimi (Yomralıoğlu 2019a).

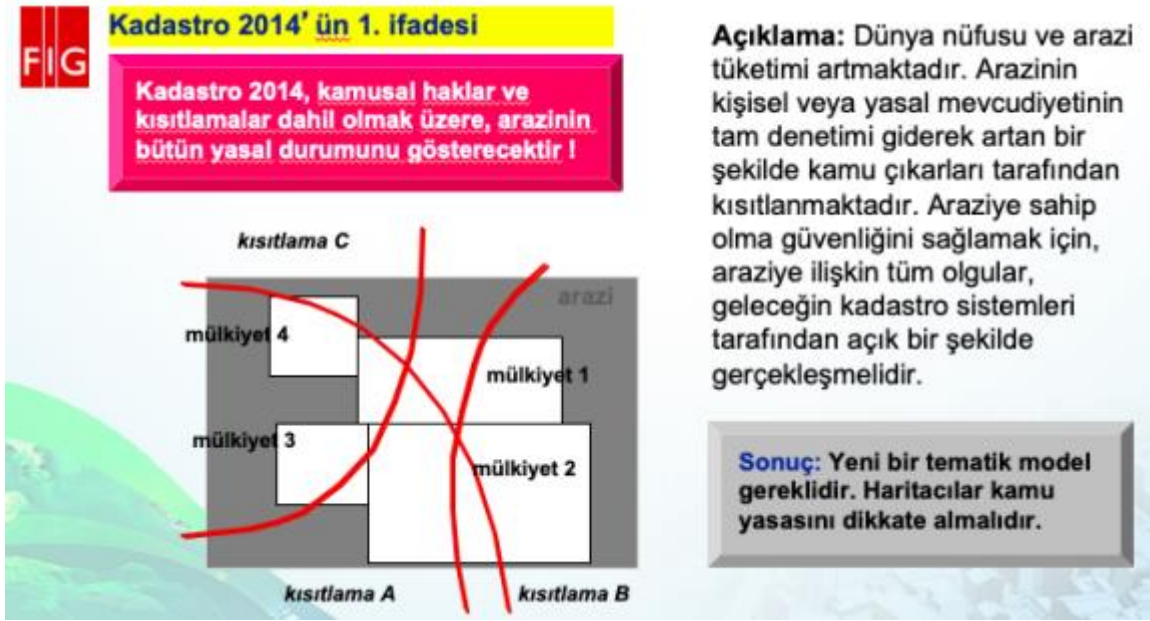
Yoktan arazi var edilemediği için araziye talep her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple arazi dediğimizde aklımıza ilk önce toprak gelmelidir. Çünkü arazi yönetimi çerçevesinde toprağın korunumu, mülkiyeti, değerlendirilmesi ve değerlemesi karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle topraklar dünyamızın en değerli kaynaklarındandır. İnsan ilişkilerinde toprak, mülkiyet ile birlikte maddi ve manevi açıdan büyük öneme sahiptir. Ülkelerin ekonomik, sosyal ve siyasi konuları ile yakından ilgilidir. Bu bakımdan toprak ile insan arasındaki ilişki kadastro sayesinde sağlanmaktadır. Dünya üzerinde sağlıklı bir arazi yönetiminin yapılabilmesi için kadastro bilgileri altlık olarak kullanılmaktadır. Bu sayede kırsal yerleşmelerde kadastro ve mülkiyet, sürdürülebilir arazi yönetiminin gelişimi açısından önemli bir yere sahiptir (Bilgin 2017).

Mülkiyet, serbest ekonomi kurallarının uygulandığı devletlerde; sahibine taşınır veya taşınmaz bir mal üzerinde hukuk sisteminin sınırları dâhilinde kullanım hakkı veren etkidir. Kişisel hak ve özgürlükler kapsamında bakıldığında mutlak ve aynı hak olan mülkiyet hakkı, planlama açısından bakıldığında ise herhangi bir bölgenin eylem planı ve o bölgenin yapısal düzenini etkileyen önemli bir unsurdur (Karslı ve Baz 2018).

Kadastro ise taşınmaz malların hukuki ve geometrik hallerinin tespiti şeklinde ifade edilebilir. Bu kavramın ana amacı bireylerin sahip olduğu taşınmazların nerede ve ne miktarda bulunduğu belgesini oluşturmaktır. Yani mülkiyet bilgileri kayıt ve güvence altına alınarak, yaşanacak karışıklıkların ve anlaşmazlıkların önlenmesi amaçlanmıştır (Kundakçı ve Ergönül 2005).

Kadastro 2014 vizyonu FIG tarafından hazırlanmıştır. FIG, Uluslararası ölçmeciler birliği olarak adlandırılır. Dünya genelinde harita mühendislerinin çıkarlarını temsil eden, ileri gelen uluslararası kuruluştur. FIG, her dört yılda bir düzenlenen geniş çaplı konferanslar ile üyeleri

arasında üst düzeyde bilgi alışverişi sağlamaktadır. Kadastro 2014 vizyonunda, kadastronun hangi seviyede bulunması gerektiği açıklanmış ve yer üzerindeki mülkiyete konu olan bütün taşınmazlar birer nesne olarak nitelenmiş ve bu nesnelere ilişkin her türlü özel veya kamusal hak ve kısıtların belirlenmesi ile modern sistemler bünyesinde kayıt altına alınması gereği vurgulanmaktadır (Yomralıoğlu 2019b). Şekil 2.4’de FIG Kadastro 2014 vizyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.4 FIG Kadastro 2014 vizyonu (Yomralıoğlu 2019b).

Arazi kullanımı yirmi birinci yüzyılda dünyanın en büyük sorunları haline dönüşmüştür. Hızlı ve kontrolsüz gelişen dünyamızda, ekonomik ve teknolojik gelişmelerle birlikte nüfus artmakta doğal denge bozulmakta ve araziler azalmaktadır. Bu azalmanın etkilerinin önemli olmasının nedenlerinden biri de kırsal alanlardan kentsel alanlara yaşanan düzensiz göçler ile kırsal arazilerin azalması, kentsel arazilerinde düzensiz planlanması ile birçok arazi yok olmaktadır. Bu doğal dengeyi bozmadan gelecek nesillere sürdürülebilir bir şekilde idame ettirmek bizlere düşen bir görevdir. Bu nedenle mevcut arazi ve doğal kaynak kullanımlarının değerlendirilip tespit edilmesi, planlaması, çözüme kavuşturulmasında arazi politikaları oluşturma ve sürdürülebilir arazi yönetiminin gerekliliği ortaya konmaktadır (Bilgin 2017).

Gelişen teknoloji sayesinde arazi yönetimini ile ilgili çalışmalar yürüten kurum ve kuruluşlar, bilgi teknolojilerinden faydalanarak, elde ettikleri verilerin etkili yönetimi için CBS'den

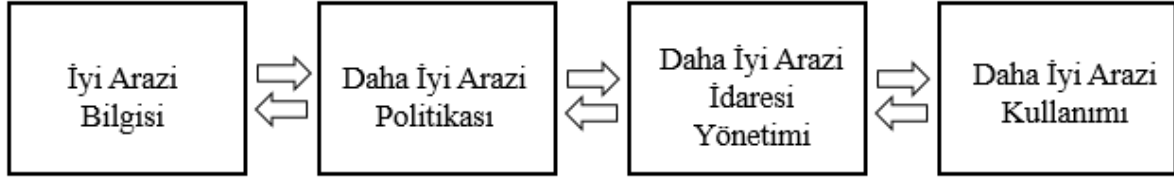
yararlanır. Bu alanda birçok farklı modeller oluşturulup, ihtiyaçlara göre geliştirilmektedir. Planlama evresinin analiz-sentez süreçlerinde farklı sorgu modelleri, mekânsal karşılaştırmalar ve sınıflamalar gerçekleştirilip elde edilen verilerle; etkin, hızlı, güvenilir ve sağlıklı değerlendirmeler sağlanmaktadır.

Günümüzde sürdürülebilir arazi yönetimi kavramı, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin oluşturduğu çevre sorunları sebebiyle önemi her geçen gün artan çalışmalardan biri olmuştur. Artan nüfusa karşılık arazi ile ilgili her türlü verinin etkili kullanılmasını sağlayan yöntem sayesinde doğal çevre korunur, sürdürülebilir yaşam alanları oluşturulur, sosyal ve teknik altyapı geliştirilir, arazi gayrimenkul piyasası düzenlenir vb. birçok düzenleme arazi yönetim politikaları ile arazinin mevcut tüm yönleri ayrıntılı ele alınıp incelenir (Dale ve McLaughlin 1988, Bilgin 2017). Her geçen gün artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayabilmek, doğal kaynaklardan en yüksek verimlilikte yararlanabilmek, hem kırsal hem de kentsel alanlarda sağlıklı arazi yönetimi gerçekleştirebilmek için sürdürülebilir kalkınma modeline ihtiyaç duyulur. Bu model ile birlikte ekonomi güçlenir, sosyal hayat gelişir ve bu sayede süreklilik amaçlanır (Erpul ve Topçu 2016). Günümüzde ve gelecekte meydana gelebilecek her türlü gereksinimin karşılanmasında ekonomik büyüme modeli olarak tanımlanan sürdürülebilir kalkınma çalışmaları büyük önem kazanmıştır. Şekil 2.5’de sürdürülebilir kalkınmanın amaçları gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Sürdürülebilir kalkınma amaçları (URL 1).

Sürdürülebilir kalkınma çalışmaları sayesinde etkin bir arazi yönetimi sağlanabilir. Beslenme, barınma, doğal kaynakların korunması ve tüm ihtiyaçların karşılanmasında, arazinin sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesinde etkin arazi idare ve yönetiminin yapılması gerekir. Etkin arazi idare ve yönetim için doğru arazi politikasına ihtiyaç duyulur. Tabi bu politikanın güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için ise nitelikli arazi bilgisine sahip olmak gerekir. Şekil 2.6 da arazi yönetimi ve kullanımı arasındaki ilişki gösterilmiştir.



**Şekil 2.6** Arazi bilgisi, politikası, idaresi, yönetimi ve kullanımı arasındaki ilişki (UN ve FIG 1999).

Sürdürülebilir arazi yönetimi, arazinin ilk olarak parsellenmesinden ve sınırlandırılmasından itibaren ortaya çıkmış ve güncelliğini koruyan bir durumdur. Modern dünyada, arazi idaresi kavramı ilk olarak UNECE tarafından öne çıkarılmıştır (URL 2). Bu kavram, arazi yönetimi politikalarının uygulanması aşamasında arazi üzerindeki hakları, arazi değeri ve arazinin kullanım şartları gibi hususların tespit edilmesi, kaydedilmesi ve paylaşılması işlemlerini kapsayan bir ifade olarak tanımlanmaktadır (İnan ve Yomralıoğlu 2011).

Ülkeler, sahip oldukları toprakların güvencesini, sosyal haklarını ve ekonomisini koruyabilmek için arazi politikalarını uygulayıp, temel alt yapıyı sağlamalıdır. Bu sayede sürdürülebilir arazi gelişimini sağlamış olurlar. Sürdürülebilir arazi yönetiminde 5 ana unsur söz konusudur (URL 3):

- Arazi Mülkiyeti (Tapu-kadastro, mülkiyet hakları)
- Arazi Kullanımı (Kent-Kır planlaması, uygulama ve politikalar)
- Arazi Geliştirme (Planların uygulanması, imar-izleme-denetimler)
- Arazi Değeri (Taşınmazların değer tespiti, değerlendirme haritaları)
- Arazi Bilgi Altyapısı (Arazi/Kent/Coğrafi Bilgi Sistemleri, veri tabanı)

Arazi kullanımında yaşanan hızlı değişimlerden dolayı dünyada bu değişimi izleme, analiz etme ve haritalama gibi çalışmalar yoğun bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Var olan arazinin kullanımı sorgulanıp ne tür değişimlerin meydana geldiği, ne zaman ortaya çıktığı, nasıl bir süreç izlediği, çevreyi nasıl etkilediği ve çevreyle nasıl bir ilişki içerisinde olduğu gibi bilgilere ihtiyaç duyulur (El-tantawi et al. 2019). Bu değişimler son yıllarda hız kazanmakta ve küresel anlamda çevresel bozulmalara neden olmaktadır. İklim değişikliğinde, insan sağlığında, biyolojik çeşitlilikte, gıda ihtiyacında etkili olup toprak ve su elementlerinin yapısının bozulmasında rol oynamaktadır. Bu bozulmalar ise en çok nüfusun yoğun olduğu yerlerde etkili olmaktadır (Perović et al. 2018).

Nüfusun yoğun olduğu yerlerden biri kentlerdir. Kentlerde yaşayan insanların ihtiyaçlarına çözümler üretip bunları karşılamak yerel birimlere düşmektedir. Bu birimler hizmetlerini düzenli bir şekilde yerine getirebilmesi için kente ait bilgilere hâkim olmalıdırlar. Bu bilgiler; altyapı, üstyapı, planlama, sağlık, güvenlik, ulaşım, turizm gibi kent yaşamına dâhil olan tüm konuları içerir. Bu konuların kurumlar tarafından toplanması, depolanması, paylaşılması ve yönetilmesi günümüzde kent bilgi sisteminin görevleri arasındadır (Yıldırım 2021).

Son yıllarda kontrolsüzce ilerleyen sanayileşme ve kentleşme, geri kazanımı mümkün olmayan kırsal arazilerin azalmasına ve verimli tarım arazilerin tahribatına neden olmuştur. Bu tahribatın sonucunda kırsal alanlarda sürdürülebilir kalkınma faaliyetlerine büyük gereksinim artmıştır. Kırsal alanların sürdürülebilir kalkınmasında CBS önemli bir araç olmuştur. Bu sayede insan ihtiyaçları ile doğal yaşamın ihtiyaçları uyumlu hale getirilip bilinçli bir dönüşüm sürecinin gerçekleşmesi amaçlanmıştır. CBS, grafik ve sözel verilerin hızlı ve doğru analizlerini yapma, kalkınma tahminleri oluşturma ve kırsal alanların sürdürülebilir kalkınmasını planlama açısından faydalı bir araçtır (Kurowksa and Kowalczyk 2022). Sürdürülebilir kırsal kalkınma planları doğrultusunda elde edilen coğrafi veriler, tarım arazisinin verimli bir şekilde bölünmesine yardım ederken, bu bölümlere ne zaman ve ne oranda dikim yapılacağı, ne kadar ürün elde edilebileceği gibi durumların nasıl yapılacağı ve kullanılacağı hakkında yol göstermektedir.

Gelişen UA ve CBS teknolojileri, geçmiş yıllarda kullanılan yersel yöntemlere ve arazi çalışmalarına göre büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar yeryüzünün zamansal ve mekânsal değişiminin izlenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Bu teknolojiler sayesinde geliştirilen uygulamaları şu şekilde ifade edebiliriz;

TAKBİS projesi ile gelişen çok amaçlı kadastro kavramı, CBS ile birlikte Tapu ve Kadastro bilgi sistemini ortaya çıkarmıştır. Tapu ve Kadastro bilgi sistemiyle ülkenin tüm tapu ve kadastro verileri sisteme aktarılıp, istenilen işlemler bu sistem dâhilinde yapıp vatandaşlara hizmete sunulmuştur (Alkan ve Can 2009). TAKBİS projesinin amacı arazi yönetiminde güvenli ve güncel bilgiler sağlayıp, sürdürülebilir arazi bilgi sistemi oluşturup, kadastro işlemleri standartlarını sağlamaktır.

Üç boyutlu mülkiyet anlayışı geliştirilerek, dünya üzerinde kullanılan 2 boyutlu kadastro sistemleri yerini, arazi dâhilinde mülkiyet konusu olan 3 boyutlu hak ve kısıtlamalara bırakmıştır. Geleceğin modern kadastrosu için arazinin tüm boyutlarındaki bilgiler CBS içinde yer alıp konumsal veri tabanı ile birleştirilip, sahip olunan mülkiyet modellenmektedir (Ayazlı vd. 2007).

Kentsel dönüşüm ile “sürdürülebilir, yaşanabilir, sağlıklı ve çağdaş, kentlerin oluşturulması amaçlanmaktadır. Kent planlamalarında elde edilen tüm verilerin saklanması, ilişkilendirilmesi, güncellenmesi gibi işlemlerin tek çatı altında yapılabilmesi için CBS’ye büyük görevler düşmektedir. Hızlı ve güvenilir analizler gerçekleştirmeyi sağlayan CBS mekânsal ve sözel bilgilerin bir arada değerlendirilmesi ve planlamasını sağlamaktadır (Aksu 2007).

TARBİL projesi, tarımsal ve hayvansal tüm verilerin toplanıp kayıt altına alındığı, raporlamalarının yapıldığı ve sonuçlarının kullanıcıya sunulduğu hayati bir projedir. Temel toprak bilgileri sayısal ortama girilerek toprak veri tabanı oluşturulmakta ve istenilen zamanda kolay bir şekilde ulaşıp topraklarla ilgili doğru kararlar alınabilmektedir (İban 2020).

MERBİS projesi ile Mera arazisi olarak belirlenen parseller bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu parsellerin tüm öz nitelik bilgileri veri tabanına girilmiş ve CBS yardımıyla bu arazilerin çeşidi, coğrafik ve topoğrafik dağılımları ortaya konulmuştur (Gençer ve Başayığit 2010).

ORBİS projesi ile çeşitli tematik bilgiler farklı veri katmanlarında depolanmaktadır. Bu katmanlara; Mülkiyet sınırları, eşyükselti eğrileri (veya sayısal arazi modeli), kadastral veriler, yollar, dereler, su alanları, meşcere tipleri gibi alanlar örnek olarak verilebilir. Ormancılık birçok çalışma alanını etkilediğinden günümüzde çağdaş ormancılık çalışmalarına ihtiyaç duyulmakta ve bu çalışmaları gerçekleştirebilmek için CBS'den yararlanılmaktadır. ORBİS, CBS ile üretilen yüksek kartografik haritalardan oluşmaktadır. Bu haritalar sayesinde ormancılıkta yaşanan problemler hızlı ve güvenilir bir şekilde çözülüp, maliyetten tasarruf sağlanmaktadır (Acar ve Gümüş 2011).

AT projeleri ise ekonomik hayatın, sosyal kalkınmanın ve kırsal alanlardaki yoksulluğun çözüme kavuşturulmasında, ülke içi tarımsal arazi topraklarının parçalanmasını önlemede en uygun arazi yönetim planlarıdır. Bu planların yapımında toprakların mülkiyet ilişkileri, toprak reformu, doğal alanlar, kırsal yerleşim, kırsal peyzaj ve kırsal alanların sürdürülebilir yönetimi dikkate alınır. Tüm bu çalışmaların hızlı, doğru ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için CBS'den yararlanılmaktadır (Banger ve Doğan 1998).

Taşınmaz değerlemesi ise taşınmazların özelliklerinin tespit edildiği, nicel - nitel verilerin birlikte işlendiği ve değerlemesinin ülke güncel piyasa birim fiyatları gibi değeri etkileyen faktörlere bakılıp değerlendirme çalışmasının yapıldığı bir işlemdir. Bireysel olarak gerçekleştirilse de aslında topluma etki eden bir işlemdir. Oluşturulan değerlendirme raporlarının zamandan tasarruf sağlaması, doğru ve güvenilir kaynaklardan elde edilen verilerin kullanımını, saklanmasını ve analizini gerçekleştirmek için CBS'den faydalanılmalıdır. Taşınmaza ait ihtiyaç duyulan veriler bu veri bilgi sisteminden elde edilmektedir (Işıklı 2019).

Tüm bu geliştirilen ve geliştirilmeye devam eden çalışmalar sayesinde, belirlenen geniş çalışma alanlarında zamandan ve maliyetten tasarruf sağlanmıştır. Yüksek doğrulukla analiz edilerek oluşturulan çevresel sürdürülebilir arazi politikaları sayesinde geçmiş değerlendirilerek geleceğe yönelik planlamalara büyük katkılar sağlanmak amaçlanmıştır. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesinde mesleğimize önemli görevler düşmektedir. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte hem bilgi teknolojileriyle hem de uydu görüntüleme sistemleriyle yakından ilgilenen haritacılık sektörü, verileri daha kısa sürede elde edip, her türlü sorgu ve analiz işlemlerini çok daha anlamlı bir şekilde gerçekleştirmektedir.



## **BÖLÜM 3**

### **GEE PLATFORMU GÖRÜNTÜ KÜTÜPHANESİ ÜZERİNDEN VERİ MADENCİLİĞİ VE WEBCBS UYGULAMALARI**

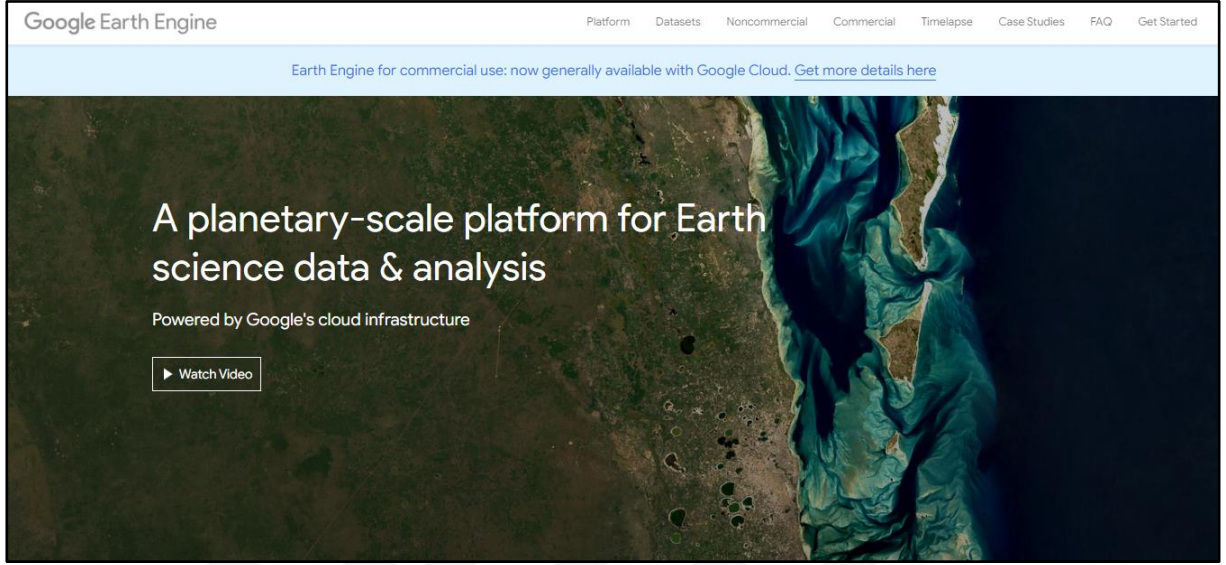
Bu bölümde UA teknikleri ve CBS ile adını duyuran GEE platformundan bahsedilmiştir. Bu platformun içerdiği zengin veri kataloğu ile birlikte arayüzü kullanımı anlatılmış ve ne tür alanlarda kullanılabileceğine değinilmiştir. GEE platformu görüntü kütüphanesi üzerinden veri madenciliği ve webcbs uygulamaları hakkında temel bilgiler verilmiştir. Daha sonra görüntü kütüphanesine veri sağlayan sistem ve uydular açıklanıp, GEE platformunda analizi gerçekleştirilen spektral indeksler formülleriyle ifade edilmiştir. Son olarak platform kapsamında uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılan algoritmalara değinilmiştir.

#### **3.1 GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORMU**

Son yıllarda hızla gelişen teknoloji ile UA ve CBS alanında interaktif hizmet veren GEE platformu geliştirilmiştir. GEE, uydu görüntülerini ve jeo-uzamsal verileri bulut ortamında analiz eden güçlü bir platformdur. Bu platform geniş veri arşivine sahip olmasıyla, her gün güncellenen ve genişletilen 40 yılı aşkın geçmiş görüntüleri ve bilimsel veri kümelerini içerir. Platform JavaScript, Python ve REST API dillerinden biri ile sunucuya bağlanarak işlemlerini gerçekleştirebilmektedir (Kumar and Mutanga 2018).

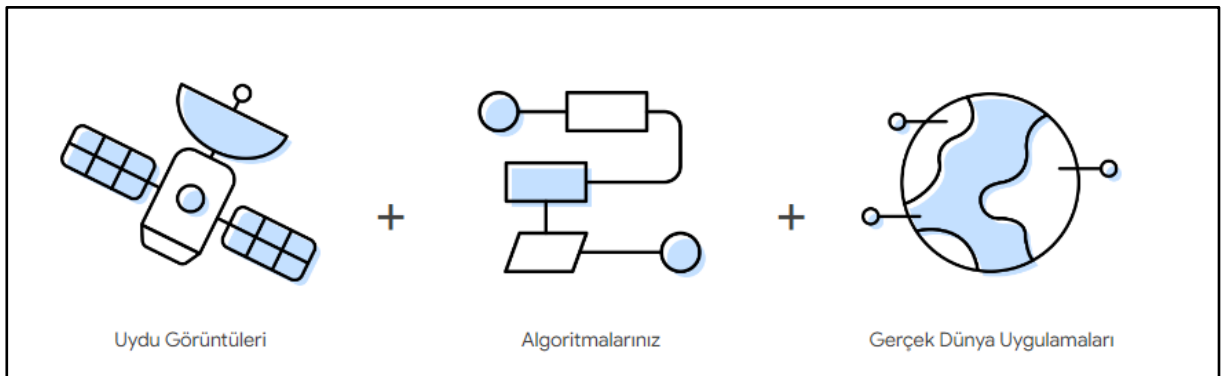
GEE, kamu ve özel sektördeki ilgili kurum ve kuruluş çalışanlarına kısaca tüm meraklılarına coğrafi veri paylaşımı imkânı sağlayan bir platformdur. Bu platform sayesinde görüntülerin işlenmesi, değerlendirilmesi ve analizi hiçbir depolama alanı gerektirmeden bulut sistemi içerisinde hızlı ve çevrim içi bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Platformu kullanabilmek için bir Google hesabınızın açılmış olması gerekir. Yalnızca bilimsel amaçlar için kullanacağınızı vadettiğiniz hesap başvurusu onaylandıktan sonra GEE hesabınız ile giriş yaparak içerisinde bulundurduğu birçok veri kataloğuna özgürce erişebilir, hatta kendi

geliştirdiğiniz algoritmalarla platforma ve tüm kullanıcılara katkı sağlayabilirsiniz. Şekil 3.1’de GEE giriş ana sayfası görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.1 GEE giriş ana sayfası görüntüsü (URL 4).

Bu platform ile arazilerin kullanımlarını tespit edebilir, iklim değişimi, orman değişimi, nüfus yoğunlukları, afet olayları gibi birçok çevresel değişimler izlenip, analizler gerçekleştirilebilir. Landsat, MODIS, Sentinel, CHIRPS, IDAHO vb. görüntü sağlayıcıları ile farklı algoritmalar kullanılıp, iklim verileri, arazi örtüsü değişimi ve arazi kullanımı, hava kalitesi, nüfus değişimi gibi birçok uygulama açık kaynaklı veri kataloğu sayesinde elde edilebilmektedir. Şekil 3.2’de GEE platformu çalışma biçimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2 GEE platformu çalışma biçimi (URL 2).

### 3.2 GEE PLATFORMUNUN KOD EDİTÖRÜ UYGULAMASI

GEE kod editörü, web tabanlı uygulama yapma imkânı saylayan bir ortamdır. Kod editörü, yapılması planlanan çalışmaların hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu bölümde Javascript ve Python yazılım dilleri kullanılarak kodlar yazılmakta, bu kodların yazımı hakkında ipuçları paylaşılmakta ve kod yazarken karşılaşılan hatalar gösterilerek düzeltme imkânı sağlanmaktadır. Şekil 3.3’de GEE kod editörü ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 3.3 GEE kod editörü ara yüzü (URL 5).

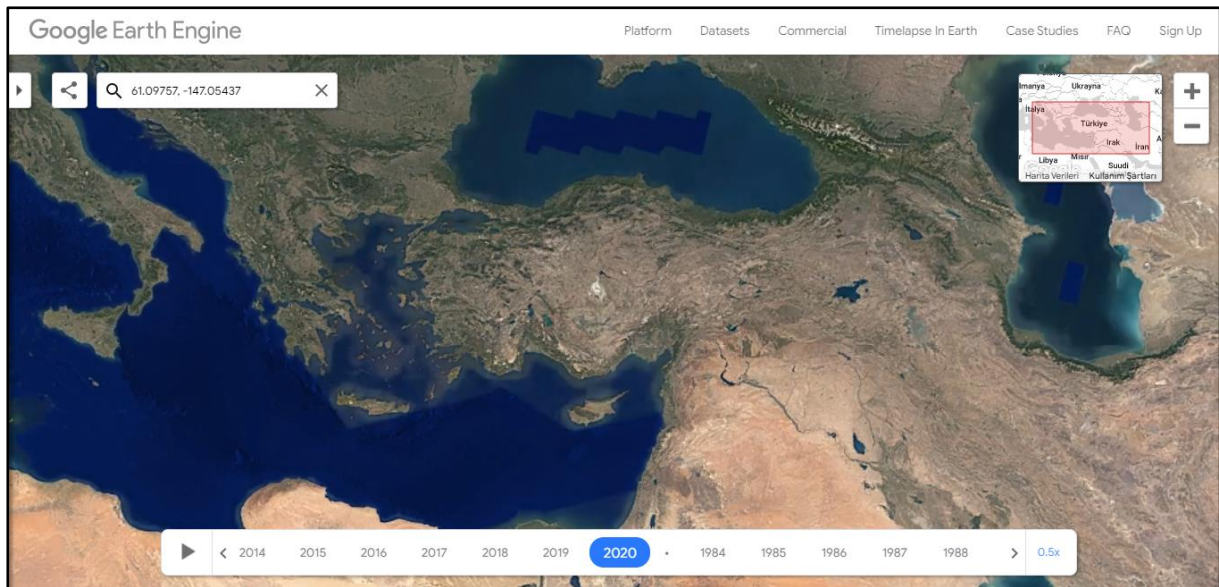
GEE kod editörü, kullanımı kolaylıkla anlaşılır şekilde tasarlanmıştır. Bu arayüz içerisinde birçok araç bulundurmaktadır. Bu araçlar aşağıda açıklanmıştır;

- Editör paneli; komut dosyalarının oluşturulduğu, kodların düzenlendiği, hatalı olan kodların gösterildiği paneldir. Bu panelde silme, çalıştırma, kaydetme ve çalışmanın linkini paylaşma gibi komutlar bulunmaktadır.
- Sol panel; Komut dosyalarının yönetildiği, Javascript API dokümanlarının olduğu ve kendi dosyalarınızın bulunduğu bölümlerden oluşan bir paneldir. Bu bölümde editör panelinde yazıp kaydettiğiniz kod, Scripts bölümünde depolanır ve saklanır. Ayrıca bu bölümde GEE tarafından paylaşılan hazır kodlarda bulunmaktadır.
- Docs bölümünde, Javascript API dokümanları yer almaktadır. Bu dokümanlar gerçekleştireceğiniz analizlere hazır algoritma eklemenizi sağlar.
- Assets bölümünde ise kullanıcı çalışmasına ait dosyaları GeoTIFF, Shape Files, CSV gibi dosya formatlarında yükleyip gerçekleştireceği çalışmada kullanabilir.

- Sağ panel; Çıktıların alındığı, sonuçların sorgulandığı ve dışa aktarıldığı paneldir.
- Inspector bölümü; elde ettiğimiz görüntülerin konum bilgisi, piksel değerleri, bant sayısı hakkında bilgiler vermektedir.
- Console bölümü; komut dosyasında yazdırılan çalışmanın çıktı sonuçlarını yani metin, grafik veya şekil gibi tanımlanan nesnelerin görüntülenmesini sağlamaktadır.
- Tasks bölümünde ise elde edilen veriler istenilen özelliklerde dışa aktarılır.
- Haritanın olduğu panelde ise harita üzerinde yer alan geometri araçları ile çalışma alanı kaydırılabilir, nokta atılabilir, çizgi çizilebilir, geometrik ve dikdörtgen şeklinde alanlar oluşturulabilmektedir.

### 3.3 GEE PLATFORMUNDA ZAMAN ATLATMALI ÇEKİMLER (TIMELAPSE)

GEE Timelapse, içerisinde bulundurduğu veri kütüphanesi ve uygulanabilirliği göz önüne alınarak 1984-2020 yılları arasında dünya yüzeyindeki değişimler, kaydedilmiş görüntüler sayesinde zaman atlamalı çekim tekniği ile kullanıcılara sunmaktadır. Bu değişimler; kentsel alanların artması, ormanların yok olması ve buzulların erimesi gibi birçok çevresel olaylar zaman atlamalı video şeklinde görüntülenebilmektedir. Şekil 3.4'de GEE Timelapse ara yüzü gösterilmiştir.



Şekil 3.4 GEE Timelapse ara yüzü (URL 6).

GEE Timelapse ara yüzünde sol üst kısmında belirtilen arama çubuğuna dünya üzerinde herhangi bir yer yazılıp, oynat sekmesine basıldığında, istenilen ölçekte ve yıla ait 36 yıllık zamansal değişim fark edilerek video şeklinde 2 boyutlu olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Ayrıca kullanıcılar Google Earth uygulamasıyla 3 boyutlu haline de ulaşabilmektedir. Şekil 3.5’de ABD’deki Las Vegas kentinin 36 yıldaki değişimi gösterilmiştir.

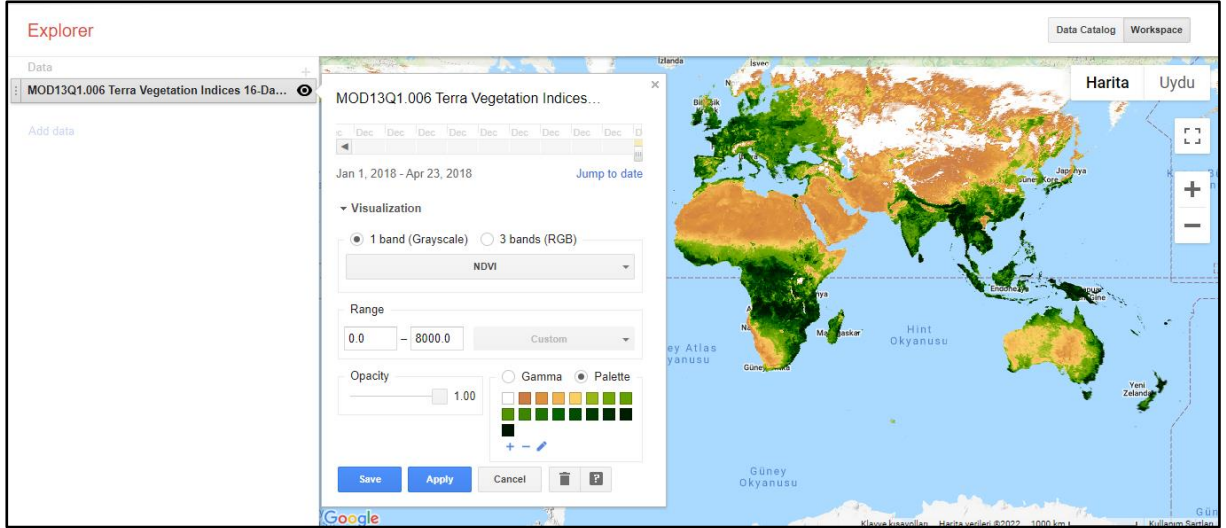


**Şekil 3.5** ABD’deki Las Vegas kentinin 36 yıldaki değişimi (URL 6).

ABD’deki Las Vegas kentinin 1984 yılından 2020 yılına kadar ki zaman aralığında hızlı bir gelişime uğradığı GEE Timelapse arayüzü ile gözler önüne serilmiştir.

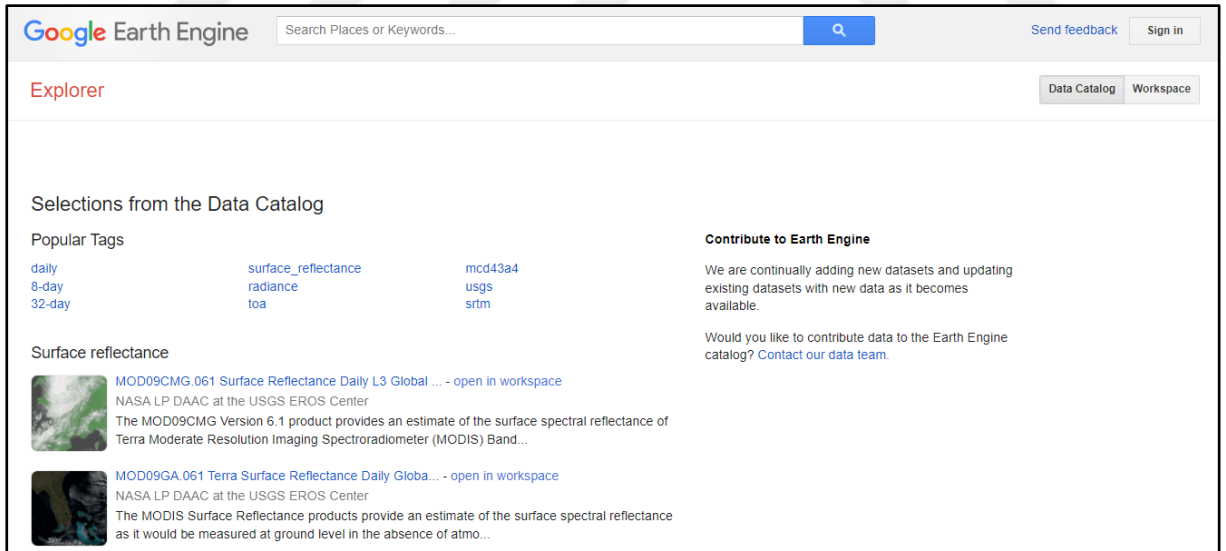
### **3.4 GEE PLATFORMUNDA EXPLORER UYGULAMALARI**

GEE Explorer, açık veri kataloğu sayesinde kullanıcılara verileri görüntüleme ve analiz etme olanağı sunar. Arayüz, GEE platformunun veri kütüphanesini kullanmaktadır. Bu arayüz sayesinde dünyada herhangi bir yer seçilerek o yere ait uydu görüntüsü görüntülenmekte, band seçimi, çözünürlük, mesafe, renk seçimi, kaydırma ve yakınlaştırma gibi basit analizler gerçekleştirilmektedir. Ara yüzün sol üst bölümü veri katmanı eklemek için kullanılır. Bu sekme sizi veri kataloğuna ulaştırır. Ayrıca arayüz kullanıcılarına, yapılan çalışmayı kaydetme ve diğer kullanıcılarla paylaşma imkânı sağlamaktadır. Şekil 3.6’da GEE Explorer arayüzü gösterilmiştir.



Şekil 3.6 GEE Explorer ara yüzü (URL 7).

Explorer veri kataloğu ise sağ üst kısımda bulunmaktadır. Veri kataloğu sayesinde görüntü uydularına, mevcut veri kümelerine, farklı çalışma etiketlerine kolay bir şekilde ulaşılmakta ve ne tür veri içerdikleri görülebilmektedir. Şekil 3.7’de Explorer veri kataloğu ana sayfası gösterilmiştir.



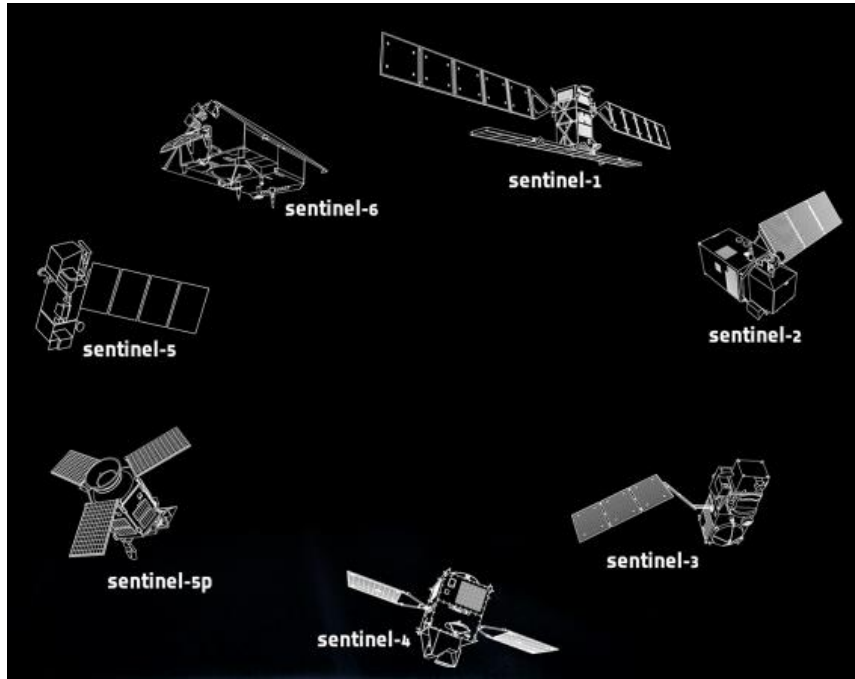
Şekil 3.7 Explorer veri kataloğu ana sayfası görüntüsü (URL 8).

### 3.5 GEE PLATFORMUNDA GÖRÜNTÜ KÜTÜPHANESİ

GEE'nin içerisinde bulunan zengin kütüphane sayesinde birçok konuda farklı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamaların zamansal ve mekânsal analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için birçok uydu görüntüsüne ihtiyaç duyulur. Bu uydu görüntüleri; ESA, NASA, USGS, IDAHO gibi uydu sağlayıcıların geliştirdiği Sentinel, Landsat, Modis gibi uydulardan elde edilmektedir.

#### 3.5.1 AB Copernicus Programı Dâhilinde GEE Tarafından Kullanıcılara Sunulan Görüntüler

Copernicus programı, yeryüzü inceleme programıdır. Bu program AB'nin Avrupa Komisyonu ve ESA tarafından yönetilmektedir. Copernicus uyduları ve sensörleri sayesinde yüksek çözünürlüklü atmosfer, deniz, arazi, iklim değişikliği, güvenlik, acil durum verileri elde edilebilmektedir. Programın amacı yeryüzünde meydana gelen olayları; kara, hava, deniz ölçüm sistemleriyle hızlı ve kolayca ölçüp, küresel ısınma, iklim değişikliği, acil durum gibi birçok alana fayda sağlamaktır. ESA, Copernicus programı dâhilinde Sentinel uydu serileri geliştirmiştir. Bu uydu ailesi yeryüzü ve atmosferi uzaydan gözlemlemekte ve elde ettiği coğrafi verileri hiçbir kâr amacı gütmeyen tüm kullanıcılara açık bir şekilde servis etmektedir. Şekil 3.8'de Sentinel uydu serisi gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Sentinel uydu serisi (URL 9).

Copernicus programının amacı görevi tamamlanmış ya da tamamlanmasına az kalmış uyduların yerini almak ve veri sürekliliğini sağlamaktır. Sentinel uydu ailesi aşağıda ifade edilmiştir;

Sentinel-1, ESA tarafından yürütülen Copernicus programı uydu takımının ilkidir. Sentinel-1A ve Sentinel-1B adlı iki uydudan oluşmaktadır. 3 Nisan 2014 ve 25 Nisan 2016 tarihlerinde yörüngeye yerleştirilmiştir. Sentinel-1 serisi her türlü hava koşullarında veri alımı yapabilen C bandı sentetik açıklı radar sensörü taşımaktadır. Sentinel-1 uydu verileri, deniz izleme, arazi izleme ve acil müdahale gibi birçok alanda kullanılmaktadır ( URL 10).

Sentinel-2 görüntüleri, Copernicus programı uydu takımının ikincisidir. Sentinel-2 uyduları Haziran 2015 ve Mart 2017 tarihlerinde fırlatılıp, tüm kullanıcılara ücretsiz bir şekilde veri sunulmaktadır. Elde edilen uydu görüntüleri; arazi örtüsü değişimleri, ormancılık çalışmaları, çevresel ve iklimsel değişimler gibi birçok çalışmaya yardımcı olmaktadır. Sentinel-2 uyduları 10 ila 60 metre arasında değişen 13 spektral bant sunar. Çizelge 3.1’ de Sentinel-2 uydusuna ait bant özellikleri gösterilmiştir (Suhet 2013).

**Çizelge 3.1** Sentinel-2 uydusuna ait bant özellikleri (Suhet 2013).

| Sentinel 2 Bantları                  | Dalga Boyu(nm) | Çözünürlük(m) |
|--------------------------------------|----------------|---------------|
| Bant 1-(Kıyı Aerosolü)               | 0,443          | 60            |
| Bant 2-(Mavi)                        | 0,490          | 10            |
| Bant 3-(Yeşil)                       | 0,560          | 10            |
| Bant 4-(Kırmızı)                     | 0,665          | 10            |
| Bant 5-(Bitki örtüsü kırmızı kenar)  | 0,705          | 20            |
| Bant 6-(Bitki örtüsü kırmızı kenar)  | 0,740          | 20            |
| Bant 7-(Bitki örtüsü kırmızı kenar)  | 0,783          | 20            |
| Bant 8-(Yakın Kızılötesi(NIR))       | 0,842          | 10            |
| Bant 8A-(Bitki örtüsü kırmızı kenar) | 0,865          | 20            |
| Bant 9-(Su Buharı)                   | 0,945          | 60            |
| Bant 10-(SWIR)-Sirius                | 1,375          | 60            |
| Bant 11-(SWIR)                       | 1,610          | 20            |
| Bant 12-(SWIR)                       | 2,190          | 20            |

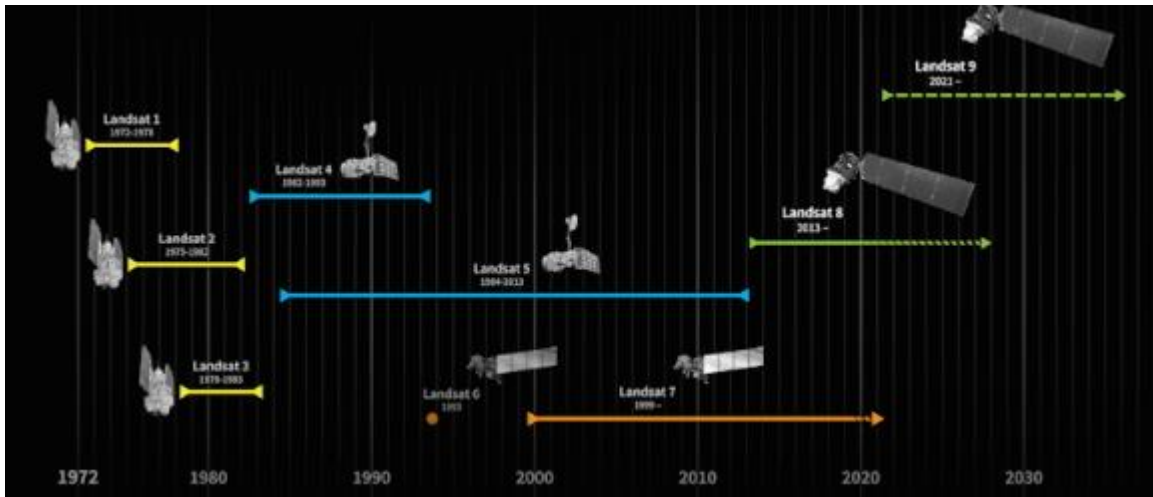
Sentinel-3 uyduları, deniz yüzeyi topografyasını, deniz ve kara yüzeyinin sıcaklığını ve su alanlarının rengini yüksek doğrulukta ölçmeyi amaç edinmiştir. Sentinel-3A, 16 Şubat 2016'da fırlatıldı. Sentinel-3B, 25 Nisan 2018'de yörüngeye katıldı. Sentinel-4, Sentinel-1, 2 ve 3'ün aksine atmosferik koşulları sabit bir yörüngeden izlemektedir. Sentinel-5, atmosferde meydana gelen hava kirliliğini güneş ile eş zamanlı yörüngede izlemektedir. Sentinel-5P, 13 Ekim

2017'de yörüngeye katıldı. Sentinel-6 ise içerisinde radar altimetre bulundurur. Radar altimetre sayesinde deniz yüzeyleri yükseklik ölçümleri daha hassasiyetle ölçülmektedir. Sentinel-6, Sentinel-3 ile birlikte çalışır (URL 11).

Copernicus programı dâhilinde ECMWF tarafından üretilen ERA5 ürünü; hava sıcaklığı, çiğ noktası sıcaklığı, toplam yağış, ortalama deniz seviyesi basıncı, yüzey basıncı, rüzgâr bileşeni gibi atmosferik değişikliklerde saatlik, günlük ve aylık veri sağlamaktadır. Geleceğe yönelik yapılmış olan eski tahminler ile yeni gözlemleri her 12 saatte bir birleştirerek mevcut atmosferik koşulları saatlik olarak daha doğru tahmin etmeyi hedeflemektedir. Bu verilerin tamamı açık kaynaklı olarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır (URL 12).

### 3.5.2 NASA Programı Dâhilinde GEE Tarafından Kullanıcılara Sunulan Görüntüler

NASA tarafından yeryüzünü gözlemek amacıyla 1972 yılında ilk üç Landsat uydusu yörüngeye oturtulmuştur. Bu uydular RBV kamera sistemleri, MSS sistemleri ve TM dan oluşmuştur. NASA 1982 yılında Landsat-4, 1987 yılında Landsat-5, 1993 yılında Landsat-6, 1999 yılında Landsat-7 uydularını ve son olarak 2021 yılında Landsat-9 uydusunu yörüngeye fırlatmıştır. Landsat uyduları 30 yıldan fazla dünya yüzeyinden görüntü toplamaktadır. Bu görüntüler, arazi uygulamaları, iklim değişikliği, hava kirliliği, nüfus değişimi ve afet olayları gibi birçok çevreyi ilgilendiren alanda kullanılmaktadır. USGS tarafından tüm kullanıcılara hiçbir ücret karşılığı beklemeden sunulmaktadır (URL 13). Şekil 3.9'da Landsat uydu serisi gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Landsat uydu serisi (URL 14).

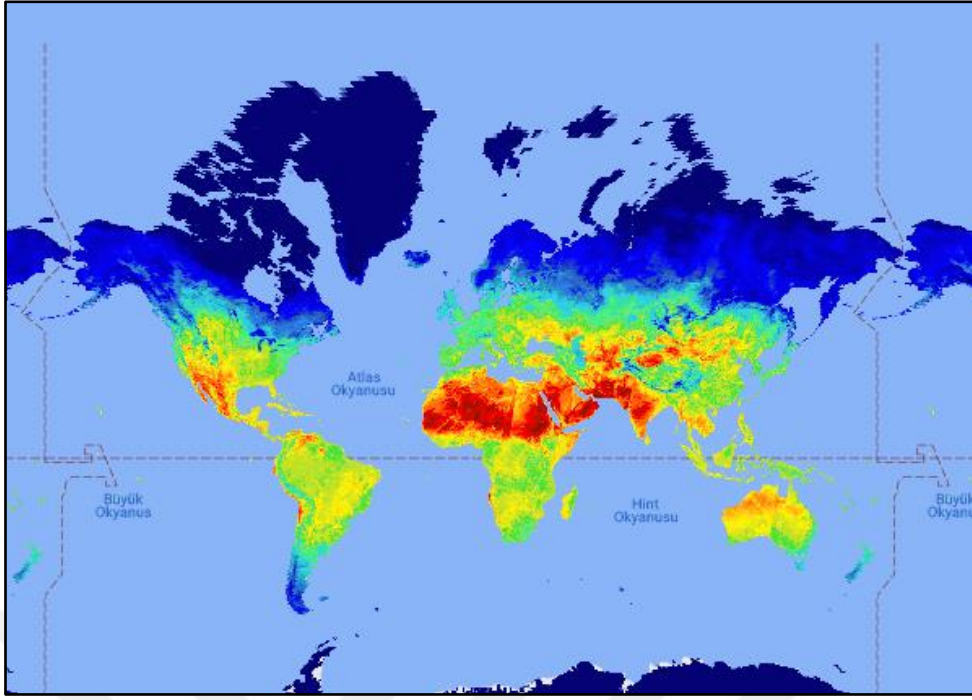
NASA ve USGS'nin ortak sağladığı Landsat- 8 görüntüleri ise 2013 yılında fırlatılmıştır. Landsat-8 uydusu, OLI ve TIRS olmak üzere iki farklı sensöre sahiptir. Landsat-8 uydu görüntüleri arazi örtüsü ve arazi kullanımı, afet olayları, çevresel ve iklimsel çalışmalar gibi

birçok alanda kullanılmaktadır. Çizelge 3.2’de Landsat-8 uydusuna ait bant özellikleri gösterilmiştir.

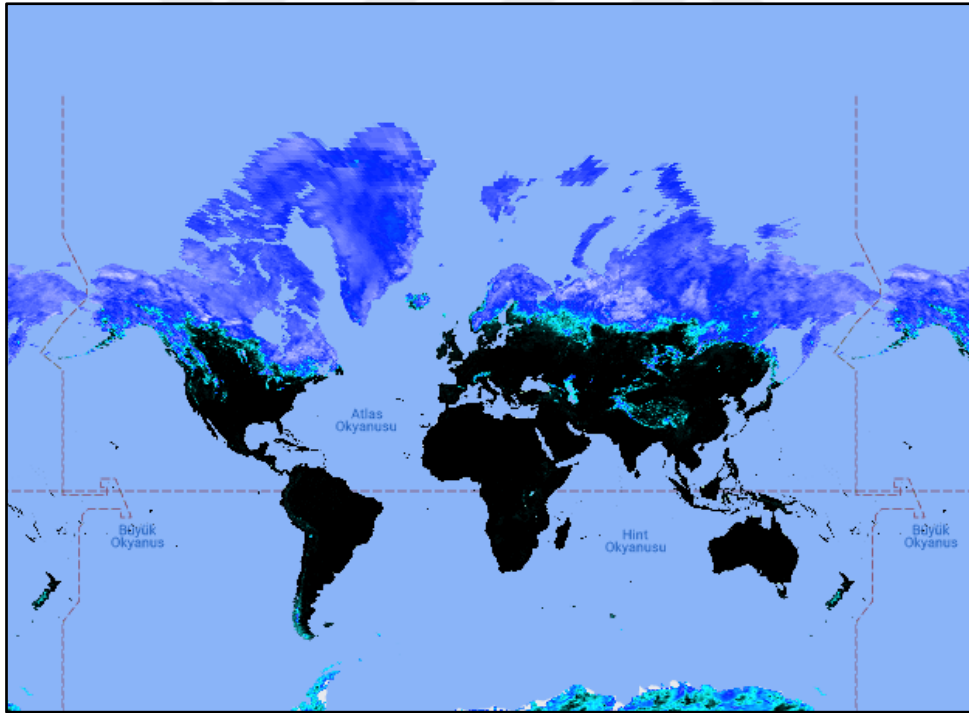
**Çizelge 3.2** Landsat-8 uydusuna ait bant özellikleri (URL 15).

| <b>Landsat-8 Bantları</b>                     | <b>Dalga Boyu(nm)</b> | <b>Çözünürlük(m)</b> |
|-----------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Bant 1-(Kıyı Aerosolü)</b>                 | 0,43 – 0,45           | 30                   |
| <b>Bant 2-(Mavi)</b>                          | 0,45 – 0,51           | 30                   |
| <b>Bant 3-(Yeşil)</b>                         | 0,53 – 0,59           | 30                   |
| <b>Bant 4-(Kırmızı)</b>                       | 0,64 – 0,67           | 30                   |
| <b>Bant 5-(Kızılötesi)</b>                    | 0,85 – 0,88           | 30                   |
| <b>Bant 6-(Kısa Dalga Kızılötesi)</b>         | 1,57 – 1,65           | 30                   |
| <b>Bant 7-(Kısa Dalga Kızılötesi)</b>         | 2,11 – 2,29           | 30                   |
| <b>Bant 8-(Pankromatik)</b>                   | 0,52 – 0,90           | 15                   |
| <b>Bant 9-(Sırrus)</b>                        | 1,36 – 1,38           | 30                   |
| <b>Bant 10-Tırs 1 (Uzun Dalga Kızılötesi)</b> | 10,6 – 11,19          | 30(100)              |
| <b>Bant 11-Tırs 2 (Uzun Dalga Kızılötesi)</b> | 11,5 – 12,51          | 30(100)              |

NASA tarafından geliştirilen bir başka çalışma ise MODIS sensörüdür. MODIS sensörü 1999 da Terra uydusu üzerinden, 2002 yılında da Aqua uydusu üzerinden görüntüler almaya başlamıştır. Bu görüntüler sayesinde dünya yüzeyinde meydana gelen değişimleri gözlemlemek mümkün hale gelmiştir. Terra uydusunun dünya etrafındaki yörüngesi, sabahları kuzeyden güneye doğrudur. Aqua uydusunun ise öğleden sonra, güneyden kuzeye doğrudur. Her iki uydu 0.4 ile 14.4  $\mu\text{m}$  arasındaki dalga boyunda 36 spektral bant ve 2330 km görüş alanı genişliğine sahiptir. 250 m, 500 m, 1000 m çözünürlüklü veri toplarlar. Bir veya iki günde dünya üzerindeki görüntülemelerini tamamlarlar. MODIS verileri kullanılarak yeryüzü ve atmosferdeki parçacıklar ölçülmekte, arazi örtüsü ve arazi kullanımı ile birlikte çevresel ve iklimsel birçok parametrenin zaman serisi analizi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca MODIS uyduları yangınlara karşıda hassastırlar. Atmosfere yayılan gaz ve dumanlar için daha iyi tahminler yapılmasına imkân sağlar. (URL 16). Şekil 3.10’da MODIS Terra görüntüsü, Şekil 3.11’de MODIS Aqua görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.10 MODIS Terra görüntüsü (URL 16).



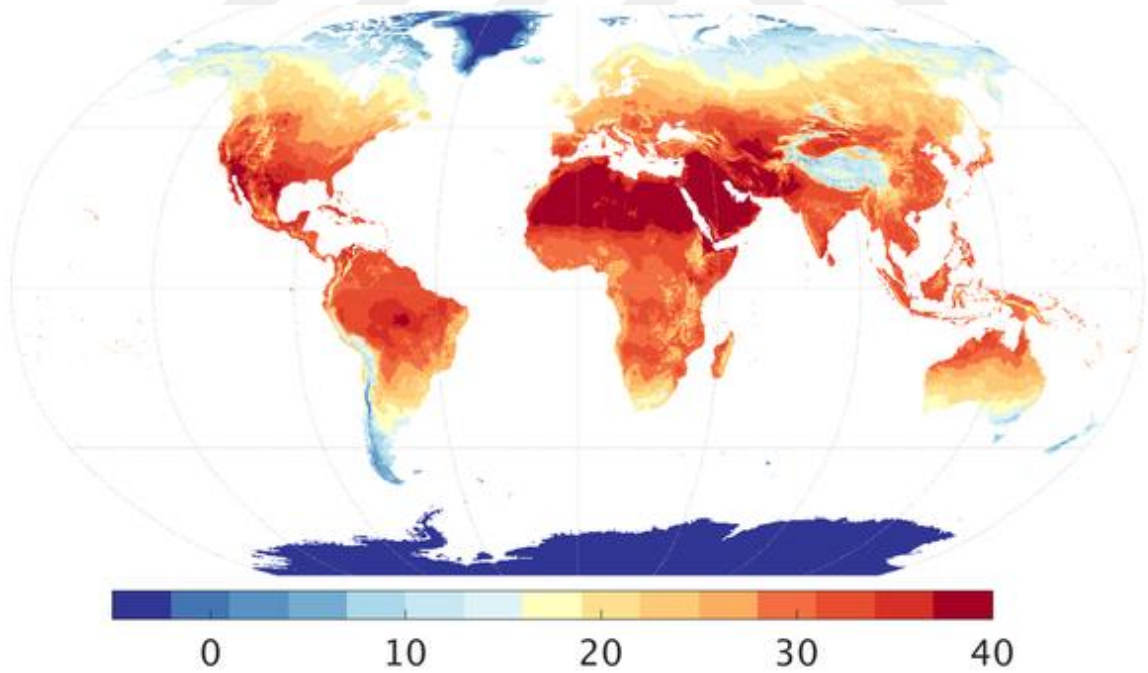
Şekil 3.11 MODIS Aqua görüntüsü (URL 16).

SEDAC, NASA tarafından hazırlanan sosyoekonomik veri ve uygulama merkezidir. GPWv411 verisi kullanılarak 2000, 2005, 2015, 2020 yılları ulusal nüfus sayımlarına ve BM nüfus yoğunluğu göz önünde bulundurularak, yıllık büyüme oranları kullanılarak kilometrekare başına düşen tahmini kişi sayısı hesaplanır (URL 17).

CHIRPS, USGS ve CHC bilim adamları ile USAID, NASA ve NOAA'nın destekleriyle oluşturulmuştur. Yağış değişimlerini tahmin etmek, kuraklık ve çevresel değişimleri izlemek için geliştirilmiştir. Erken uyarı sistemi için güncel ve güvenilir veri sağlamaktadır. CHIRPS veri seti 1981 yılında başlayıp günümüze kadar devam etmektedir. Veriler yüksek çözünürlüklü (0.05 °) uydu görüntülerinden elde edilmiştir (URL 18).

### 3.5.3 IDAHO Üniversitesi tarafından GEE Kullanıcılarına Sunulan Görüntüler

IDAHO Üniversitesi Klimatoloji laboratuvarı tarafından sağlanan TerraClimate verileri ile 1958-2020 arası küresel karasal yüzeyler için aylık iklim ve iklimsel su dengesi yüksek çözünürlüklü veriler elde edilmektedir. WorldClim veri tabanı kullanılarak yüksek mekânsal çözünürlüklü küresel hava ve iklim verilerine ulaşılır. TerraClimate ayrıca evapotranspirasyon, yağış, sıcaklık ve toprak suyu kapasitesini içeren bir su dengesi modeli kullanarak aylık yüzey suyu dengesi veri setleri üretir (Abatzoglou et al. 2018). Şekil 3.12'de TerraClimate iklim verileri görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.12 TerraClimate iklim verileri görüntüsü (URL 19).

### 3.6 GEE KAPSAMINDA ANALİZİ YAPILAN SPEKTRAL İNDEKSLER

Günümüzde UA ile dünya yüzeyinin büyük bir kısmı eş zamanlı ve farklı spektral bölgelerde gözlenmektedir. Elde edilen coğrafi veriler birçok uygulama alanlarında kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan alanları; iklim değişikliği, arazi örtüsü ve arazi kullanımı uygulamalarıdır. Çok zamanlı uydu görüntü verileriyle zaman içerisinde iklim verilerinin izlenebilmesi, arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki değişimin belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Bu değişimlerin belirlenmesinde en yaygın kullanılan indeksler aşağıda açıklanmıştır:

Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), bitki yeşilliği ile ilgilidir. Yeşil bitki örtüsünü diğer yüzeylerden ayırır (Kandemir 2010). Bu indeks, -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Bitki yoğunluğu olan bölgelerdeki değerler +1'e yaklaşırken bitkinin, sağlıklı ve nem miktarı yüksek olduğunu gösterir. Bitki yoğunluğu az olan bölgelerdeki değerler ise -1'e yaklaşırken sağlıklı ve nem miktarı düşük bitki varlığının olduğunu bizlere gösterir (Hatfield et al. 1985). NDVI'a ait formül eşitlik (3.1)'de verilmiştir.

$$NDVI = (NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı) \quad (3.1)$$

Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi (NDMI), kuraklık ve bitki örtüsü çalışmalarında nem seviyesi hakkında bilgi sağlar. NDMI değerleri de -1 ile +1 arasında değışkene sahiptir. Yüksek rakımlı ve karlı olan alanlardaki nem yoğunluğu, rakımı düşük ve kurak olan alanları göre daha yüksektir (Taloor et al. 2021). NDMI'a ait formül eşitlik (3.2)'de verilmiştir.

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (3.2)$$

Standartlaştırılmış Bitki İndeksi (SVI), bitki örtüsünün durumu hakkında bilgi sağlar. Bitki örtüsünün oluşumunda hava koşulları etkili olduğu için kuraklık İndeksi olarak kullanılır. SVI, tahmini bitki örtüsü indekslerini gösteren NDVI ve EVI indekslerine dayanır (URL 20). SVI'a ait formül eşitlik (3.3)'de verilmiştir.

$$z_{ijk} = (VI_{ijk} - \mu_{ij}) / \sigma_{ij} \quad (3.3)$$

Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), bitki gelişim indeksleri arasında en çok kullanılan indekslerdendir. Aerosol değışikliklerinin ve toprak zemini gibi çevresel faktörlerin bitki örtüsü

indeks sapmalarını en aza indirmeyi amaçlayan spektral bant kombinasyonlarının bir örneğidir. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimlerine etki eden, sinyalleri ayrıştırıp izole eden, atmosferik etkileri azaltarak; bitki örtüsü gelişimini izlemek ve geliştirmek için tasarlanmış 'optimize edilmiş' bir bitki örtüsü İndeksidir (Huete 2012). -1 ile +1 arasında değişen band aralığında değerler almaktadır. EVI görüntüleri yıl içerisinde fazla sapma göstermemekle birlikte atmosferik koşullardan da çok fazla etkilenmemektedir (Çelik 2016). EVI'a ait formül eşitlik (3.4)'de verilmiştir.

$$EVI=2.5*(NIR-red)/(NIR+6*red-7,5*blue+L) \quad (3.4)$$

Normalleştirilmiş Yanma Oranı İndeksi (NBR), Yangın şiddetini belirlemede kullanılır. -1 ile +1 aralığında değer almaktadır. Bitki yoğunluğu olan alanlarda +1 e yaklaşırken, bitkinin seyrek veya çıplak olduğu alanlarda -1 e yaklaştığı görülmektedir (Çolak ve Sunar 2018). NBR'e ait formül eşitlik (3.5)'de verilmiştir.

$$NBR=(NIR-SWIR2)/(NIR+SWIR2) \quad (3.5)$$

Fark Normalize Yanma Şiddeti, (Differenced Normalized Burn Ratio-dNBR) yangın öncesi ve yangın sonrası elde edilen görüntülerden yanma şiddeti indekslerinin birbirinden çıkarımı sonucu oluşmaktadır (Miller and Thode 2007). dNBR'e ait formül eşitlik (3.6)'de verilmiştir.

$$dNBR= NBR (Yangın Öncesi)-NBR (Yangın Sonrası) \quad (3.6)$$

Normalleştirilmiş Diferansiyel Yeşillik İndeksi (NDGI), bitki örtüsünün değişim dinamiğini yansıtır. -1 ile +1 arasında değişen değerlere sahiptir (Nedcov 2017). NDGI'a ait formül eşitlik (3.7)'de verilmiştir.

$$NDGI=(NIR-green)/(NIR+green) \quad (3.7)$$

Normalize Edilmiş Fark Tuzluluk İndeksi (NDSI), tarım arazilerindeki tuzlu alanları ortaya çıkarmak ve sağlıklı bitki örtüsü ile tuzlu alanlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak amacıyla geliştirilmiştir. Düşük indeks değeri tarım arazilerindeki bitkilerin ya sağlıklı olduğunu ya da bu alanlarda bitki yetiştirme dönemlerinde erken evre dönemini göstermektedir (Sönmez, 2014). NDSI'a ait formül eşitlik (3.8)'de verilmiştir.

$$NDSI = (\text{green-red})/(\text{green+red}) \quad (3.8)$$

Yeşil Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (GNDVI), NDVI dan farkı görünür kırmızı ışık yerine görünür yeşil ışık kullanımındır. NDVI İndeksine göre klorofil konsantrasyonuna daha duyarlıdır. Solmuş ve yaşlı bitki örtüsünün değerlendirilmesinde kullanılır (URL 21). GNDVI'a ait formül eşitlik (3.9)'de verilmiştir.

$$GNDVI = (NIR - \text{green})/(NIR + \text{green}) \quad (3.9)$$

Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (Normalized Difference Water Index-NDWI), Su alanlarının tespitinde ve değişiminde, kayıp su alanlarının hesabı için NDWI değerleri büyük öneme sahiptir. Su alanı belirlemek için bir spektral indeks olan NDWI değerleri -1 ile 1 arasında değişir. Bu İndeks için üç sınır değer verilmektedir. Sıfırdan küçük değerler su olmayan alanlar olarak sınıflandırılırken, 0 – 0,2 arasındaki değerler sığ su alanlar olarak ve 0,2'den büyük değerler ise su içeren alanlar olarak sınıflandırılmaktadır (Çağlayan vd. 2020). NDWI'a ait formül eşitlik (3.10)'de verilmiştir.

$$NDWI = (\text{green} - NIR)/(\text{green} + NIR) \quad (3.10)$$

Standart Yağış İndeksi (SPI), iklim değişikliğine yönelik kullanılan indekslerden biri dir. Bu indeks kuraklığın belirlenmesinde kullanılır. Tüm dünyada etkili olan kuraklığın belirlenebilmesi ve gerekli tedbirlerin alınabilmesinde en çok tercih edilen indekslerden biridir. SPI indeks değerleri, yağış değerinin sayısal bir değer olarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir (McKee et al. 1993). SPI'a ait formül eşitlik (3.11)'de verilmiştir.

$$SPI_{ijk} = (P_{ijk} - P_{ij}) / \sigma_{ij} \quad (3.11)$$

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi değerleri elde edilerek yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde İndeksin sıfırın altına düştüğü dönem kuraklığı ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler kuraklığın azaldığını yani yağışın arttığını ifade eder (McKee vd. 1995). Çizelge 3.3'de Bitki örtüsü ve iklim değişikliği indekslerine ait formülleri ve kaynakları gösterilmiştir.

**Çizelge 3.3** Bitki örtüsü ve iklim değişikliği indekslerine ait formüller ve kaynaklar.

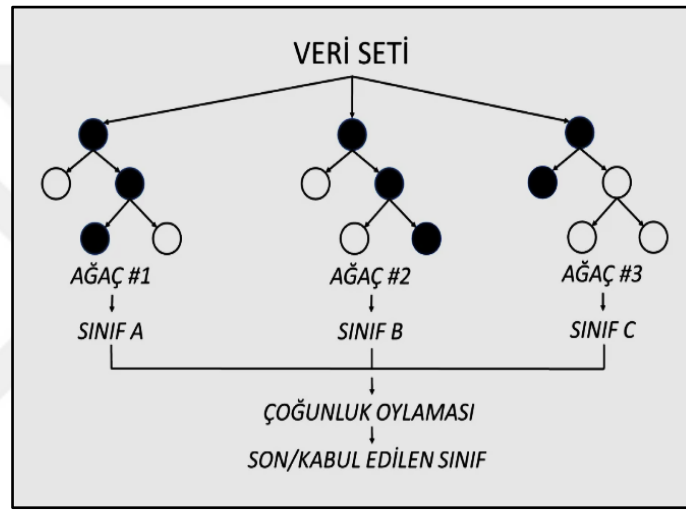
| Kısaltmalar  | İsim                                            | Formül                                                          | Kaynaklar               |
|--------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>NDVI</b>  | Normalize Fark Bitki İndeksi                    | $NDVI = (NIR - red) / (NIR + red)$                              | Rouse ve diğ. (1973)    |
| <b>NDMI</b>  | Normalize Fark Nem İndeksi                      | $NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$                            | Wilson ve Sader (2002)  |
| <b>EVI</b>   | Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi                   | $EVI = 2.5 * (NIR - red) / (NIR + 6 * red - 7.5 * blue + L)$    | Liu ve Huete (1995)     |
| <b>SVI</b>   | Standartlaştırılmış Bitki İndeksi               | $z_{ijk} = (VI_{ijk} - \mu_{ij}) / \sigma_{ij}$                 | Peters ve diğ. (2002)   |
| <b>SPI</b>   | Standardize Yağış İndeksi                       | $SPI_{ijk} = (P_{ijk} - P_{ij}) / \sigma_{ij}$                  | McKee ve diğ. (1993)    |
| <b>NBR</b>   | Normalize Yanma Oranı                           | $NBR = (NIR - SWIR2) / (NIR + SWIR2)$                           | Key ve Benson (1999)    |
| <b>dNBR</b>  | Fark Normalize Yanma Şiddeti                    | $dNBR = NBR(\text{Yangın Öncesi}) - NBR(\text{Yangın Sonrası})$ | Miller ve Thode (2007)  |
| <b>NDGI</b>  | Normalleştirilmiş Diferansiyel Yeşillik İndeksi | $NDGI = (NIR - green) / (NIR + green)$                          | Nedkov (2017)           |
| <b>NDSI</b>  | Normalize Edilmiş Fark Tuzluluk İndeksi         | $NDSI = (green - red) / (green + red)$                          | Khan ve diğ. (2005)     |
| <b>GNDVI</b> | Yeşil Normalize Fark Bitki İndeksi              | $GNDVI = (NIR - green) / (NIR + green)$                         | Gitelson ve diğ. (1996) |
| <b>NDWI</b>  | Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi               | $NDWI = (green - NIR) / (green + NIR)$                          | Abutaleb ve diğ. (2015) |

### 3.7 GEE KAPSAMINDA UZAKTAN ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLERİN SINIFLANDIRILMASI

GEE platformu üzerinden görüntü verilerinin analizine ilişkin pek çok webCBS uygulaması gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle görüntü verilerinin sınıflandırılmasında ve istatistiksel analizine ilişkin sıklıkla kullanılan ve başarılı sonuç veren iki farklı makine öğrenme algoritması kullanılmaktadır. Bunlar, RF ve CART yöntemleridir. Makine öğrenme algoritmaları geçmişteki verileri kullanarak, verinin ve yapılacak işlemin niteliğine göre en uygun sınıflandırma modeli hesaplamayı amaçlar.

### 3.7.1 RF Makine Öğrenme Algoritması

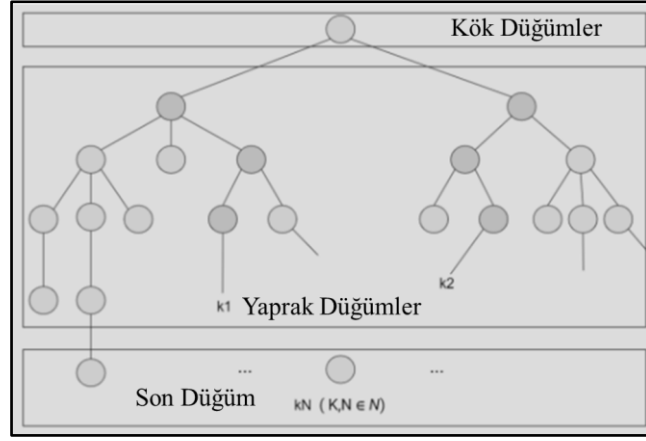
RF topluluk öğrenme algoritmasıdır yani birden fazla karar ağacını oluşturur ve daha doğru, istikrarlı bir tahmin elde etmek için onları birleştirir ve nihai tahmin yapılır. Sınıflandırma yaparken birden çok karar ağacı üzerinden her bir karar ağacını farklı bir gözlem örneği üzerinde eğiterek çeşitli modeller üretilip, sınıflandırma oluşumu sağlanmaktadır. RF yüksek sınıflandırma doğruluğuna sahiptir ve verilerdeki aykırı değerleri iyi tolere etmektedir (Liu et al. 2012). Çalışmalarda en yaygın kullanılan sınıflandırıcı RF sınıflandırıcısıdır. RF sınıflandırması yapmak için GEE kütüphanesinde yer alan “Classifier.smileRandomForest” tekniği kullanılmalıdır. Şekil 3.13’de karar ağaçlarının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Örnek karar ağacı yapısı (Jagannath 2020).

### 3.7.2 CART Makine Öğrenme Algoritması

CART, RF’e benzer karar ağacı sınıflandırıcısıdır. Ağacın her bir düğümünde verileri alt kümelerine böler. Karar ağacı, çok düzeyli ve çok yapraklı düğümlerden oluşur (Praticò 2021). CART modeli, basit, hızlı, iyi sonuçlar verdiği ve yüksek boyutlu büyük veri kümelerini işleyebildiği için uzaktan algılama görüntülerini sınıflandırmak için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Ancak tek başına kullanıldığında farklı arazi kullanım türlerini doğru bir şekilde ayırt etmekte zorlanır (Qu et al. 2019). CART sınıflandırması yapmak için GEE kütüphanesinde yer alan “Classifier.smileCart” tekniği kullanılmalıdır. Şekil 3.14’de CART örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.14 CART örneği (URL 23).

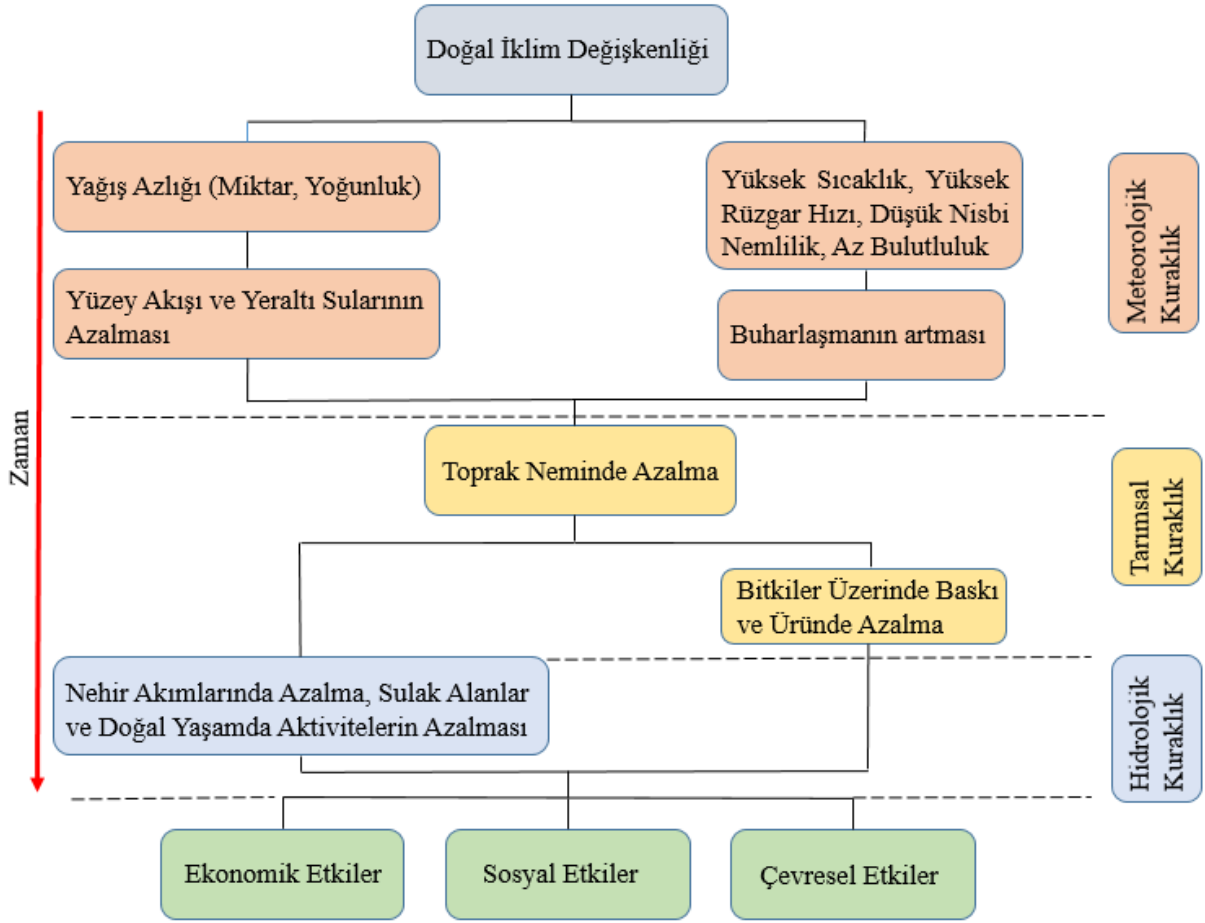
## BÖLÜM 4

### GEE PLATFORMU ÜZERİNDEN FARKLI ARAZİ KULLANIMINA İLİŞKİN UYGULAMALAR

Ülkemiz, geçmişten günümüze birçok sorunla karşı karşıya kalmıştır. Özellikle küresel ısınmanın etkisiyle meydana gelen iklim değişikliği; orman yangınları, kuraklık, çölleşme, arazi değişimi, hava kirliliği ve bunlara bağlı ekolojik bozulmalara neden olmuştur. Bu tez çalışması kapsamında UA ve CBS teknolojileri kullanılarak uydu görüntüleri üzerinden arazi yönetimine farklı bakış açılarından değişik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar;

- Kuraklık,
- İklim Değişimi,
- Orman Yangınlarının takibi ve analizi,
- Arazi değişimi,
- Tarımsal alanlardaki değişimin ve verimliliğin analizi,
- Kentsel ve kırsal arazilerde hava kirliliği belirleme, takibi ve analizidir.

Kuraklığın tanımı evrensel bir tanım olmamakla beraber yağışın; aylık, mevsimlik veya yıllık elde edilen değerlerinin azalması olarak tanımlanan doğa olaylarından biridir. Kuraklık süreci ilk etapta meteorolojik kuraklık ile başlar. Meteorolojik kuraklığın süre ve şiddetine bağlı olarak hidrolojik ve tarımsal kuraklığa dönüşebilir (Şener ve Şener 2023). Şekil 4.1’de kuraklığın çeşitleri ve zamanla meydana gelen etkileri gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Kuraklık çeşitleri ve etkileri (MGM 2023).

Kuraklık analizi ve izlenimi, çeşitli gösterge ve indeksler sayesinde yapılmaktadır. Bu gösterge ve indeksler kuraklığın şiddeti, yeri ve süresi hakkında bilgiler sağlamaktadır. MGM’nce yapılan kuraklık analizi ve izleme çalışmaları; SPI, PDSI, PNI, Aydeniz Metodu gibi meteorolojik ve güncel haritalar şeklinde yapılmaktadır (MGM 2023). Bu indekslerin yanında LST, NDVI, VCI, TCI, VHI gibi indekslerle de kuraklık analizi ve izlenimi yapılabilmektedir.

İklim değişikliği, sadece iklim öğeleri sonucu ortaya çıkmaz. İnsan kaynaklı etkiler sonucu; ormansızlaştırma, arazi kullanımı değişiklikleri, fosil yakıtların yakılması, sanayi süreçleri gibi atmosfere salınan sera gazlarının artmasıyla, yerkürenin ortalama yüzey sıcaklığının artması, sıcak gün sayısının artması, şiddetli sıcak hava dalgalarının artması, yağışlı ve soğuk günlerin azalması iklimde oluşan değişiklikleri ifade etmektedir (Türkeş 2021). İklim değişikliği etkileri, yağış, gerçek evapotranspirasyon, su, palmer İndeksi, potansiyel evapotranspirasyon, akış, nem, radyasyon yüzeyi, sulu kar, en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık, buhar basıncı, rüzgâr hızı gibi indeksler ile belirlenebilmektedir.

Orman yangınlarının başlıca sebepleri arasında iklim değişikliği, nüfus artışı ve ormanlar üzerinden yapılan yanlış uygulamalar yer almaktadır. İklim değişikliği sonucu sıcaklığın artması ve yağışların azalması orman yangınlarına sebebiyet vermektedir. Orman yangınlarının izlenmesi, yanan alanlarda oluşan tahribatın haritalandırılması ve yangın sonrası yanan alanlardaki değişimin tespit edilmesinde uydu görüntüleri önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu bağlamda orman yangınlarının etkileri NDVI, NBR, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI gibi indeksler sayesinde belirlenebilmektedir.

Arazi örtüsü üzerinde nasıl bir değişimin olduğu, bu değişimin ne yönde olduğunu bitki indeksleri ve görüntü üzerinde yapılan sınıflandırma çalışmaları ile tespit edilmektedir. Bu sınıflandırmaya sulak alanlar, tarım alanları, yerleşim alanları, orman alanları gibi birçok örnek verilebilir.

Tarımsal alanlardaki değişimin ve verimliliğin belirlenmesinde sıcaklık, yağış ve nüfus önemli etkiye sahiptir. Bu değişim NDVI, GNDVI, NDMI, NBRI, NDWI, NDSI, NDGI gibi indeksler ile yüksek doğrulukla yapılan sınıflandırma çalışmaları sayesinde belirlenebilmektedir.

Son yıllarda yaşanan nüfus artışı, sanayileşme, düzensiz yerleşim hava kirliliğinin artmasına, ekolojik dengenin bozulmasına ve insan sağlığına etki etmektedir. Kentsel ve kırsal alanlarda yaşanan bu bozulmalar hava kirliliğini meydana getirmektedir. Hava kirliliğinin belirlenmesinde SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> kirletici gazlar ile AOD parametreleri gibi veriler kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler özgür kaynak kodlu GEE platformu kullanılarak elde edilmiştir. Bu platform sayesinde meydana gelen zamansal ve mekânsal değişimler kolay bir şekilde izlenip, etkili bir biçimde analizleri yapılarak elde edilen değerlerin küresel iklim değişikliğine ve arazi yönetimine etkileri araştırılmıştır.

#### **4.1 BİRİNCİ UYGULAMA: TARIMSAL ALANLARDAKİ DEĞİŞİMİN VE VERİMLİLİĞİN GEE PLATFORMU ÜZERİNDEN İNCELENMESİ**

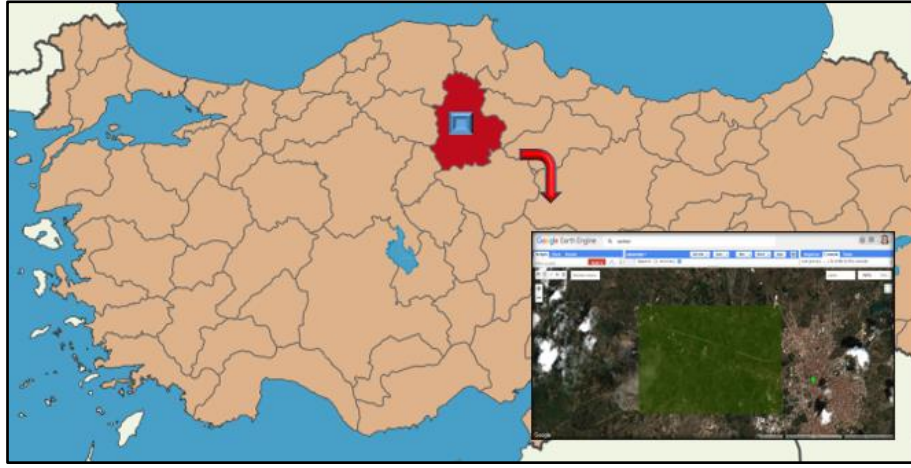
Tarım arazilerinin, değişen yapısının ve arazi yönetimi için sürdürülebilir modellerin geliştirilebilmesi amacıyla, zamansal olarak değişime neden olan parametrelerin belirlenmesi ve değerlendirilerek kullanılması gerekmektedir. UA ve CBS'nin katkısıyla tarım arazileri için uygun modeller geliştirilebilmektedir. Bu çalışmada; tarım alanlarındaki değişimler, Çorum ilinin Merkez ilçesi sınırları içerisinde örnek bir alan seçilerek GEE platformu üzerinden

uzaktan algılanmış verilerin veri madenciliği işlemleri ve webCBS uygulamaları ile ilgili kodlar yazılarak elde edilen analizler incelenmiştir.

İlk olarak GEE platformu üzerinden gerçekleştirilen bu uygulamada, sınıflandırma için 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak filtreleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma için kullanılacak eğitim ve test noktalarının bölgeye homojen dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Ayrıca, kullanılacak bantların (B2, B3, B4, B8, NDWI, NDVI) seçimi gerçekleştirilip, RF algoritması kullanılarak sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. İkinci olarak Sentinel-2 verileriyle 2021 yılı için yedi farklı NDVI, GNDVI, NDMI, NBRI, NDWI, NDSI, NDGI indeks değerleri hesaplanarak tarım arazilerindeki bitki örtüsü, nem ve su içerikli değişimlerin sonuçları analiz edilmiştir. Üçüncü olarak IDAHO üniversitesinin tarafından sağlanan Terra Climate aylık iklim ve iklimsel su dengesi verileriyle, 2020 yılına ait aylık iklim değişimi incelenmiştir. Son olarak MODIS uydu görüntüsü kullanılarak 2020 yılına ait arazi yüzey sıcaklığı değerleri elde edilip zamansal değişim grafiği oluşturulmuştur.

#### **4.1.1 Birinci Uygulama İçin Çalışma Alanı**

Çorum ili, İç Anadolu'nun kuzeyi ile Orta Karadeniz Bölgesinin iç kısmında yer almaktadır. Yüzölçümü 12.820 km<sup>2</sup> dir. Enlem ve boylam değerlerine göre ise; 34 derece 04 dk. 28 sn. doğu boylamları ile 39 derece 54 dk. 20 sn. kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanı Bu enlem ve boylam değerleri arasında kalan tarım arazilerini içermektedir. Bölge; Karadeniz ikliminden İç Anadolu iklimine geçiş yeri üzerinde bulunmakta, genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Kuzeyden güneye doğru gidildikçe iklim sertleşmektedir (ÇÇŞİM 2020).

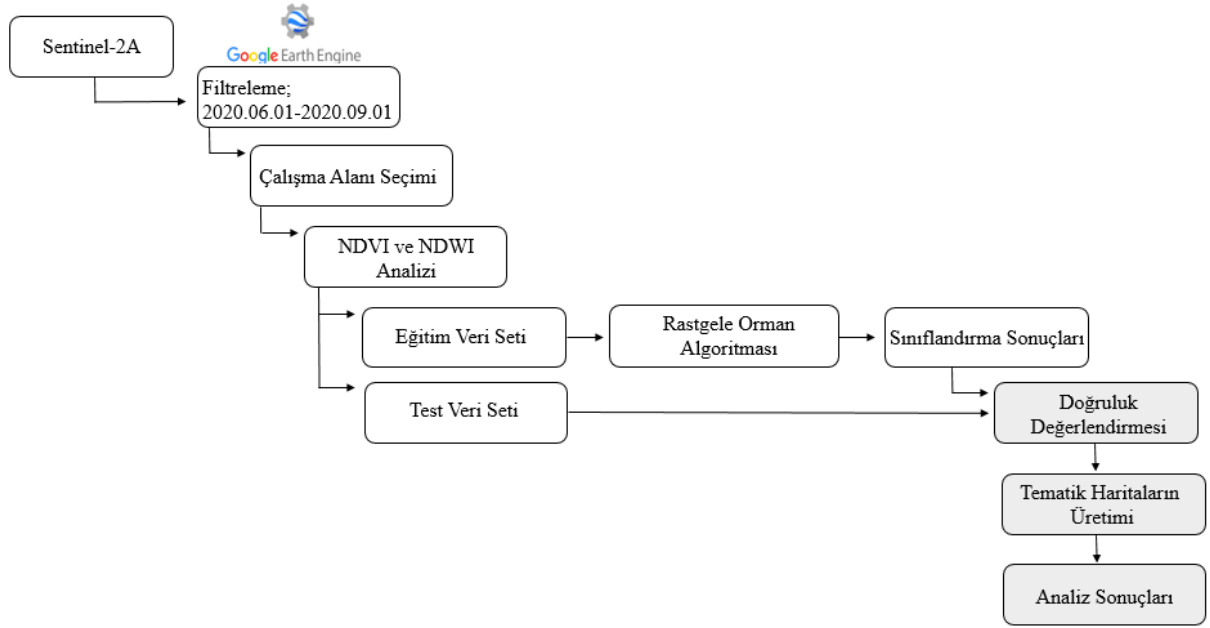


**Şekil 4.2** Çalışma alanı ve GEE’de kullanılan görüntü.

#### **4.1.2 Birinci Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi**

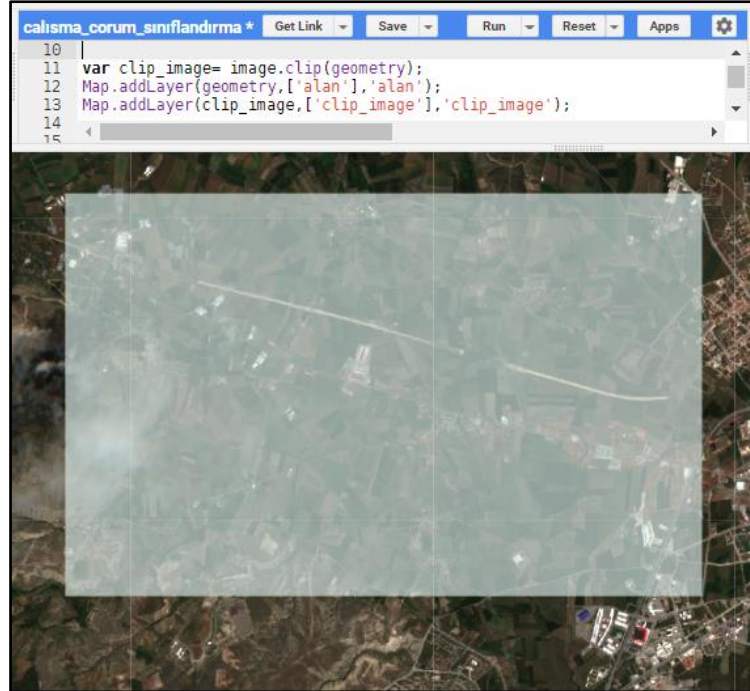
Uydu görüntüleri üzerinden elde edilen bilgiler sayesinde arazi hakkında birçok veriye ulaşılabilmektedir. UA kullanılan en yaygın yöntemlerin başında görüntü sınıflandırması gelmektedir. Elde edilecek bilginin güvenilirliği, sınıflandırılan görüntünün doğruluğu ile ilişkilidir ve sınıflandırma doğruluğu; eğitim ve test verilerinin dağılımı, kullanılan bantların spektral ve mekânsal çözünürlüğü, sınıflandırma algoritmasının karakteristik özelliği gibi birçok parametreye bağlıdır (Kavzoglu 2009).

Çalışmanın ilk aşamasında, en uygun Sentinel-2 uydu görüntüsü seçilerek, sınıflandırma işleminde kullanılacak eğitim ve test noktalarının bölgede homojen dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Ayrıca, kullanılacak bantların (B2, B3, B4, B8, NDWI, NDVI) seçimi gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada, RF algoritması kullanılarak sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. Sınıflandırma sonuçları GEE veri tabanından alınan hata matrisi verileri ve üretilen tematik haritalar ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın iş akışı Şekil 4.3 ile gösterilmiştir.



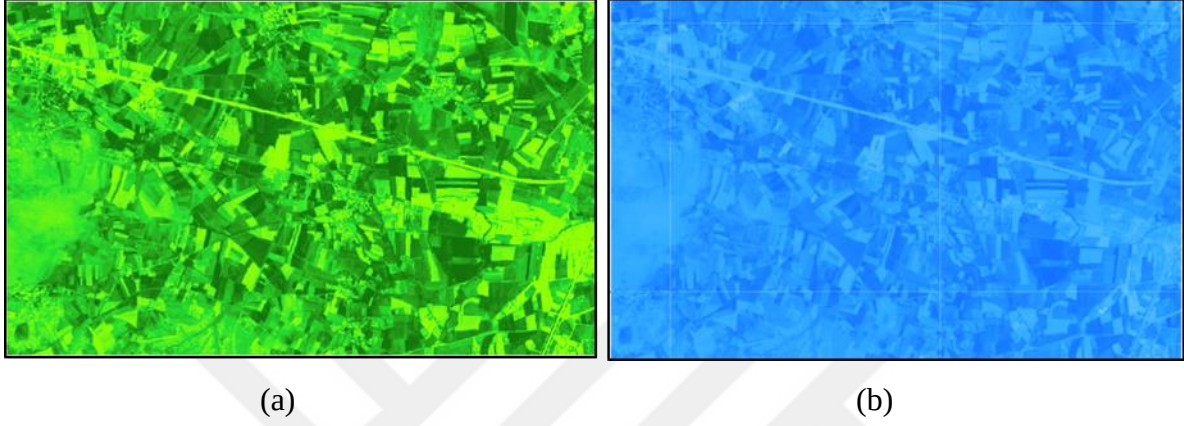
**Şekil 4.3** Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı.

GEE platformu veri kataloğu kullanılarak 2020.06.01-2020.09.01 tarihleri arası en uygun Sentinel-2 uydu görüntüsü seçilmiştir. Daha sonra bulutluluk oranı filtrelemesi yapılarak elde edilen uydu görüntüsünden çalışma alanını içine alan geometri oluşturulup kırpma işlemi gerçekleştirildi. Şekil 4.4’de kırpma işlemi hem kod editöründe hem de harita üzerinde gösterilmiştir.



**Şekil 4.4** Kırpma işleminin yapılması.

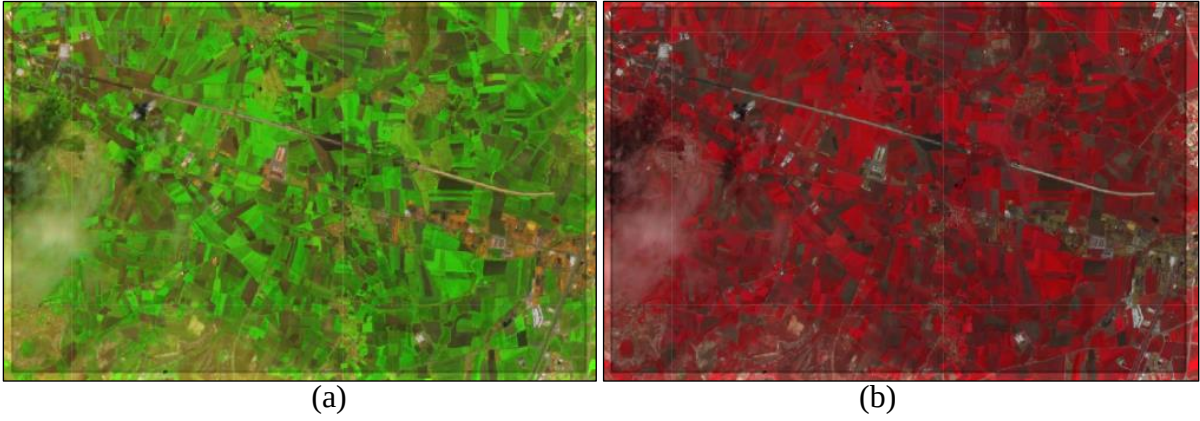
Çalışmada; bitki vejetasyonları incelenerek, bitki örtüsü yoğunluklarında ve sağlıklı bitki yapısındaki değişimlerin gözlenmesi amacıyla NDVI bitki İndeksi kullanılmıştır. Bitki su yoğunluğunun tespitinde ve değişiminde ise NDWI İndeksi kullanılmıştır. Şekil 4.5’de hesaplanan NDVI ve NDWI piksel değerlerine göre oluşturulmuş inceleme bölgesinin görüntüsü gösterilmiştir. Bitki örtüsü ve su alanı yoğunlukları açık renkten koyu renge doğru artmaktadır.



**Şekil 4.5** Çalışma alanının (a) NDVI, (b) NDWI görüntüsü.

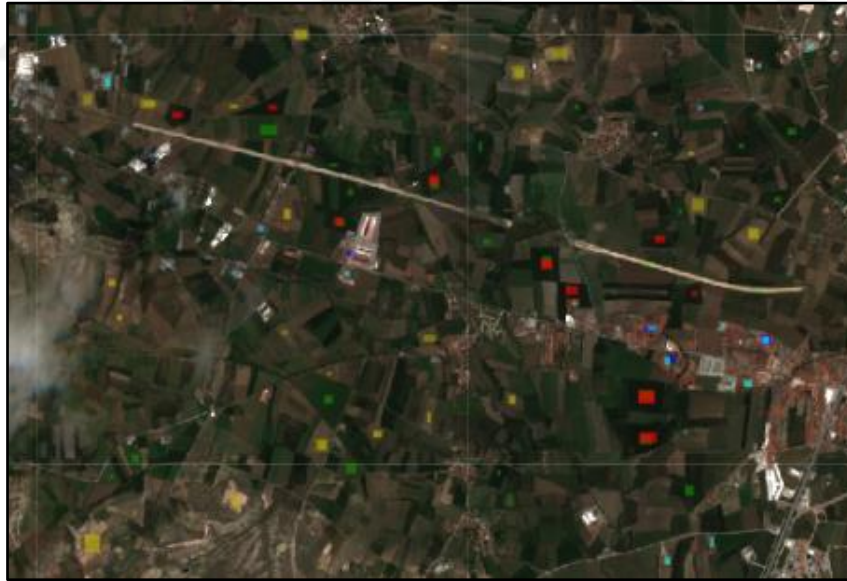
Bitkiler üzerine gelen elektromanyetik dalgalar, bitkiden yansarak uydu sensörlerinde farklı dalga boylarında algılanırlar. Vejetasyon spektral belirteci olarak adlandırılan bu yansıma değerleri sağlıklı bir bitkide elektromanyetik dalgaların mavi ve kırmızı bölgelerinde çok düşük, yakın kızılötesi bölgesinde ise çok yüksektir. Bitki strese girdiğinde ya da öldüğünde ise yakın kızılötesi bölgedeki yansıma değerleri düşer. Stres nedenlerine bağlı olarak ilgili belirtiler veya bitkinin ölmesi, spektral yansıma olarak arazi uydu görüntülerine zenginleştirme işlemleri uygulanarak tespit edilebilmektedir (Talebpour 2016).

Sentinel-2 bant kombinasyonları ile tarım arazilerine ilişkin özelliklerin daha iyi anlaşılması için tarım bandı ve renkli kızılötesi bant kombinasyonları da kullanılmıştır. Tarım bandı kombinasyonunda mahsullerin sağlığını izlemek için SWIR-1 (B11), yakın kızılötesi (B8) ve mavi (B2) bantlar seçilmiştir. Renkli kızılötesi bant kombinasyonunda ise sağlıklı ve sağlıklı olmayan bitki örtüsünü vurgulanması sağlanmış ve yakın kızılötesi (B8) bant kullanarak klorofil içeriği incelenmiştir. Tarım bandı kombinasyonu ve renkli kızılötesi bant kombinasyonu ile elde edilen görüntüler Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Bu kombinasyonlarda yoğun bitki örtüleri koyu renkler ile vurgulanmaktadır.



**Şekil 4.6** SENTINEL-2 bant kombinasyonları ile elde edilen görüntüler. (a) Tarım bandı kombinasyonu, (b) Renkli kızılötesi bant kombinasyonu.

Sınıflandırma işleminin gerçekleşmesi için; çalışma alanı içinde 4 adet sınıf oluşturulmuştur. Bunlar; Ekili alan, ekili olmayan alan, yollar-binalar ve boş alanlardır. Görüntü üzerinden her sınıfa ait ayrı ayrı eğitim ve test verileri seçilmiştir. Kontrol alanları seçilirken arazi kullanımlarından yararlanılmıştır. Bu alanların homojen dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Şekil 4.7’de seçilen eğitim ve test alanları gösterilmiştir.

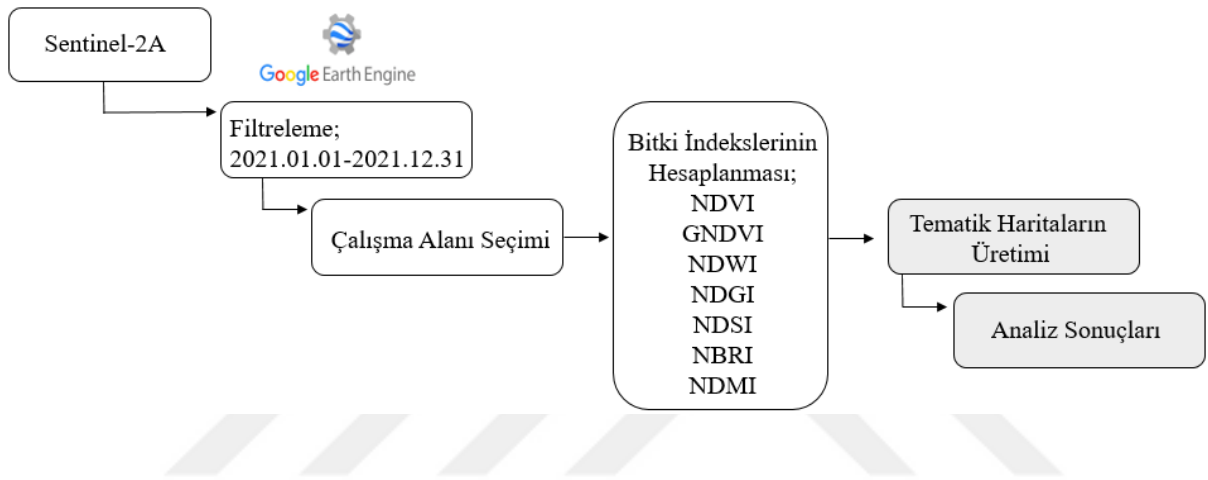


**Şekil 4.7** Eğitim ve test alanlarının belirlenmesi.

Daha sonra test verileri ile kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden RF algoritması uygulanarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve oluşan görüntü renklendirilmiştir. Doğruluk değerlendirmesi için test verileri kullanılmıştır. Test verileri kullanılarak GEE üzerinden hata matrisi oluşturulup genel doğruluk hesaplanmıştır.

#### 4.1.3 Birinci Uygulama İçin Bitki Örtüsü İndekslerinin Elde Edilmesi

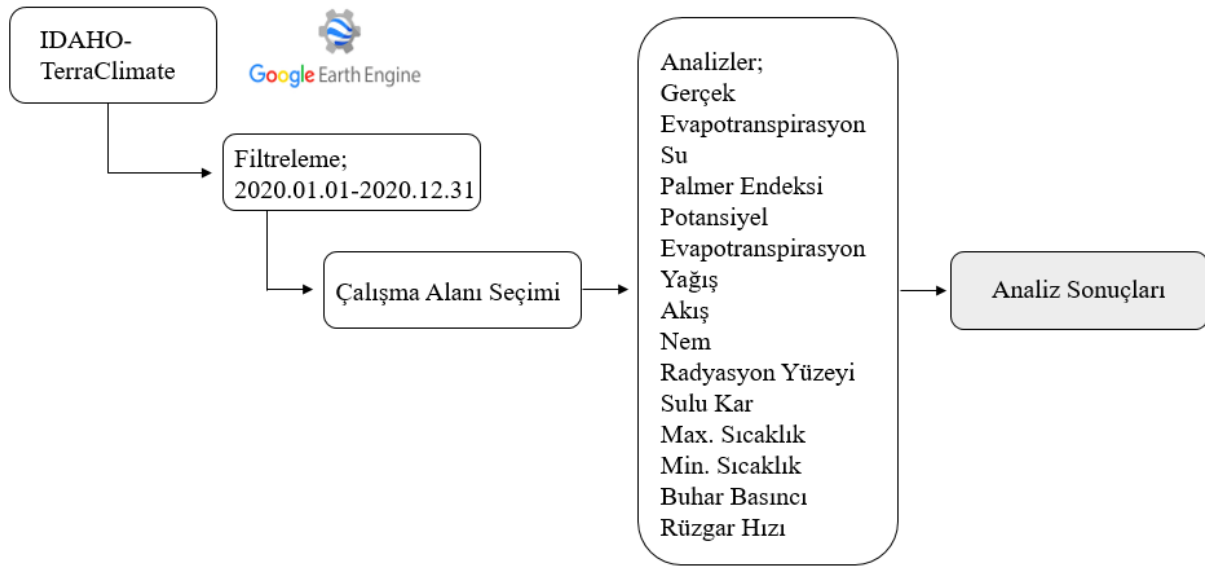
Bu çalışmada Sentinel-2A uydu görüntüleri üzerinden öncelikle bitki vejetasyonları incelenerek bitki örtüsü yoğunluklarında ve sağlıklı bitki yapısındaki değişimlerin gözlenmesi amacıyla yakın kızılötesi yansımaya bağlı olarak zenginleştirme işleminde spektral bitki indeksleri olan NDVI, GNDVI, NDMI, NBRI, NDWI, NDSI ve NDGI indeksleri kullanılmıştır. Elde edilen değerlere göre renklendirme işlemi gerçekleştirilip tematik haritalar oluşturulmuş ve analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenen yol Şekil 4.8 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Bitki örtüsü indeksleri iş akış diyagramı.

#### 4.1.4 Birinci uygulama İçin İklim Verilerinin Elde Edilmesi

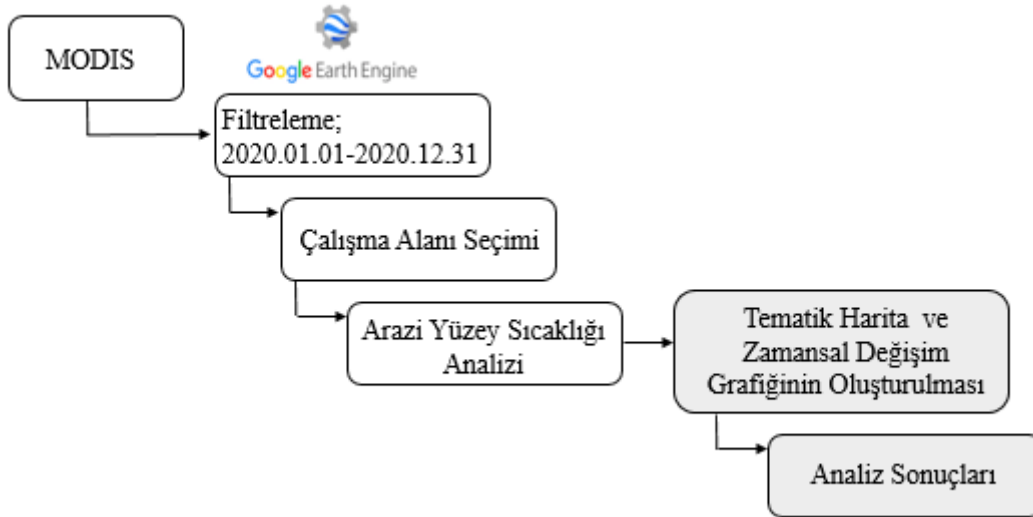
Bölgeye ait üçüncü çalışmada 2020 yılına ait TerraClimate verileri kullanılarak bölgenin iklim verileri değerlendirilmiştir. IDAHO Üniversitesi veri tabanına ait olan TerraClimate verileri üzerinden filtreleme işlemi yapılmıştır. 2020 yılı filtrelenip, çalışma alanı seçilerek iklim değişiminde etkili olan gerçek evapotranspirasyon, su, palmer İndeksi, potansiyel evapotranspirasyon, yağış, akış, nem, radyasyon yüzeyi, sulu kar, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, buhar basıncı, rüzgâr hızı gibi parametreler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların tarım alanlarına etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenen yol Şekil 4.9 ile gösterilmiştir.



**Şekil 4.9** İklim verileri iş akış diyagramı.

#### 4.1.5 Birinci Uygulama İçin AYS Değerlerinin Elde Edilmesi

AYS, atmosfer ile yeryüzü arasındaki etkileşimi ve enerji akışını birleştiren, bölgesel ve küresel ölçekte arazi yüzey çalışmalarına ilişkin önemli bir parametredir (Wan 2014). Bölgeye ait dördüncü çalışmada AYS değerlerinin etki ve ilişkileri incelenmiştir. AYS değerlerinin belirlenmesinde MODIS'in MOD11A2 V6 modülü kullanılmaktadır. Bu modül sayesinde bölgesel veya küresel arazi yüzey sıcaklığı değerleri hesaplanabilmektedir. Elde edilen uydu görüntüsü üzerinden 2020 yılı filtrelenerek çalışma alanı belirlenmiştir. MODIS uydusuna ait gündüz kara yüzey sıcaklığı bandı (LST\_Day\_1km) kullanılarak arazi yüzey sıcaklığı analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AYS değerlerinden ortalama tematik harita ve zaman serisi grafiği oluşturulmuştur. Çalışmada izlenilen yol Şekil 4.10 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Arazi yüzey sıcaklığı iş akış diyagramı.

## 4.2 İKİNCİ UYGULAMA: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN GEE PLATFORMU ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

İklim değişikliği, sanayi devriminden günümüze atmosferdeki sera gazlarının neden olduğu en önemli küresel sorunlardan biridir. Fosil yakıtların artışı, bilinçsizce kullanılan araziler, hızlı nüfus artışı gibi sorunlar iklim değişikliğine neden olmuştur. Bu değişimin sonucunda olağan üstü hava olayları ile karşılaşmakta, buzullar erimekte, kuraklık-çölleşme gibi doğa olayları yaşanmakta, sosyo-ekonomik ve ekolojik yapı tamamen değişmektedir (Dikmen 2017). UA ve CBS’den yararlanılarak iklim değişikliklerinin olumsuz etkileri azaltılmakta, yaşanan süreçler güvenli, hızlı ve güncellenebilir verilerle izlenebilmektedir.

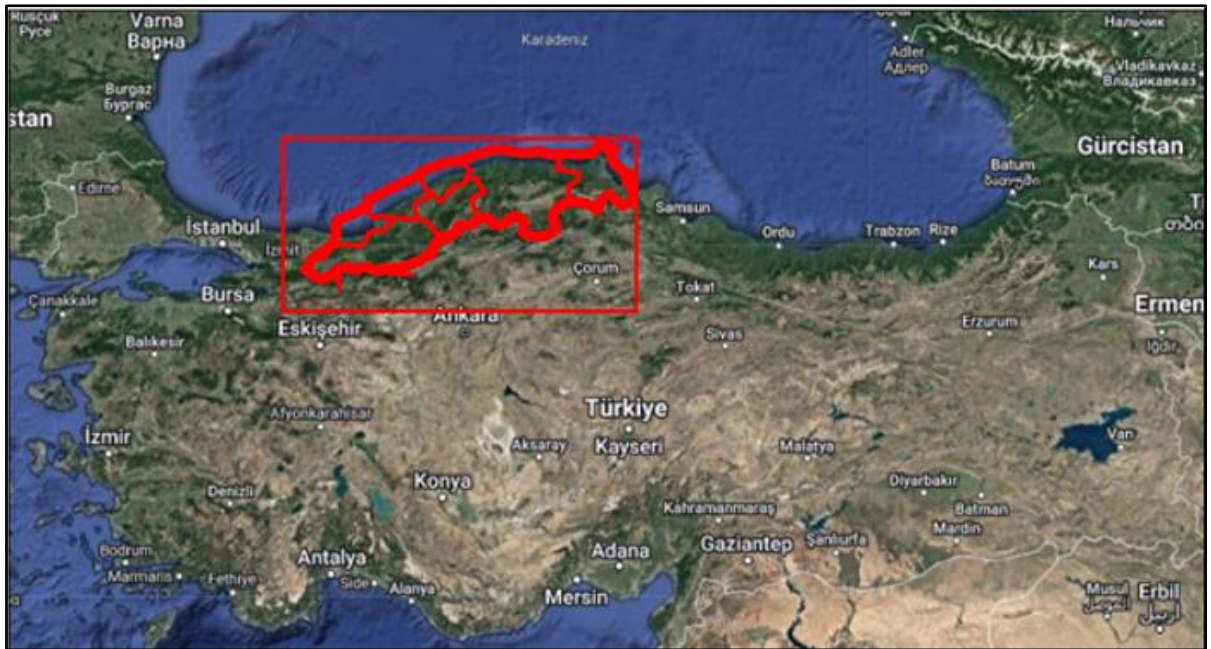
Tez kapsamı gerçekleştirilen ikinci uygulamada Batı Karadeniz Bölgesine ait iklimsel değişim; GEE üzerinden kod yazılarak NASA tarafından geliştirilmiş, Landsat-8, Terra ve Aqua uydu verilerinin analizi ile belirlenmiştir. MODIS’in MOD08\_M3.061 Terra atmosfer verisi kullanılarak Batı Karadeniz bölgesinin geneli için AOD değerleri elde edilip, bu bölgedeki üç kirletici alanında; Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresi, Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresi, Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin AOD değerleri elde edilip karşılaştırılmıştır. MODIS’in MOD13A1.061Terra bitki örtüsü indeksleri kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesindeki NDVI değerleri ve haritası, Landsat-8’in LANDSAT/LC08/C01/T1\_TOA modülü kullanılarak NDWI değerleri ve haritası, LANDSAT/LC08/C02/T1\_L2 modülü görüntüleri kullanılarak NBRI değerleri, MODIS’in

MOD11A2.061 Terra arazi yüzey sıcaklığı verisi kullanılarak yerküre yüzeyi sıcaklık verileri ve haritaları elde edilerek belirtilen yıllarda meydana gelen değişimler incelenip değerlendirilmiştir. Son olarak Landsat-8 görüntüleri üzerinden iki farklı sınıflandırma algoritması (CART ve RF) kullanılarak çalışma alanına özgü sınıflandırma doğruluk çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçları incelenip karşılaştırılmıştır.

#### 4.2.1 İkinci Uygulama İçin Çalışma Alanı

Batı Karadeniz Bölgesinde, Karadeniz iklimi hâkimdir. Bölgenin iç kesimlerinde ise karasal iklim etkilidir. Kış ayları kıyı kesimlerde ılık, iç kesimlerde ise soğuk ve karlıdır. Yaz aylarında kıyıları ılık ve yağışlı, iç kesimler ise daha az yağışlıdır. Bölgedeki dağlar kıyı kesimlerde oluşan nemli havanın iç kesimlere geçmesini engellediği için kıyı kesim ile iç kesim arasında önemli farklar görülür. Örneğin Zonguldak'ta yıllık toplam yağış 1218 mm seviyesinde iken, iç kesimde yer alan Bolu da 557 mm gibi düşük bir yıllık yağış görülmektedir (Partal ve Yavuz 2020).

Batı Karadeniz Bölgesinde ekonomik faaliyetleri belirleyen iki temel sektör bulunmaktadır. Bunlardan birincisi geçmiş 19. yüzyıl ortalarına uzanan madencilik, ikincisi ise demir-çelik sanayidir (URL 24). Kirletici alanların seçiminde bu sektörlerin bulunduğu alanlar göz önüne alınarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.11'de Batı Karadeniz Bölgesi çalışma alanı gösterilmiştir.



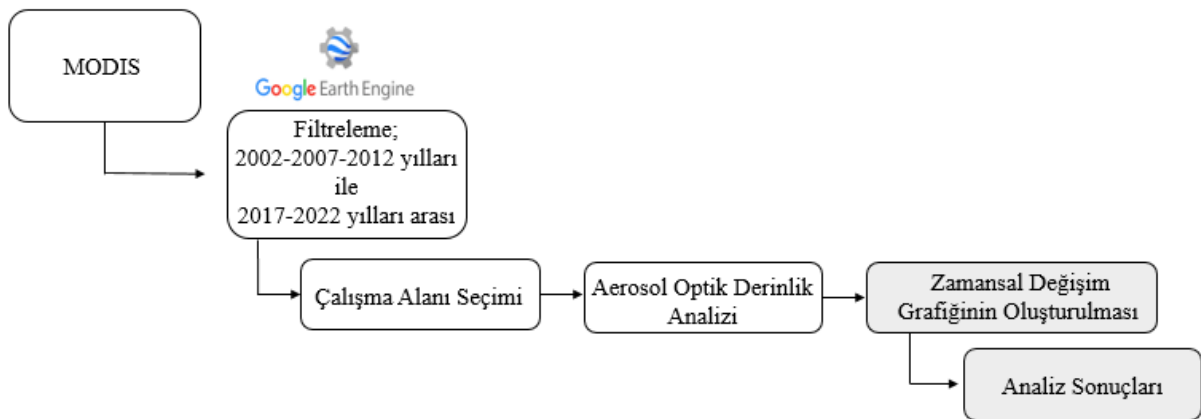
Şekil 4.11 Batı Karadeniz Bölgesi çalışma alanı.

#### 4.2.2 İkinci Uygulama İçin AOD Değerlerinin Elde Edilmesi

Atmosferdeki aerosol varlığını belirleyebilmek için hava kalitesinin izlenmesi gereklidir. Ancak büyük alanların hava kalitesini ölçmede hem teknik hem de ekonomik alt yapıya ihtiyaç duyulacağından bu verileri elde etmek zorlaşacaktır. Aerosol varlığını belirleyebilmek ve ölçebilmek için geliştirilmiş uydu sistemleri mevcuttur ve bunların içerisinde en çok tercih edilenleri MODIS'in Terra ve Aqua uydularıdır (URL-8). Bu uydular sayesinde UA teknikleri ile elde edilen uydu görüntülerinden webCBS analizleri ile hava kirliliği ölçüm çalışmaları ve partikül madde konsantrasyonları belirlenebilmektedir (Samset 2016).

AOD, atmosferde bulunan aerosoller içerisindeki taneciklerin ışık iletimini engellemesini ifade eden bir terimdir. AOD parametresi 0 ile 1 arasında değer alabilen birimsiz bir parametredir. Değerin 0 'a yakın olması partikül bakımından temiz havayı ifade eder. Aerosollerin Güneş ışığını yansıtma ve absorbe etme özellikleri vardır. Atmosferdeki aerosollerin miktarı arttıkça, AOD değeri de artmaktadır. Bir alanda kuvvetli veya çok kuvvetli kum ve toz fırtınaları yaşandığında, AOD değerleri 1'in üzerinde de görülebilmektedir. Aerosollerin etkilerinin araştırılması için uydudan elde edilen veriler AOD verileri adını alır. Bu değerler atmosferin dikey kolonlarında bulunan partiküllerin miktarı ile ilişkilidir. Sıfıra yaklaşan bir AOD değeri partikül bakımından temiz bir atmosferi gösterir (Koçak ve Farshad 2020).

Çalışmada atmosferik parametrelerin ortalama değerini içeren MODIS/061/MOD08\_M3 ürünü uydu görüntüsü kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesinin 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası AOD değerleri analizi gerçekleştirilip, zamansal değişim grafiği oluşturulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenilen yol Şekil 4.12 ile gösterilmiştir.

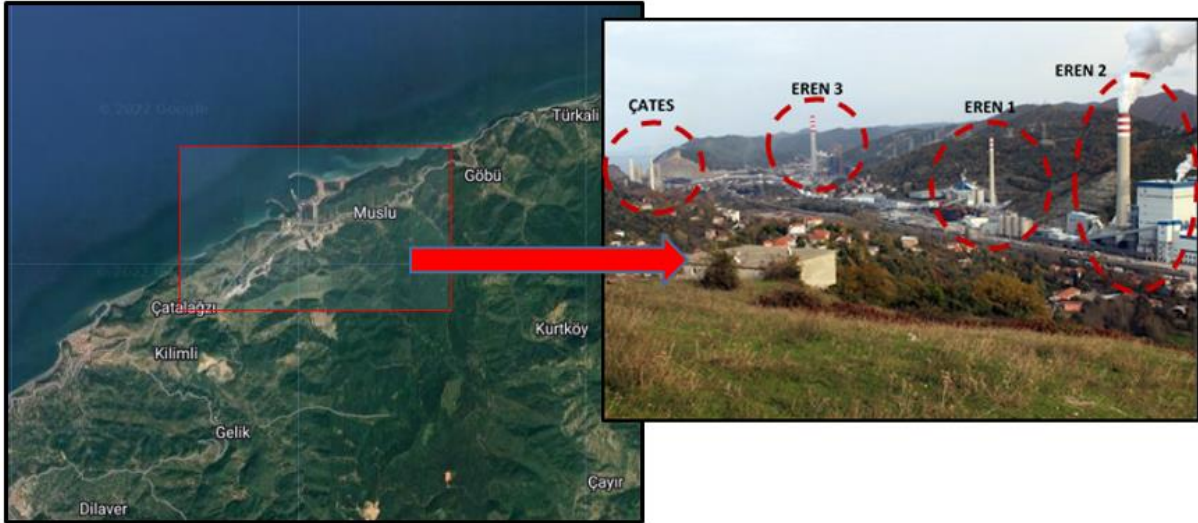


Şekil 4.12 AOD analizi iş akış diyagramı.

Çalışmamızı detaylandırmak ve daha lokal alanlarla karşılaştırmak için Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan üç temel kirletici alanın, Batı Karadeniz'in bütününde rol oynayıp oynamadığına yönelik ayrı bir inceleme daha gerçekleştirildi. Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresi, Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresi, Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası AOD değerleri elde edilip ortalamaları alındı. Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de üç kirletici bölgenin çalışma alanları gösterilmiştir.



**Şekil 4.13** Zonguldak İli, Ereğli İlçesi Demir Çelik Fabrikası ve çevresi çalışma alanı.



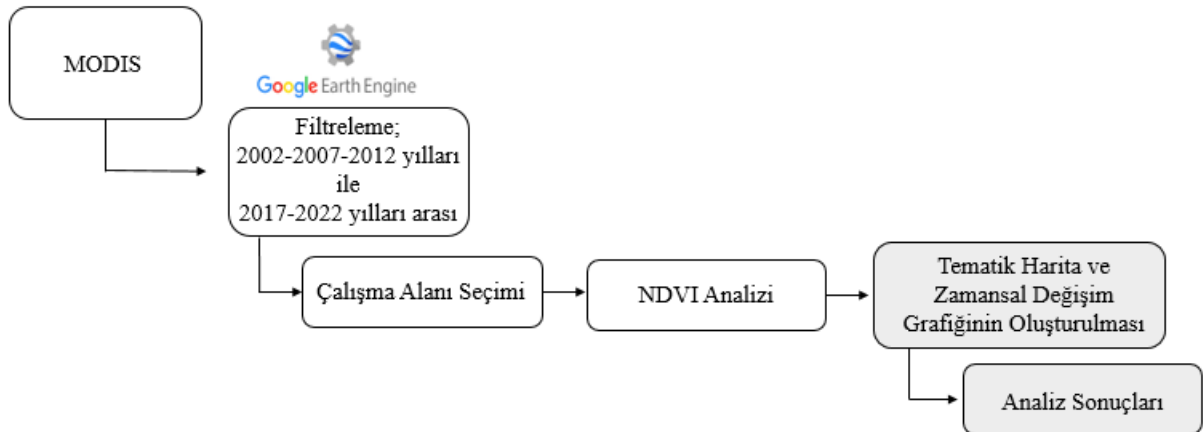
**Şekil 4.14** Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresi çalışma alanı.



Şekil 4.15 Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresi çalışma alanı.

#### 4.2.3 İkinci Uygulama İçin NDVI Değerlerinin Elde Edilmesi

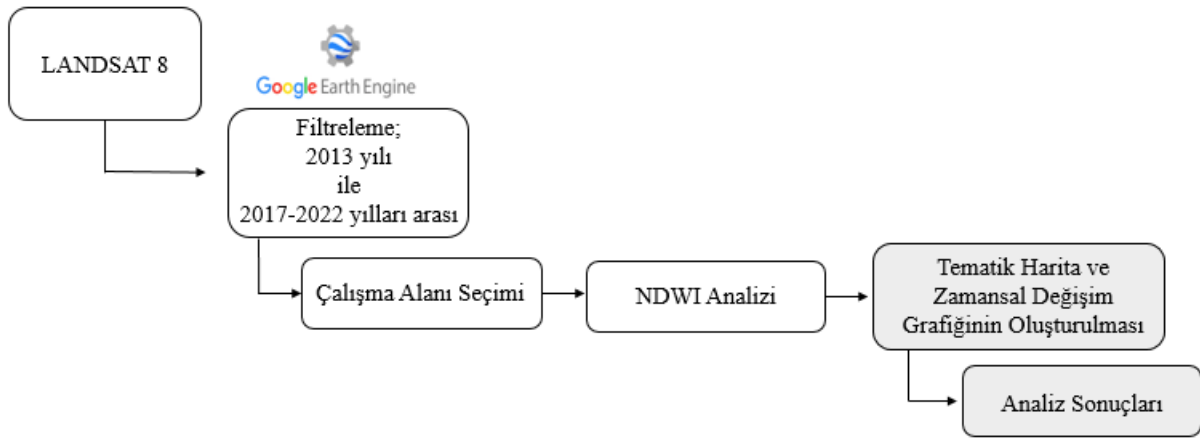
Bölgeye uygulanan ikinci çalışma kapsamında MODIS uydusunun MOD13A1.061 modülü içerisinde bulunan 1. bant NDVI verileri kullanılarak vejetasyon varlığı ve bitkilerin sağlık durumları tespit edilmiştir. Tezin ilk bölümlerinde NDVI özelliklerine değinildiği için burada bahsedilmemiştir. GEE kod editörünü kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesinin 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası NDVI değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerden tematik harita ve zamansal değişim grafiği oluşturulup sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenen yol Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



Şekil 4.16 NDVI analizi iş akış diyagramı.

#### 4.2.4 İkinci Uygulama İçin NDWI Değerlerinin Elde Edilmesi

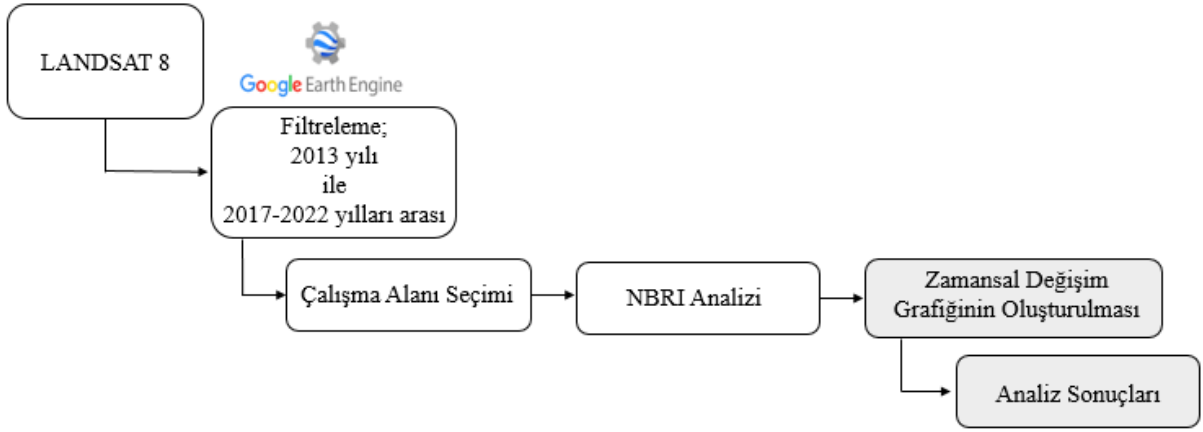
Bölgeye uygulanan üçüncü çalışma kapsamında NDVI İndeksini destekleyecek su alanlarının bulunmasını ve bitkilerdeki su oranları analizinde sıklıkla kullanılan NDWI İndeksi kullanılmıştır. Tezin ilk bölümlerinde NDWI özelliklerine değinildiği için burada bahsedilmemiştir. Bu çalışmada GEE bulut veri tabanında LANDSAT/LC08/C01/T1\_TOA modülü kullanılarak elde edilen uydu görüntüleri ile Batı Karadeniz Bölgesi, 2013 ile 2017 ve 2022 yılları arası filtrelenerek NDWI değerleri elde edilip, tematik harita ve zamansal değişim grafiği oluşturulup sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenen yol Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17 NDWI analizi iş akış diyagramı.

#### 4.2.5 İkinci Uygulama İçin NBRI Değerlerinin Elde Edilmesi

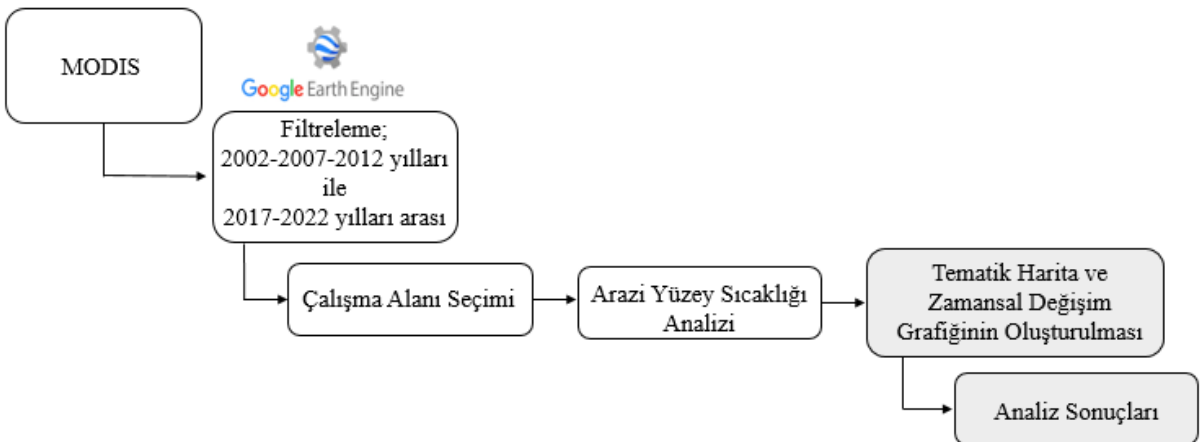
Bölgeye ait yapılan dördüncü çalışma ile hem NDVI hem de NDWI indekslerini destekleyecek, bitki canlılığını, nem içeriğini ve bitki örtüsünün yanmasından sonra meydana gelebilecek bazı toprak koşullarındaki değişimleri belirlemede NBRI İndeksi kullanılmıştır. Tezin ilk bölümlerinde NBRI özelliklerine değinildiği için burada bahsedilmemiştir. Çalışma kapsamında Landsat-8 uydusunun LANDSAT/LC08/C02/T1\_L2 modülü kullanılarak elde edilen görüntülerden 2013 yılı ile 2017 ve 2022 yılları arası filtrelenerek NBRI analizi gerçekleştirilmiştir. Zamansal değişim grafiği oluşturulup sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenen yol Şekil 4.18 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.18 NBRI analizi iş akış diyagramı.

#### 4.2.6 İkinci Uygulama İçin AYS Değerlerinin Elde Edilmesi

AYS değerleri iklim açısından önemli bir parametredir ve iklim modellerinde kullanılmaktadır. UA teknikleri sayesinde dünya üzerinde yüksek çözünürlüklü sıcaklık verileri elde edilebilmekte ve küresel iklim değişikliği, hidrolojik, jeo-biyofiziksel ile kentsel arazi kullanımı ve arazi örtüsü gibi birçok çalışmalarda uydu görüntülerinden yararlanılmaktadır (Avdan ve Jovanovska 2016). Çalışmada toprak ve AYS verisi sunan MODIS uydusunun MOD11A1. 061 modülünün arazi yüzey sıcaklığı (LST\_Day\_1km) bandı kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesi için 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası AYS değerleri elde edilip, tematik harita ve zamansal değişim grafiği oluşturulup sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada izlenilen yol Şekil 4.19 ile gösterilmiştir.

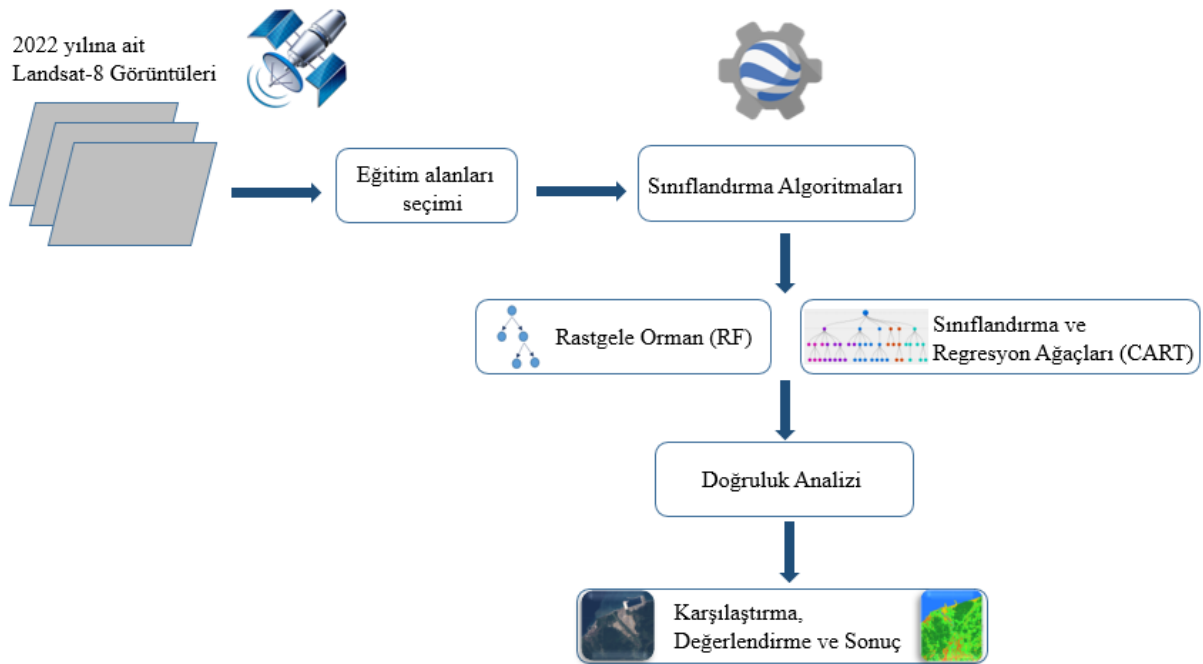


Şekil 4.19 Arazi yüzey sıcaklığı analizi iş akış diyagramı.

#### 4.2.7 İkinci Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi

Son yıllarda yaşanan hızlı nüfus artışı ile birlikte arazi örtüsü ve arazi kullanımında zamanla değişiklikler meydana gelmektedir. Geniş alanlardaki bu değişimin izlenmesi ve değerlendirilmesi için UA verilerine büyük ihtiyaç duyulur. Bu veriler sayesinde oluşturulan haritaların güvenilirliğinin kanıtlanması için eğitim ve test verilerinin dağılımı, kullanılan bantların spektral ve mekânsal çözünürlüğü, sınıflandırma algoritmasının karakteristik özelliği gibi birçok parametreye bakılmalıdır (Kavzaoğlu 2009).

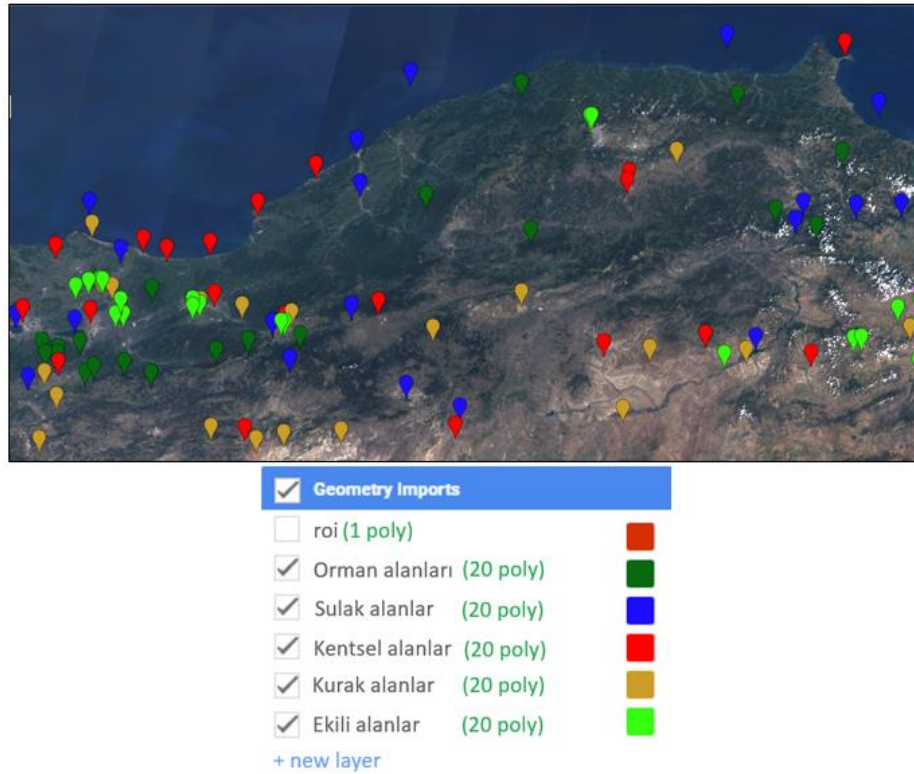
Arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritaları üretebilmek için gerekli sınıflandırma algoritmaları sayesinde UA yoluyla elde edilen görüntüler sınıflandırılmakta ve bu sayede sürdürülebilir arazi yönetimi sağlanmaktadır. Sınıflandırma algoritmaları geçmişteki verileri kullanarak, verinin ve yapılacak işlemin niteliğine göre en uygun modeli hesaplamayı amaçlar. Bu çalışma kapsamında görüntü verilerinin sınıflandırılmasında ve istatistiksel analizine ilişkin sıklıkla kullanılan ve başarılı sonuçlar veren iki farklı makine öğrenme algoritması kullanılmıştır. Bunlar, RF ve CART sınıflandırıcılarıdır. GEE'den USGS'e bağlantı kurularak sağlanan Landsat-8 görüntüleri üzerinden eğitim alanları seçilmiştir. Daha sonra RF ve CART sınıflandırma algoritmaları kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Uygulamanın iş akış diyagramı Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı.

Uygulamanın başlangıç aşamasında 2022 yılına ait bulutluluk oranı %10 un altında en uygun Landsat-8 uydu görüntüleri seçilmiştir. İkinci aşamada sınıflandırma çalışması için 5 adet test alanları seçilmiştir. Bunlar; orman alanları, sulak alanlar, kentsel alanları, kurak alanlar ve ekili alanlardır. Üçüncü aşamada RF ve CART sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Dördüncü aşamada hata matrisi oluşturularak doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Son aşamada nihai sonuçlar karşılaştırılıp sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında doğruluk değerlendirmesi için çokgen şeklinde seçilen test alanları kullanılmıştır. Test alanlarının homojen dağılımına dikkat edilmiştir. Oluşturulan arazi sınıflarından toplanan örneklemeler; Şekil 4.21’ de görüldüğü gibi orman alanları, sulak alanlar, kentsel alanları, kurak alanlar ve ekili alanları şeklinde seçildikten sonra sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 4.21** GEE’de oluşturulan 2022 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları.

Çalışma alanına ait eğitim alanları oluşturulduktan sonra RF ve CART sınıflandırıcıları kullanılarak tematik haritalar oluşturulup doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır.

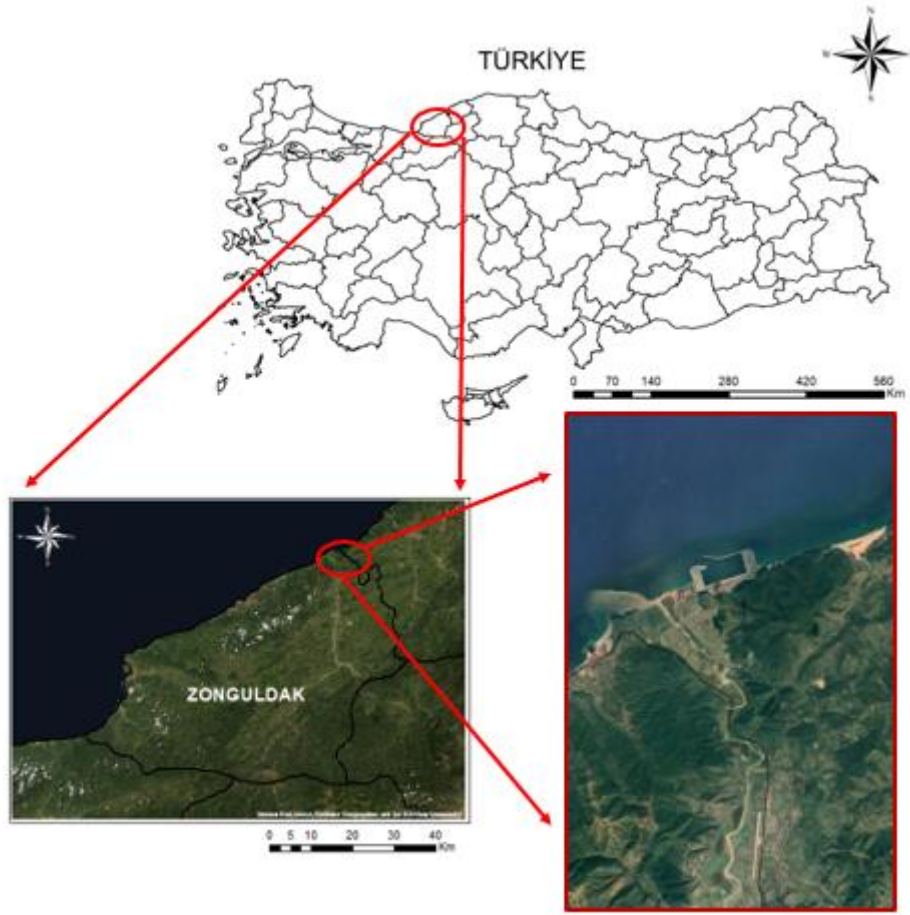
### **4.3 ÜÇÜNCÜ UYGULAMA: ARAZİ DEĞİŞİMLERİNİN GEE PLATFORMU KULLANILARAK İNCELENMESİ**

Tez kapsamında üçüncü uygulamada, Ülkemizin Batı Karadeniz bölgesi içerisinde yer alan Filyos Serbest bölgesinin 2018 ve 2022 yıllarına ait RF ve CART olmak üzere iki farklı makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Elde edilen değerler karşılaştırıp, sınıflandırma sonucu en yüksek doğrulukla elde edilen görüntü ve makine öğrenme algoritması belirlenmiştir. GEE üzerinden elde edilen hata matrisi ile doğruluk değerlendirmesi için genel doğruluk, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve Kappa değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak Landsat-8 için performans değerlendirmesi yapılmıştır.

#### **4.3.1 Üçüncü Uygulama İçin Çalışma Alanı**

Çalışma alanı Karadeniz iklim bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgede dağların denize bakan yamaçlarında yağış miktarı 600-1200 mm'ye çıkmaktadır. Sıcaklık farkı yıl içerisinde fazla olmamakla birlikte en fazla yağış aldığı mevsim sonbahardır (Atalay 2011, Yılmaz 2021). Filyos çayı deltası ve çevresi önemli değerleri barındırmaktadır. Delta alanı tarımsal potansiyeli yüksek arazilere sahiptir. Filyos çayının batısında Filyos kuş cenneti bulunmakta ve çok sayıda canlıya ev sahipliği yapmaktadır. Yine aynı bölgede Romalılardan kalma Tios antik kenti ve Filyos çayının doğusunda yapımı halen süren Filyos Vadi Projesi bulunmaktadır (Atış ve Çelikoğlu 2019).

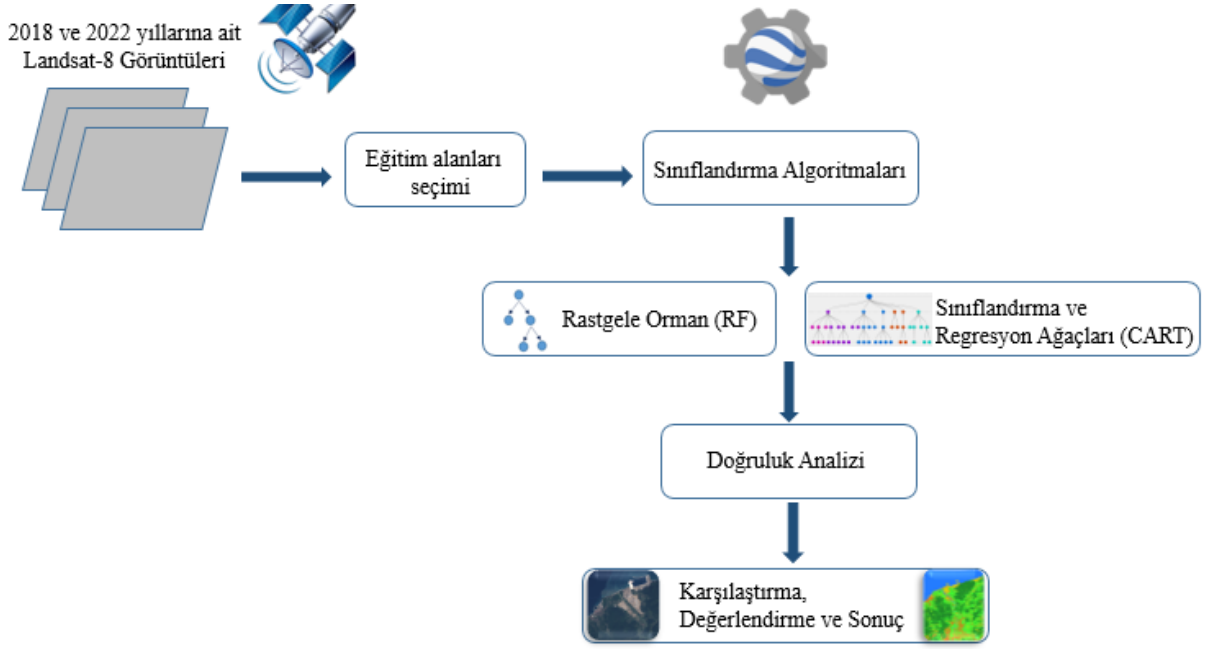
Çalışmada 2018 ve 2022 yıllarına ait iki farklı Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Şekil 4.22'de çalışma alanının konumu ve GEE'de kullanılan Landsat-8 görüntüsüne yer verilmiştir.



**Şekil 4.22** Çalışma alanı ve GEE’de kullanılan görüntü.

#### 4.3.2 Üçüncü Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi

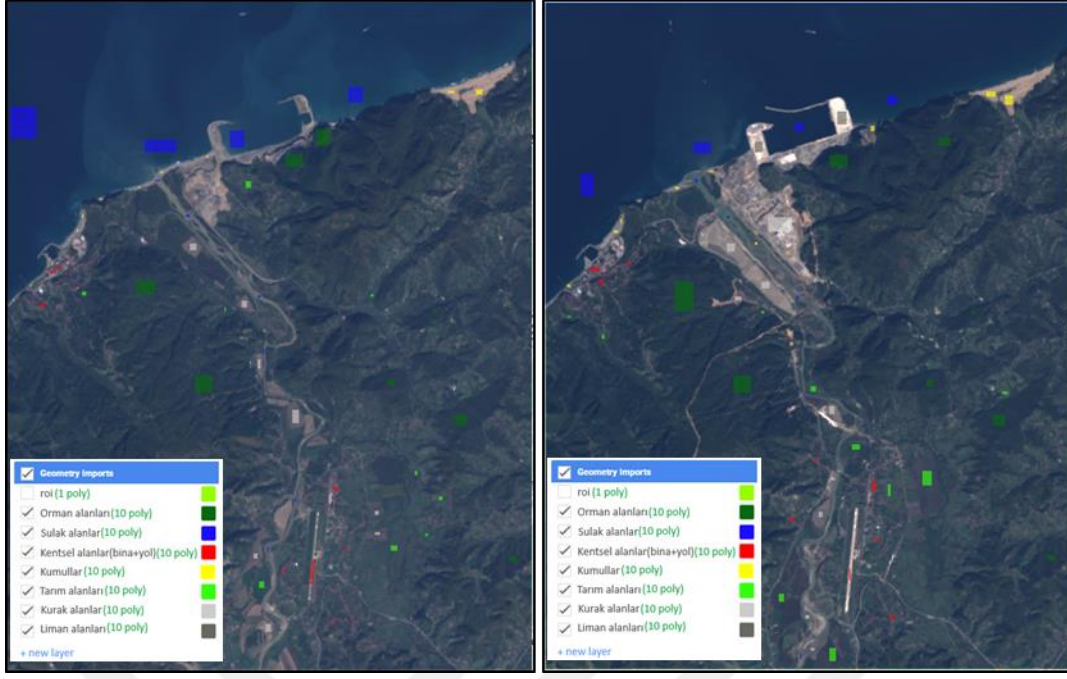
UA teknolojisi ile arazi örtüsü ve arazi kullanım sınıflarının tespiti, hızlı ve yüksek doğruluk ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada veri kütüphanesinden sağlanan Landsat-8 uydu görüntüleri sayesinde üç farklı sınıflandırma algoritması kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Uygulamanın iş akış diyagramı Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı.

Uygulamanın başlangıç aşamasında 2018 ve 2022 yıllarına ait bulutluluk oranı %10 un altında en uygun Landsat-8 uydu görüntüleri seçilmiştir. Daha sonra sınıflandırma çalışması için 10 adet test alanları seçilmiştir. Sonrasında RF ve CART sınıflandırma algoritmaları kullanılarak hata matrisi oluşturulup, doğruluk analizi gerçekleştirildi. Son aşamada nihai sonuçlar karşılaştırıldı ve değerlendirildi.

Çalışma kapsamında doğruluk değerlendirmesi için çokgen şeklinde seçilen eğitim alanları kullanılmıştır. Oluşturulan arazi sınıflarından toplanan örneklemeler 2018 ve 2022 görüntüleri üzerinden seçilmiştir. Bu alanları; orman alanları, sulak alanlar, kentsel alanlar(bina+yol), kumullar, tarım alanları, kurak alanlar ve liman alanları şeklindedir. Eğitim alanları seçildikten sonra sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.24’de 2018 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri ve eğitim alanları gösterilmiştir.



(a)

(b)

**Şekil 4.24** GEE’de oluşturulan 2018 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları, (b) 2022 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları

Çalışma alanına ait eğitim alanları oluşturulduktan sonra RF ve CART sınıflandırıcıları kullanılarak tematik haritalar oluşturulup doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile MODIS uydusunun ‘MCD12Q1v006’ modülü ve AÇA tarafından sağlanan CORINE çevre bilgi koordinasyonu sistemi sayesinde; ‘Copernicus CORINE Arazi Örtüsü’ veri seti kullanılarak Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı arazi Örtüsü ve arazi kullanımı sınıfları tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

#### **4.4 DÖRDÜNCÜ UYGULAMA: HAVZA MODELİNİN GEE PLATFORMU KULLANILARAK İNCELENMESİ**

Tez kapsamında dördüncü uygulamada; Türkiye’nin Batı Karadeniz bölümündeki en büyük nehir havzası olan Filyos Havzasına yönelik GEE üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler; SPI, SVI, EVI değerleri, sıcaklık değerleri, AYS değerleri, AOD değerleri, AET değerleri, taşkın, sel, nüfus görüntüleri, yangın sayısı ve orman kayıpları verilerinin zamansal değişimi analiz edilip hesaplanmış ve sonuçları yorumlanmıştır.

#### 4.4.1 Dördüncü Uygulama İçin Çalışma Alanı

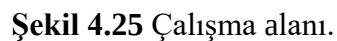
Batı Karadeniz bölgesinin en büyük havzalarından biri olan Filyos Çayı Havzası, Bartın, Bolu, Zonguldak, Karabük ve Kastamonu il sınırları içerisinde geçmektedir. Bu bölgedeki birçok havzanın birleşimi Batı Karadeniz havzasını oluşturmaktadır. Filyos Havzasında, ülkemizin alanında en büyük olan demir çelik sanayi tesislerin ve kömür madenciliği faaliyetleri önemli sanayi faaliyetleri arasında yer almaktadır. Batı Karadeniz Havzasının yağış alanının % 45'ini kaplayan Filyos Havzası, aynı zamanda Batı Karadeniz Havzası içerisinde yaşayan nüfusun %55'ine de sahiptir. Batı Karadeniz Havzası'nda içme ve kullanma suyu olarak kullanılan miktar yıllık 110 milyon m<sup>3</sup> olup, bu miktarın yaklaşık % 64'lük (70 milyon m<sup>3</sup>) bölümü de çalışma alanı olan Filyos Çayı Havzasında kullanılmaktadır (TÜBİTAK-MAM 2013, Özdemir ve Güngör 2019). Batı Karadeniz Havzası'nın en büyük akarsuyu olan Filyos nehri Bolu ilindeki Aladağ' dan doğarak akış yönünden Çankırı-Kastamonu il sınırını oluşturmakta ve Karabük il sınırını geçtikten sonra Zonguldak ili topraklarında Gökçebey ilçesinde doğudan gelerek, güneyden gelen Dirgine çayının birleşmesiyle oluşmuştur. Birleşme noktasından itibaren büyük bir vadi içerisinde yayılarak Çaycuma ilçesini geçer ve Hisarönü bölgesinde bir delta ağzı oluşturmak suretiyle Karadeniz'e dökülür. Filyos çayı coğrafi bakımından Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesinde Bartın, Bolu, Zonguldak, Karabük, Kastamonu, Çankırı illerinin bir kısım alanlarını kapsamaktadır.

Filyos havzası, Karadeniz Bölgesinin tipik özelliklerini taşımaktadır. Havzanın büyük bir bölümü dağlar ve platolarla kaplıdır. Havzanın güney ve doğu bölümünde dağlık alanlar bulunmaktadır.

Bölgenin iklim özelliklerini ortaya koymak için Zonguldak, Bartın, Devrek ve Karabük Meteoroloji İstasyonlarının yıllık ortalama sıcaklıklarından faydalanılmıştır; buna göre sıcaklıklar 13,1-13,9°C arasında değişmektedir. İzoterm haritaları incelendiğinde sahanın en çok ısınan yerleri aşağı Filyos havzasındaki vadi tabanları ve Karabük çevresidir (DSİ 1998).

Sıcaklığın en düşük olduğu yerler ise bölgenin yüksek kesimleridir. Kuzeyden güneye doğru gidildikçe iklim sertleşir. Bölgenin yağış haritaları incelendiğinde, kıyı kesimlerin iç kesimlerden daha fazla yağış aldığı, ancak iç kesimlerde yüksek platolar ve dağlık alanlarda yağışın artması dikkat çekicidir.

Havza, gerek verimli orman ve gerekse bitki türleri çeşitliliği açısından ülkemizin en zengin bölgelerinden biridir. Doğal bitki örtüsü içinde büyük oranda orman alanları, orman üst bölgelerinde mera alanları bulunmaktadır. Şekil 4.25 ile çalışma alanı gösterilmiştir.



59

**Çizelge 4.1** Çalışmada kullanılan veriler.

| Veri                                                                     | Veri Kümesi                                                                   | Veri Kümesi Sağlayıcısı                                                                                                                                      | Veri Çözünürlüğü                     |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| SPI(Standartlaştırılmış Yağış İndeksi)                                   | 1981-01-01 - 2022-10-31<br>2000-02-18 - 2022-09-30                            | CHIRPS Daily: İstasyon Verileri ile İklim Tehlikeleri Grubu Kızılötesi Yağış Verisi.<br>MODIS MOD13Q1.006 Terra Bitki Örtüsü İndeksleri (16 günlük-Küresel). | 0.05°<br>250 metre                   |
| SVI(Standart Bitki Örtüsü İndeksi) - EVI (Gelişmiş bitki örtüsü İndeksi) | 2000-02-18 - 2022-09-30                                                       | MODIS MOD13Q1.006 Terra Bitki Örtüsü İndeksleri (16 günlük-Küresel)                                                                                          | 250 metre                            |
| Sıcaklık                                                                 | 1979-01-01 - 2020-06-01                                                       | Copernicus İklim Değişikliği Hizmeti - ERA5 Aylık Sıcaklık Verisi                                                                                            | 0.25°                                |
| Arazi Yüzey Sıcaklığı                                                    | 2000-02-18 - 2022-11-01                                                       | MODIS MOD11A2.061 Arazi Yüzey Sıcaklık Verisi (8 Günlük-Küresel)                                                                                             | 1000 metre                           |
| Aerosol                                                                  | 2000-02-01 - 2022-10-01                                                       | MODIS MOD08 _ M3. 061 Terra Atmosfer Aerosol Verisi (Aylık-Küresel)                                                                                          | 1°x1°                                |
| Evapotranspirasyon                                                       | 2001-01-01 - 2022-10-24                                                       | MODIS MOD16A2. 006 Terra Net Evapotranspirasyon Verisi (8 Günlük-Küresel)                                                                                    | 500 metre                            |
| Taşkın ve Sel                                                            | 2014-10-03 - 2022-11-19<br>2000-02-11 - 2000-02-22<br>1984-03-16 - 2022-01-01 | Sentinel-1 SAR GRD: C-bandı Sentetik Açıklıklı Radar Yer Mesafesi Verisi.<br>WWF HydroSHEDS: Hidrografik Veri, Boşluk Dolu DEM. JRC Yüzey Suyu Haritalama.   | 10 metre<br>3 Ark Saniye<br>30 metre |
| Nüfus                                                                    | 2000-01-01 - 2020-01-01                                                       | Uluslararası Yer Bilimleri Bilgi Ağı Merkezi'nde NASA SEDAC<br>GPWv411: BM'ye Göre Ayarlanmış Nüfus Yoğunluğu Verisi                                         | 30 Ark Saniye                        |
| Yangın Sayısı                                                            | 2000-11-01 - 2022-11-08                                                       | FIRMS (Kaynak Yönetim Sistemi için Yangın Bilgileri) Verisi                                                                                                  | 1000 metre                           |
| Orman Kayıpları                                                          | 2000-01-01 2021-01-01                                                         | Landsat - Hansen Küresel Orman Değişimi v1.9 Verisi                                                                                                          | 1 Ark Saniye                         |

#### 4.4.2 Dördüncü Uygulama İçin SPI Değerlerinin Elde Edilmesi

İklim değişikliği tüm dünyada etkili olan sorunların başında gelmektedir. Bu değişikliğin belirlenmesinde kullanılan önemli kavramlardan biri kuraklıktır. Kuraklığın oluşmasının en önemli etkeni ise sıcaklıkların artması ve yağışların azalmasıdır. Kuraklığın belirlenebilmesi ve gerekli tedbirlerin alınabilmesi için analizler gerçekleştirilmektedir. Literatürlerde sıklıkla kullanılan kuraklığı izleme yöntemlerinden biride SPI indeks değerleridir (Özgün vd. 2020).

SPI, kuraklığın belirlenmesinde kullanılır. Bu değer yağış değerinin sayısal bir değer olarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir (McKee et al. 1993).

SPI değerleri elde edilerek yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde İndeksin sıfırın altına düştüğü dönem kuraklığı ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler kuraklığın azaldığını yani yağışın arttığını ifade eder (McKee et al. 1995). Çizelge 4.2’de verilen SPI İndeksine göre kuraklık şiddeti sınıfları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2** SPI değerlerine göre yağış sınıfları (McKee et al. 1993).

| Sınıf                  | Değer           | Renk                                                                                |
|------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Aşırı Yağışlı          | $\geq 2.00$     |  |
| şiddetli Yağışlı       | 1.50 ile 1.99   |                                                                                     |
| Orta Derece Yağışlı    | 1.00 ile 1.49   |                                                                                     |
| Normale Yakın          | -0.99 ile 0.99  |                                                                                     |
| Orta Derecede Kuraklık | -1.00 ile -1.49 |                                                                                     |
| şiddetli Kuraklık      | -1.50 ile -1.99 |                                                                                     |
| Aşırı Kuraklık         | $\leq -2.00$    |                                                                                     |

SPI değerlerine göre yağış sınıfları, -2 ve +2 değer aralığında derecelendirilmiştir. -2’den küçük olan değerler aşırı kurak alanı temsil ederken, +2’den büyük olan değerler aşırı yağışlı alanı temsil etmektedir. 0’a yakın değerler normal değer olarak kabul edilmektedir.

#### 4.4.3 Dördüncü Uygulama İçin SVI ve EVI Değerlerinin Elde Edilmesi

MODIS uydusunun EVI ürününe dayalı, SVI hesaplamalarında EVI İndeksi kullanılır. SVI, belirli zaman aralığında bitki örtüsü üzerinde yaşanan ortalama değişimler ve kuraklık hakkında bilgi verir. MODIS tabanlı SVI ile bitki örtüsü durumları ölçülmekte, izlenmekte ve değerlendirilmektedir. Kuraklık izleme ve erken uyarı sayesinde birçok kullanıcı tarafından tercih edilmektedir. SVI, kullanıcının tercihinine bağlı olarak NDVI ve EVI temelinde hesaplanabilir (UN-SPIDER, 2022). Çizelge 4.3’de Filyos havzası için SVI değerlerine göre kuraklık sınıfları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3** SVI değerlerine göre kuraklık sınıfları.

| Sınıf             | Değer           | Renk                                                                                 |
|-------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Aşırı Kuraklık    | $\leq -1.60$    |  |
| şiddetli Kuraklık | -1.00 – (-1.59) |                                                                                      |
| Orta Kuraklık     | -0.50 – (-0.99) |                                                                                      |
| Hafif Kuraklık    | -0.10 – (-0.49) |                                                                                      |
| Kuraklık Yok      | $\geq 0$        |                                                                                      |

SVI değerlerine göre kuraklık sınıfları, 0 ve -1.60 değer aralığında derecelendirilmiştir. -1.60'dan küçük olan değerler aşırı kurak alanı temsil ederken, 0'dan büyük olan değerler kuraklığın yaşanmadığı alanları temsil etmektedir.

EVI İndeksinin nasıl elde edildiği bir önceki bölümlerde bahsedildiği için burada değinilmemiştir. Çizelge 4.4'de Filyos Havzası için EVI değerlerine göre bitki yoğunluk sınıfları gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4** EVI değerlerine göre bitki yoğunluk sınıfları.

| Sınıf          | Değer       | Renk |
|----------------|-------------|------|
| Yok            | $\leq 0$    |      |
| Seyrek         | 0.01 – 0.19 |      |
| Az Yoğun       | 0.20 – 0.25 |      |
| Ortalama Yoğun | 0.26 – 0.39 |      |
| Çok Yoğun      | $\geq 0.40$ |      |

EVI değerlerine göre bitki yoğunluk sınıfları, 0 ve 0.40 değer aralığında derecelendirilmiştir. 0'dan küçük olan değerler bitki yoğunluğu olmayan alanı temsil ederken, 0.40'dan büyük olan değerler çok yoğun bitki yoğunluğu alanlarını temsil etmektedir.

#### 4.4.4 Dördüncü Uygulama İçin Sıcaklık ve AYS Değerlerinin Elde Edilmesi

Küresel iklim değişikliğine neden olan faktörlerden birisi de sıcaklıklardaki yükselişlerdir. Son yıllarda etkisini artıran sıcaklıklar önemli afetlere sebep olmaktadır. Filyos havzası iklim değişiklikleri göz önüne alındığında bölgede yaşanan değişimlerin sebeplerinin sıcaklıkta yaşanan artış ve azalışların etkili olabileceği öngörülmektedir. Bu amaçla çalışmada 2000-2022 yılları arası sıcaklık ve AYS değişimleri gözlenmiştir.

Çalışmada sıcaklık verileri, Copernicus İklim Değişikliği Hizmeti tarafından üretilen ERA5 ile elde edilmiştir. ERA5, küresel iklimin ve atmosferik etkinin beşinci nesil ECMWF yeniden analizidir. Bu yöntemle dünyanın farklı noktalarından gelen veriler tutarlı ve eksiksiz bir şekilde veri kümesinde birleştirilir (URL 12).

AYS'den bir önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Bu çalışmada MODIS tarafından sağlanan 'MODIS/061/MOD11A2' modülünün 'LST\_Day\_1km' bandı kullanılmıştır.

#### **4.4.5 Dördüncü Uygulama İçin AOD Değerlerinin Elde Edilmesi**

AOD değerlerinin elde edilmesi hakkında bir önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Bu çalışmada atmosferik parametrelerin ortalama değerini içeren MODIS/061/MOD08\_M3 ürünü uydu görüntüsü kullanılarak Filyos Havzasının, 2000-2022 yılları arası AOD değerleri analizi gerçekleştirilip, zamansal değişim grafiği oluşturulup sonuçlar değerlendirilmiştir.

#### **4.4.6 Dördüncü Uygulama İçin AET Değerlerinin Elde Edilmesi**

MODIS'in Terra uydusunun bir diğer bandı evapotranspirasyondur. Bu band 500 m mekânsal çözünürlük ve 8 gün zamansal çözünürlükte olup 8 gününün toplam verilerini bulundurmaktadır. Ölçüm birimi  $\text{kg/m}^2/8$  gün 'dür (URL 25).

AET, bitkiler ve su yüzeylerindeki gerçek terleme ve buharlaşmayı ifade etmektedir. Evapotranspirasyon hesaplamalarında, terleme ve toprak buharlaşmasının her ikisi de dahil edilmiştir. Meteorolojik veriler ile birleştirilen uzaktan algılama gözlemleri dolaylı evapotranspirasyon hesaplanmasında kullanılır. UA sayesinde toprak nemi ve toprağın mikrodalga özelliklerinin ölçülmesi sonucu hesaplanır (MGM 2022).

Bu çalışmada 2001-2021 yılları arası MODIS'in Terra uydusunun evapotranspirasyon bandı kullanılarak ortalama AET değerleri elde edilip, zamansal değişim grafiği oluşturulmuştur.

#### **4.4.7 Dördüncü Uygulama İçin Taşkın ve Sel Analizinin Elde Edilmesi**

Taşkınlar; akarsuyun şiddetli yağışlar, heyelanlar, barajların bilinçsizce kullanımı, yatakların şehir yapılaşmasından dolayı daralması gibi nedenlerle taşarak, çevre arazilere, canlı varlığına, yerleşim yerlerine ve alt yapı tesislerine zarar vererek o bölgeyi olumsuz etkileyen doğal afet çeşitlerinden biridir. Dünyada ve ülkemizde maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır (DSİ 2017).

Taşkın ve sel' in neden olduğu zararları azaltmak için, olası taşkın olayları meydana gelmeden önlemler alınması gerekir. İlgili kurum ve kuruluşların CBS aracılığıyla afet bilgi sistemi oluşturup risk analizleri gerçekleştirmelidirler. Havzalarda meydana gelebilecek taşkınları tahmin etmek oldukça güç bir konu olsa da uydu görüntüleri kullanılarak taşkın alanları tahmin edilebilir. Bu tahminlere göre mevcut durumun gözden geçirilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması can ve mal kaybının en aza indirilmesi mümkün olabilmektedir

Bu çalışmada taşkın ve sel analizinin elde edilmesinde selden önceki ve selden sonraki dönemler belirlenmiştir. Selden önce ve selden sonraki görüntüler arasındaki farkı çıkarmak için eşik değeri ayarlanmıştır. Ardından Sentinel-1 görüntüleri elde edilerek filtreleme işlemleri yapılmıştır. Görüntüyü iyileştirmek için WWF'nin HydroSHEDS: Hidrografik Veriler ve JRC yüzey suyu haritalama verileri kullanılmıştır. Daha sonra taşkın alanı hesaplanıp, görselleştirilmiştir.

WWF'nin HydroSHEDS 'WWF/HydroSHEDS/03VFDEM' modülü ile Dünya WWF ile koruma bilimi programı tarafından ABD jeoloji araştırması, uluslararası tropikal tarım, doğa koruma merkezi ve Almanya, Kassel Üniversitesi çevre sistemleri araştırma merkezi ile ortaklaşa geliştirilmiştir. HydroSHEDS, havza sınırları, nehir ağları, drenaj yönleri ve akış birikimleri dâhil olmak üzere çeşitli ölçeklerde bir dizi coğrafi referanslı veri seti sunar (URL 26).

Avrupa Komisyonu'nun ortak araştırma merkezi tarafından Copernicus programı çerçevesinde JRC yüzey suyu haritalama 'JRC/GSW1\_4/GlobalSurfaceWater' modülü ile yüzey sularının zamansal dağılımı haritalarını içerir ve su yüzeylerinin değişimi hakkında bilgiler sağlar. 30 m çözünürlüğe sahiptir (URL 27). Bu modüller kullanılarak taşkın ve sel risk analizleri yapılabilmektedir. Elde edilen haritalar sayesinde taşkın riski oluşan alanlar belirlenebilmektedir.

#### **4.4.8 Dördüncü Uygulama İçin Nüfus verilerinin elde edilmesi**

Hızla artan dünya nüfusu ile birlikte temel gereksinimlere duyulan ihtiyaçlarda her geçen gün artmaktadır. Bu artış zamanla doğal kaynakların yok olmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Nüfus artışı ile tarımsal üretiminde artması beklenmektedir. Fakat hali hazırda bulunan tarım arazilerinin amacı dışında kullanılmasından dolayı sanayi tesislerinin verimli arazilere kurulması bu tesislerin çevreye verdiği zararlı atıklar sonucu toprakların zarar görmesi tarımsal üretimi sınırlandırmaktadır (Dağ ve Akbay 2022). Nüfus artışının iklim değişikliği ve tarım alanlarındaki etkisinin gözlenmesi amacıyla 2000 ve 2020 verileri incelenmiştir.

Çalışmada SEDAC tarafından üretilen GPWv411 ürünü kullanılarak oluşturulan haritalara yer verilmiştir. GPWv411, BM'ye göre ayarlanmış nüfus yoğunluğu SEDAC tarafından üretilerek 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları için nüfus dağılımını 30 ark saniyelik hücrelerde modeller. Nüfus girdi verileri, 2005-2014 yılları arasında gerçekleşen 2010 nüfus sayımlarının sonuçlarından elde edilen en ayrıntılı uzamsal çözünürlükte toplanır. Girdi verileri, modellenen her yıl için nüfus tahminleri üretmek üzere tahmin edilir. Bu ürün kilometre kare başına düşen tahmini nüfus yoğunluğunu göstermektedir (URL 28).

#### **4.4.9 Dördüncü Uygulama İçin Yangın sayısının elde edilmesi**

Yangınlar doğal nedenlerden veya insan kaynaklı hatalardan meydana gelmektedir. En önemli yangınları ise orman yangınları oluşturmaktadır. Orman yangınları ormanlık alanların azalmasına ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Bu çalışmada NASA tarafından üretilen FIRMS ürünü kullanılarak gerçek zamana yakın aktif yangın konumları görüntülenmiştir. 2000-2022 yılları arası Filyos havzasında çıkan yangın sayıları ve zamansal değişim grafiği elde edilmiştir.

#### **4.4.10 Dördüncü Uygulama İçin Orman alanları kayıplarının tespit edilmesi**

Orman alanı kayıplarının belirlenmesinde Hansen Küresel Orman Değişimi v1.9 ürününden faydalanılmıştır. Landsat görüntülerinin küresel orman boyutunu ve 2000'den 2021'e kadar olan değişimi karakterize eden zaman serisi analizinden elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Landsat zaman serisi görüntüleri, yıllık olarak güncellenen küresel ölekte orman kaybı verileri sağlar (Hansen et al. 2013).

### **4.5 BEŞİNCİ UYGULAMA: ORMAN ALANLARINDAKİ DEĞİŞİMİN GEE PLATFORMU KULLANILARAK İNCELENMESİ**

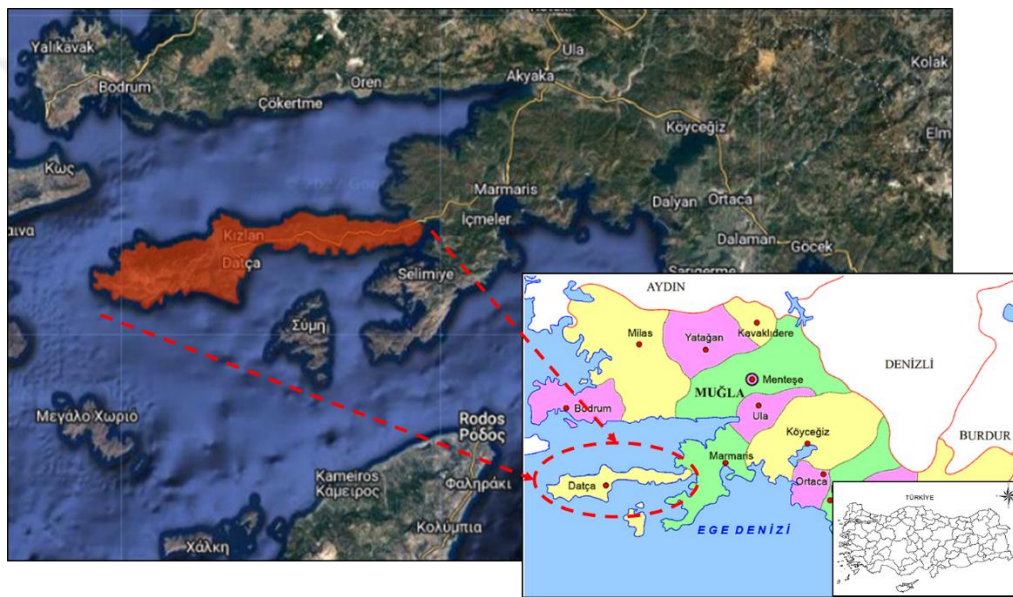
Orman alanlarının izlenmesinde, bitki indekslerinin kullanılması, orman sağlığı izlenimini ve zararlıların tespitini kolaylaştırmaktadır. Çalışmanın amacı, bitki indekslerini ve orman alanlarını etkileyen farklı veri kaynaklarını kullanarak orman alanı kayıplarının izlenmesini GEE platformunda kısa sürede gerçekleştirmek ve sonuçları kıyaslamaktır.

#### **4.5.1 Beşinci Uygulama İçin Çalışma Alanı**

Datça Yarımadası, Türkiye'nin güneybatısında Muğla il sınırları içerisinde Ege denizine doğu batı yönünde uzanan yaklaşık 70 km mesafesinde bir yarımadadır. Akdeniz iklimine sahip yarımada bitki örtüsü bakımından zengindir. Yöre halkı geçimlerinin balıkçılık, tarım, arıcılık ve turizmden sağlamaktadırlar (Mukul 2004).

Gelecek nesillere bozulmamış zengin biyolojik miras, sağlıklı ve temiz bir çevre bırakmak, dünya turizminden yeterli pay alabilmek ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için Datça ve Bozburun Bölgeleri, Barselona'da 16 Şubat 1976'da kabul edilen Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi çerçevesinde, Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak seçilmiştir. Bölgenin tarihi ve ekolojik zenginlikleri bu bölgenin korunmasını sağlamıştır ve bu öneminden dolayı tez çalışması kapsamında beşinci uygulama bölgesi olarak seçilmiştir. Bölge özellikle bitki örtüsü bakımından

Coğrafyasının engebeli oluşu yerleşim alanlarını sınırlandırmaktadır. Bölgedeki kontrolsüz yapılaşmanın tarım arazilerini tehdit etmesi kırsal kalkınma yaklaşımının önemini ortaya koymaktadır. Yarımada da orman alanları ve sit alanlarının yaygınlığı, tarım alanlarının ve plaj alanlarının sınırlı kalması dikkat çekmektedir. %70'i orman olan alanlarının deniz ile iç içe geçtiği coğrafi yapı gözlemlenmektedir (Erdoğan ve Şahin 2018). Şekil 4.26'da çalışma alanı, Çizelge 4.5'de çalışmada kullanılan veriler gösterilmiştir.



**Çizelge 4.5 Çalışmada kullanılan veriler**

| Veri                  | Veri Kümesi             | Veri Kümesi Sağlayıcısı                                                                 | Veri Çözünürlüğü           |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| SVI-EVI               | 2000-02-18 - 2022-09-30 | MODIS MOD13Q1.006 Terra Bitki Örtüsü İndeksleri (16 günlük-Küresel)                     | 250 metre                  |
| AET - Yağış           | 1958-01-01 - 2021-12-01 | TerraClimate: Karasal Yüzeyler İçin İklim ve İklimsel Su Dengesi (Aylık-Küresel), IDAHO | 0.25 Ark dakika (4.325 km) |
| Orman Yangınları      | 2013-03-18 - 2022-11-08 | Landsat-8 (dNBR indeksi)                                                                | 30 metre                   |
| Orman Kayıpları       | 2000-01-01 - 2020-01-01 | Landsat - Hansen Küresel Orman Değişimi v1.7 Verisi                                     | 1 Ark Saniye               |
| Arazi Yüzey Sıcaklığı | 2000-02-18 - 2022-12-31 | MODIS MOD11A2.061 Arazi Yüzey Sıcaklık Verisi (8 Günlük-Küresel)                        | 1000 metre                 |
| Bina Ayak İzi         | 2014-2021               | MSBuildings                                                                             |                            |

SVI ve EVI değerlerinin elde edilmesi bir önceki bölümlerde bahsedilmiştir.

#### **4.5.2 Beşinci Uygulama İçin IDAHO Verilerinden Yağış ve AET Değerlerinin Elde Edilmesi**

TerraClimate, küresel karasal yüzeyler için aylık iklim ve iklimsel su dengesi veri kümesidir. IDAHO niversitesinde 1958-2021 arası aylık iklim ve iklimsel su dengesinin yüksek znrlkl veriler (Yağış, sıcaklık, kuraklık, gerçek evapotranspirasyon vb.) bulunmaktadır (Abatzoglou et al. 2018). AET, bitkiler ve su yüzeylerindeki gerçek terleme ve buharlaşmayı ifade etmektedir. Bitki rts ve su yüzeylerde artış görüldüğünde AET işleminde de artış görülür (Arıa 2021).

AET değeri yağış değerinden fazla olduğu zaman toprakta su birikmediği için bitkiler gerekli su miktarını karşılayamaz bu durum da kuraklığa neden olmaktadır. Yağış değeri, AET değerinden fazla olduğunda ise toprak nemli olup bitki örtüsünün büyümesine neden olmaktadır (Avcı 2018). GEE uydu platformu üzerinden IDAHO Üniversitesi TerraClimate veri setleri kullanarak çalışma alanının yağış ve evapotranspirasyon verileri elde edilip zamansal değişim grafiği oluşturulmuştur.

#### **4.5.3 Beşinci Uygulama İçin NBR İndeksi ile Yangın Alanlarının Tespiti**

Orman kayıplarının birincil sebepleri arasında orman yangınları gelmektedir. Meydana gelen veya gelecek olan orman yangınlarının haritalama çalışmasının yapılması yangın öncesi ve sonrası değişimlerinin izlenmesi gerekmektedir. Bu değişimlerin analiz edilip orman kayıplarında ne kadar etkili olduğu belirlenmelidir (Başaran 2021).

Orman yangınlarından etkilenen alanların tespit edilmesi için yanık şiddeti haritasının oluşturulması gerekmektedir. Yanmış alanları belirlemek ve yanık şiddetini tahmin etmek için NBR İndeksi kullanılır. Bu indeks NIR ve SWIR dalga boylarını kullanır. Görüntülerden elde edilen yangın öncesi ve yangın sonrası NBR değerlerinin farkı bizlere dNBR değerini verecektir. Bu değer yanık şiddetini tahmin etmede kullanılır (URL 29).

dNBR hesabı için yangın öncesi ve sonrası zaman tarihleri belirlenmesi gerekir. Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılıp bulut maskeleymesi yapılır. Yangın ncesi ve sonrası

NBR indeksleri hesaplanır. Hesaplanan NBR değerleri birbirinden çıkarılarak dNBR değerleri elde edilir.

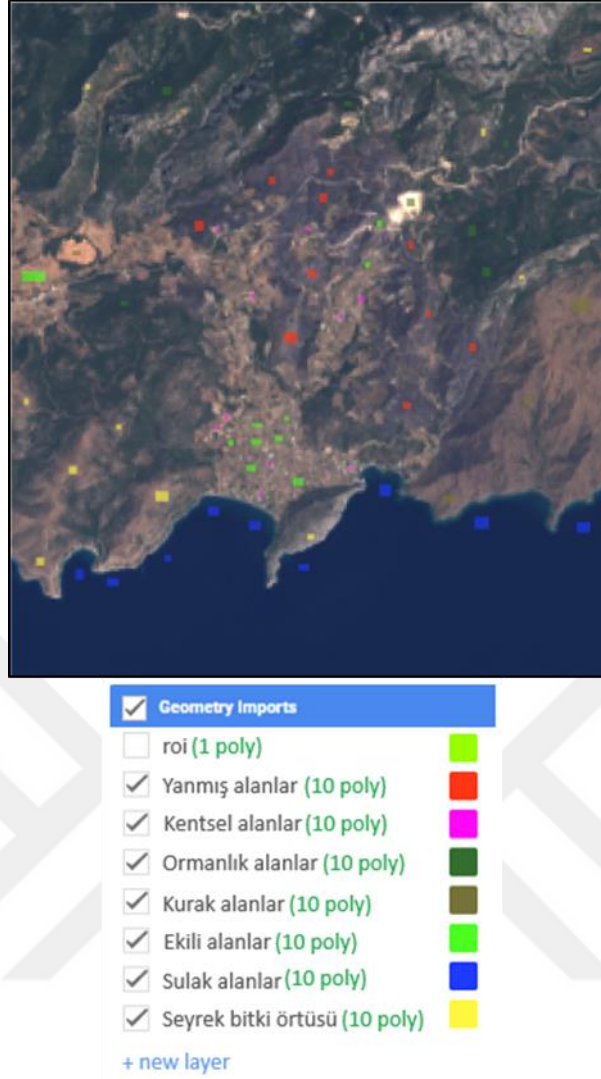
**Çizelge 4.6** dNBR hesabından sonra yanık şiddetini yorumlamak için USGS tarafından önerilen dNBR yanık şiddeti seviyeleri tablosu (Key and Benson 2000, Lutes et al. 2006).

| ÖNEM SEVİYESİ                    | dNBR Aralığı    | Renk         |
|----------------------------------|-----------------|--------------|
| Yangın sonrası yüksek yeşillenme | -0.50 , -0.251  | Dark Green   |
| Yangın sonrası düşük yeşillenme  | -0.250 , -0.101 | Light Green  |
| Yanmamış Alan                    | -0.100 , +0.99  | Bright Green |
| Düşük Şiddetli Yanma             | +0.100 , +0.269 | Yellow       |
| Orta-Düşük Şiddetli Yanma        | +0.270 , 0.439  | Orange       |
| Orta-Yüksek Şiddetli Yanma       | +0.440 , 0.659  | Red          |
| Yüksek Şiddetli Yanma            | +0.660 , +1.300 | Purple       |

Orman kayıplarının elde edilmesi bir önceki bölümlerde bahsedilmiştir.

#### 4.5.4 Beşinci Uygulama İçin Sınıflandırma İşleminin Gerçekleştirilmesi

Çalışma kapsamında uydu görüntülerinin elde edilmesi, hazırlanması, algoritmaların geliştirilmesi, sınıflandırmaya esas olacak eğitim alanlarının belirlenmesi, sınıflandırma işleminin yapılması, sınıflandırma doğruluk değerlendirmesinin yapılması, çevresel değişim analizinin yapılması ve görselleştirme gibi tüm işlem adımlarında GEE platformu kullanılmıştır. GEE kütüphanesinden servis edilen Landsat-8 uydu görüntüsünün 'LANDSAT/LC08/C02/T1\_TOA' modülü kullanılarak 2022 yılında bulutluluk oranı %10 un altında en uygun görüntü belirlenmiştir. Elde edilen görüntü üzerinden, belirlenen her sınıfa ait eğitim verileri toplanmıştır. Eğitim verilerinin homojen olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 4.27'de Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları gösterilmiştir.



**Şekil 4.27** Landsat-8 uydu görüntüsü ve eğitim alanları.

Çalışma alanı üzerinde eğitim alanları oluşturulduktan sonra makine öğrenme algoritması olan RF sınıflandırma yöntemi kullanılarak sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. Sınıflandırılan görüntünün doğruluğunu belirlemek için GEE üzerinden hata matrisi oluşturulup doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır.

#### **4.5.5 Beşinci Uygulama İçin AYS Değerlerinin Elde Edilmesi**

Datça Özel Koruma Bölgesinin iklim değişiklikleri göz önüne alındığında bölgede yaşanan değişimlerin sebeplerinin sıcaklıkta yaşanan artış ve azalışların etkili olabileceği öngörülmektedir. Bu amaçla çalışmada MODIS uydusunun MOD11A1. 061 modülünün arazi yüzey sıcaklığı (LST\_Day\_1km) bandı kullanılarak Datça Özel Koruma Bölgesi için 2000 ve 2022 yılları arası

AYS değerleri elde edilip, tematik harita ve zamansal değişim grafiği oluşturulup sonuçlar değerlendirilmiştir.

#### **4.5.6 Beşinci Uygulama İçin Bina Ayak İzlerinin Elde Edilmesi**

Bing Haritalar, dünya çapında açık bina ayak izlerini yayınlıyor. Maxar ve Airbus görüntüleri kullanarak 2014 ile 2021 yılları arasında Bing Haritalar dünyada 777 milyon bina tespit etmiştir. GEE, MSBuildings veri kümesi ile 777 Milyon Küresel bina ayak izi dışında daha önceki sürümleri ile birlikte 1 Milyardan fazla ayak izi içermektedir (URL 30). Bu alışma ile GEE platformu üzerinden Bing Haritaları kullanarak Datça zel Koruma Bölgesinin bina ayak izleri elde edilmiştir.



## BÖLÜM 5

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde arazi değişimi, tarımsal alanlardaki değişimin ve verimliliğin analizi, iklim değişimi, kuraklık, orman yangınlarının takibi ve analizi, kentsel ve kırsal arazilerde hava kirliliği takibi ve analizi çalışmalarıyla elde edilen bulgular değerlendirilip, sayısal, görsel ve grafik verilere dayalı olarak tartışılmıştır.

#### 5.1 BİRİNCİ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada Orta Karadeniz bölümünde yer alan Çorum ilinin Merkez ilçesi sınırları içerisinde belirlenen çalışma alanı için veri madenciliği ile elde edilen görüntüler ve sayısal verilerin analizine yönelik GEE uygulamasının, tarımsal arazilerine ilişkin makro düzeyde arazi yönetimine büyük katkı sağlayabileceği gösterilmiştir. GEE üzerinden 2020 yılına ait Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılarak tarım arazilerine yönelik sınıflandırma çalışması gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak Sentinel-2 verileriyle 2021 yılı için yedi farklı NDVI, GNDVI, NDMI, NBRI, NDWI, NDSI, NDGI indeks değerleri hesaplanarak tarım arazilerindeki bitki örtüsü, nem ve su içerikli değişimlerin sonuçları analiz edilmiştir. Üçüncü olarak IDAHO üniversitesinin Terra Climate çalışmasıyla aylık iklim ve iklimsel su dengesi verileriyle 2020 yılına ait aylık iklim değişimi incelenmiştir. Son olarak MODIS uydu görüntüsü kullanılarak 2020 yılına ait arazi yüzey sıcaklığı değerleri elde edilip zamansal değişim grafiği oluşturulmuştur.

##### 5.1.1 Birinci Uygulamanın Sınıflandırma Doğruluk Değerlendirmesi

GEE platformu kullanılarak bölgenin 2020 yılına arazi sınıflandırma çalışması doğruluk değerlerinin elde edilmesi için eğitim ve test alanlarının homojen dağılımına dikkat edilmiştir. Her sınıfa ait eğitim alanlarına karşılık test alanları, band kombinasyonları seçilerek, RF algoritması kullanılarak sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. Platform üzerinden hata matrisi

oluşturulup genel doğruluk değeri hesaplanmıştır. Çizelge 5.1’de Hata matrisi ve genel doğruluk değeri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1** Hata matrisi ve genel doğruluk değeri.

| Sınıflar                       | Ekili Alan | Yol-Bina | Boş Alan | Ekili Olmayan Alan |
|--------------------------------|------------|----------|----------|--------------------|
| <b>Ekili Alan</b>              | 758        | 0        | 0        | 0                  |
| <b>Yol-Bina</b>                | 0          | 27       | 7        | 1                  |
| <b>Boş Alan</b>                | 0          | 0        | 202      | 0                  |
| <b>Ekili Olmayan Alan</b>      | 1          | 0        | 2        | 734                |
| <b>Genel Doğruluk = %99,36</b> |            |          |          |                    |

Düzensizlik matrisinde doğru sınıflandırılan piksel sayısı, matrisin köşegen değerlerinin toplamı olup  $758+27+202+734=1721$  pikseldir ve sınıflandırmanın genel doğruluğu  $1721/1732= \%99,36$  olarak bulunmuştur. Uygulanan sınıfların doğruluk değerlerine bakıldığında;

- Ekili alan sınıfı;  $758/758 = \%100$  sınıflandırma doğruluğu,
- Yol ve bina sınıfı;  $27/35 = \%77$  sınıflandırma doğruluğu,
- Boş alan sınıfı;  $202/202=\%100$  sınıflandırma doğruluğu,
- Ekili olmayan alan sınıfı;  $734/737= 734/737=\%99,5$  sınıflandırma doğruluğu,

olduğu görülmüştür. Bu değerler sınıflandırma haritasının çok yüksek doğrulukla elde edildiğini göstermektedir. Şekil 5.1’de çalışma alanının arazi sınıflandırma haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.1** Çalışma alanının arazi sınıflandırma haritası.

Sınıflandırma çalışması % 99.36 genel doğrulukla başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir. Çalışma haritası incelendiğinde ekili olmayan tarım arazilerinin fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise seçilen tarih aralığı içerisinde bölgede yetiştirilen tarım ürünlerin ekim döneminde olmadığı veya nadasa bırakılan araziler olduğu düşünülmektedir.

### 5.1.2 Birinci Uygulamanın Bitki Örtüsü Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmada bitki vejetasyonlarının incelenerek meydana gelen değişimlerin gözlenmesi amacıyla 2021 yılına ait NDGI, NDVI, GNDVI, NDMI, NDWI, NDSI ve NBRI indekslerinin aylara göre elde edilen değişim değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.2** Elde edilen bitki indeks değerleri.

| 2021         | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| <b>NDGI</b>  | -0.11 | -0.16 | -0.15 | -0.11 | -0.10 | -0.10   | -0.11  | -0.12   | -0.15 | -0.12 | -0.02 | 0.00   |
| <b>GNDVI</b> | 0.28  | 0.31  | 0.32  | 0.44  | 0.42  | 0.38    | 0.34   | 0.26    | 0.27  | 0.25  | 0.03  | 0.06   |
| <b>NDMI</b>  | -0.05 | -0.02 | -0.03 | 0.08  | 0.10  | 0.06    | -0.02  | -0.10   | -0.10 | -0.10 | 0.00  | 0.20   |
| <b>NDWI</b>  | 0.08  | 0.05  | 0.04  | 0.20  | 0.22  | 0.19    | 0.11   | -0.01   | 0.01  | 0.00  | 0.06  | 0.23   |
| <b>NDSI</b>  | -0.32 | -0.33 | -0.35 | -0.37 | -0.35 | -0.32   | -0.36  | -0.33   | -0.34 | -0.33 | -0.03 | 0.15   |
| <b>NBRI</b>  | -0.28 | -0.31 | -0.32 | -0.44 | -0.42 | -0.38   | -0.34  | -0.26   | -0.27 | -0.25 | -0.03 | -0.06  |
| <b>NDVI</b>  | 0.17  | 0.16  | 0.17  | 0.35  | 0.35  | 0.31    | 0.24   | 0.14    | 0.13  | 0.13  | 0.02  | 0.06   |

Tarımsal nitelikli arazilerde bitki örtüsü yoğunluğunun ve bitki sağlığının araştırıldığı bu çalışmada GEE ile elde edilen bitki örtüsü indeks değerlerinden çıkarılan bulgular şu şekilde değerlendirilmiştir:

- NDGI indeks değerleri analiz edildiğinde, bitki örtüsü gelişimi için İndeksin negatif değerlerde ve bitki gelişiminin düşük seviyede olduğu görülmektedir.

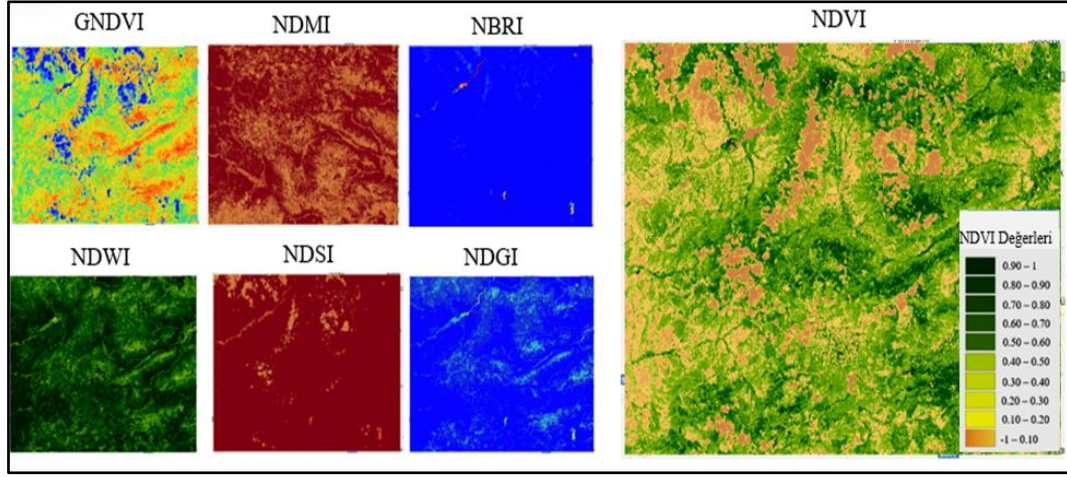
- NBRI analizi ile bölgenin NBRI değerinin yıl boyu çok düşük değerlere sahip olduğu, bunun çıplak arazi varlığının artması ya da sağlıklı bitki örtüsüne sahip tarım arazilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

- NDMI analizi sonucu, bitki örtüsü alanlarındaki nem değişimlerini belirlemek için NIR ve SWIR bantları kullanıldığında düşük nem değişimi tespit edilmiştir. Değerler yıl boyunca tarımsal alanlardaki toprak neminin düşük seviyelerde olduğunu göstermektedir.

- NDSI analizi sonucu, tuz oranının en az olduğu Kasım ve Aralık aylarından Nisan'a kadar bitki yoğunluğu ve yeşillenmede artışla beraber NDSI değerlerinde düşüş yaşanmıştır. Bu durumun, bölgedeki tarım arazilerindeki bitkilerin 2021 Mayıs ayına kadar düşük seviyede yoğunluk artışına neden olduğu ve 2021 Mayıs sonrasında da yoğunluğunda azalma yarattığı görülmüş olup, bunun stres kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca 2021 Ocak, Şubat ve Mart aylarında bitki yeşillik indeks değerlerinin ve bitki yoğunluk indeks değerlerinin oldukça düşük olması, bitkilerin sağlıklı olduğunu ya da bu alanlarda bitki yetiştirme dönemlerinde bitkinin erken evre dönemini göstermektedir

- NDWI analizi, bölgedeki tarım arazilerinin yıl boyu toprak su tutma kapasitesinin düşük olduğunu, sadece 2021 Aralık ayında su tutma seviyesinin bir miktar yükseldiğini göstermektedir.

- NDVI değerleri yıl içerisinde çok sapma göstermemekle beraber sifıra yakın değerler belirlenmesi, bölgede yeşil alan varlığının oldukça az olduğunu, mevcut olanların da sağlıklı ve zayıf olduğunu göstermektedir. Bölgenin NDVI değerleri 2021 Nisan, Mayıs, Haziran aylarında bir miktar yükselirken, 2021 Ekim, Kasım, Aralık aylarında düşüş göstermektedir. Şekil.5.2'de 2021 yılına ait tarım arazileri için bitki örtüsü indeks haritaları gösterilmiştir.



**Şekil 5.2** Tarım arazileri için bitki örtüsü indeks haritaları.

Bitki örtüsü indeks haritaları incelendiğinde koyu renkler; bitki örtüsünün yoğun olduğunu, açık renkler ise bitki örtüsünün seyrek olduğunu belirtmektedir.

### 5.1.3 Birinci Uygulamanın İklim Verileri Bulgularının Değerlendirilmesi

IDAHO üniversitesi TerraClimate iklim verilerine göre çalışma alanının 2020 yılına ait iklim değerleri incelenerek aylık değişim gözlenmiştir. Çizelge 5.3’de TerraClimate İklim verileri değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.3** TerraClimate iklim verileri değerleri.

| 2020                                 | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| <b>Gerçek Evapotranspirasyon</b>     | 10.5  | 34.1  | 51.5  | 43    | 50.2  | 66.4    | 5.9    | 3.6     | 6.4   | 14.5  | 9.6   | 18     |
| <b>Su</b>                            | 0     | 0     | 18    | 48    | 77.6  | 86.5    | 191.4  | 170.7   | 123.8 | 69.4  | 25.6  | 1.7    |
| <b>Palmer İndeksi</b>                | -2.26 | -2.17 | -2.93 | -3.93 | -4.61 | -3.89   | -4.21  | -4.44   | -4.74 | -5.25 | -5.63 | -6.38  |
| <b>Potansiyel Evapotranspirasyon</b> | 10.5  | 34.1  | 69.5  | 91    | 127.8 | 152.9   | 197.3  | 174.3   | 130.2 | 83.9  | 35.2  | 19.7   |
| <b>Yağış</b>                         | 39    | 53    | 21    | 22    | 45    | 66      | 4      | 2       | 5     | 14    | 9     | 19     |
| <b>Akış</b>                          | 1     | 5     | 1     | 1     | 2     | 3       | 0      | 0       | 0     | 1     | 1     | 1      |
| <b>Nem</b>                           | 54.6  | 79.8  | 48.9  | 26.5  | 19    | 15      | 12.4   | 10.6    | 9.3   | 8.3   | 7.5   | 7.3    |
| <b>Radyasyon Yüzeyi</b>              | 67.6  | 102.5 | 151.7 | 223.7 | 258.7 | 299.4   | 333.6  | 305.2   | 225.9 | 171.3 | 102.2 | 75.2   |
| <b>Sulu Kar</b>                      | 12    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0       | 0      | 0       | 0     | 0     | 0     | 0      |
| <b>Maksimum Sıcaklık</b>             | 5     | 8.5   | 14.5  | 16.2  | 23    | 27      | 31     | 29.8    | 29.2  | 23.8  | 11.5  | 8.6    |
| <b>Minimum Sıcaklık</b>              | -3    | -1.2  | 2.5   | 2.9   | 8.8   | 11.8    | 14.7   | 13.2    | 13.2  | 10    | 0.5   | 1.1    |
| <b>Buhar Basıncı</b>                 | 0.48  | 0.5   | 0.6   | 0.76  | 1.02  | 1.27    | 1.42   | 1.39    | 1.16  | 0.92  | 0.69  | 0.58   |
| <b>Rüzgâr Hızı</b>                   | 1.5   | 2.3   | 2.4   | 2.5   | 2.2   | 2       | 2.8    | 2.5     | 2.2   | 1.6   | 1.4   | 1      |

Bitkilerin yetişmesinde iklim ve toprak faktörü büyük öneme sahiptir. Bu faktörlerin birbirleri üzerindeki etkileri karşılıklı ve bir bütündür. Herhangi birinin elverişsiz olması bitkilerin yetişmesini güçleştirir. İklim elemanlarının da bir bütün olarak değerlendirilmesi, bitkilerin

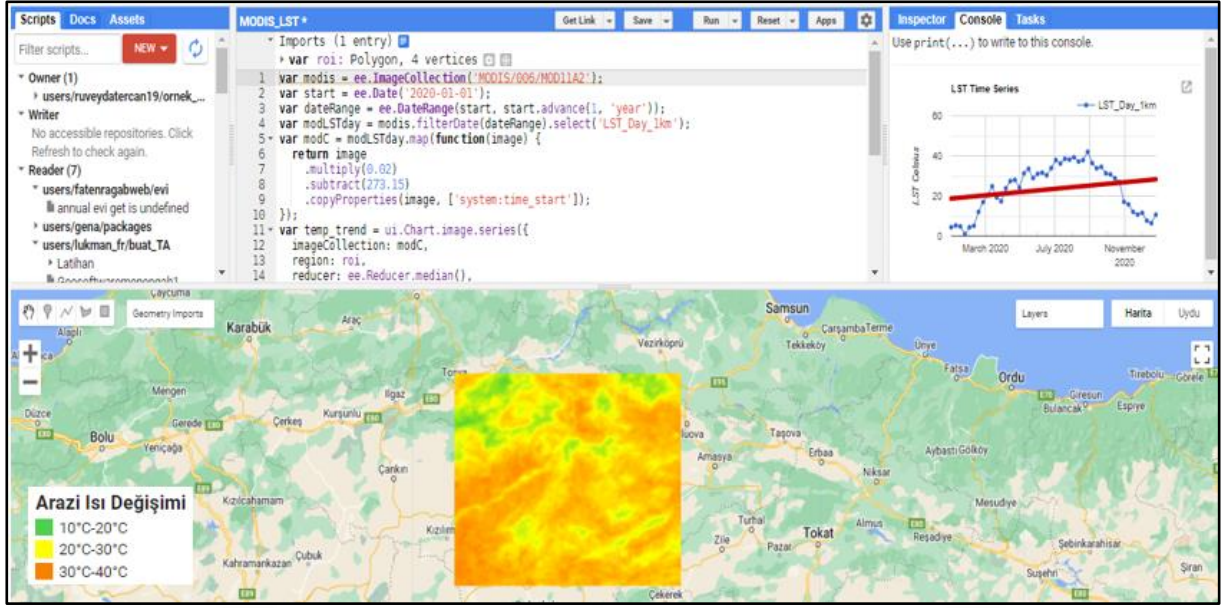
yetişmesinde rol oynar. Bu sayede bitkiler en uygun yetişme ortamını bulduklarında ormanlar, verimli tarım arazileri, otlaklar vb. birçok bitki florası oluşur. Bölgeye ait GEE ile elde edilen iklim değerlerinden çıkarılan bulgular şu şekilde değerlendirilmiştir:

- Gerçek evapotranspirasyon değerlerine bakıldığında, bitki örtüsü ve su yüzeylerinde meydana gelen gerçek terleme ve buharlaşmanın 2020 Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında artış göstermektedir.
- Su değerlerine bakıldığında, bitkilerin en yüksek su ihtiyaının yaz aylarında gerçekleştiği görülmektedir.
- Palmer İndeksi değerlerine bakıldığında, yaz aylarından itibaren başlayan kuraklığın kış aylarına kadar devam ettiği görülmektedir.
- Potansiyel Evapotranspirasyon değerlerine bakıldığında, bitki örtüsünde buharlaşma yoluyla toprak yüzeyinde, terleme yoluyla bitki bünyesinde meydana gelen su kayıplarının en yüksek yaşandığı aylar Haziran, Temmuz ve Agustos olarak belirlenmiştir.
- Yağış değerleri incelendiğinde, yağışların yaz aylarında oldukça azaldığı, kış ve ilkbahar aylarında ise arttığı gözlemlenmiştir.
- Akış değerlerine bakıldığında, ilkbahar döneminde yağışların etkisiyle akış hızının fazla olduğu görülmektedir.
- Bağıl nem değerlerine bakıldığında, sıcaklık değerlerinin düşük olduğu aylarda bağıl nemin artış gösterdiği, sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu aylarda bağıl nemin azaldığı belirlenmiştir.
- Radyasyon Yüzeyi değerlerine bakıldığında, güneşten gelen radyasyonun en yüksek Haziran, Temmuz ve Agustos aylarında gerçekleştiği görülmüştür. Bu yüksek değerlerin sadece güneşin kendisinden değil yerkürenin yörüngesindeki değişikliklere de bağlı olabileceği düşünülmektedir.

- Sulu kar değerlerine bakıldığında, bölgeye düşen yağmur ve kar değerlerinin Ocak ayında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür.
- Maksimum Sıcaklık değerlerine bakıldığında, 2020 yılına ait bölgede yaşanan en yüksek sıcaklığın Temmuz ayında olduğu görülmüştür. Türkiye geneli sıcaklık değerlerine baktığımızda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı iklim raporuna göre 2020 yılı sıcaklık ortalamasının 14.9°C olduğu (MGM 2020), bölgeye ait elde edilen sıcaklık ortalamasının ise 19.01°C olduğu saptanmıştır.
- Minimum Sıcaklık değerlerine bakıldığında, 2020 yılına ait bölgede yaşanan en düşük sıcaklığın Ocak ayında gerçekleştiği görülmektedir.
- Buhar Basıncı değerlerine bakıldığında, en yüksek değerler yaz aylarında görülmüştür. Sıcaklık, buharlaşma hızını artırdığından dolayı buhar basıncı da artmıştır.
- Rüzgâr hızı değerlerine bakıldığında, aşırı sapmalar göstermemekle beraber 2020 yılına ait ortalama rüzgâr hızı değerlerinin 2.00 m/sn olduğu tespit edilmiştir. Bu değer 2020 yılı Türkiye ortalama rüzgâr hızı (1.90 m/sn) değerine çok yakın olduğu tespit edilmiştir.

#### 5.1.4 Birinci Uygulamanın AYS Bulgularının Değerlendirilmesi

GEE platformundan elde edilen AYS değerleri ile arazi hakkında birçok yorum yapılabilir. AYS değerlerindeki artış topraktaki ısı iletimini artacağından dolayı bölgede var olan tarım arazileri ve ormanlık alanlar için tehlike oluşturmaktadır. Bu bilgiler ışığında çalışma alanının 2020 yılına ait AYS değerleri hesaplanarak aylık değişim gözlenmiştir. Şekil 5.3'de GEE ara yüzünden elde edilen AYS görüntüsü gösterilmiştir. Çizelge 5.4'de 2020 yılına ait aylık AYS değerleri verilmiştir.

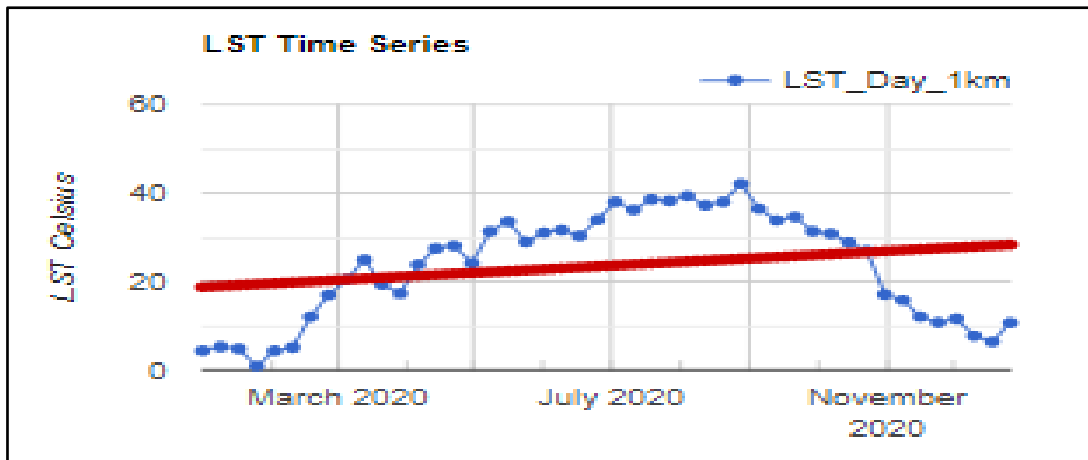


Şekil 5.3 GEE de elde edilen AYS görüntüsü.

Çizelge 5.4 Elde edilen ortalama AYS değerleri.

| 2020 | Ocak   | Şubat   | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran |
|------|--------|---------|-------|-------|-------|---------|
|      | 3.85   | 9.62    | 20.48 | 25.86 | 31.27 | 31.73   |
| AYS  | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık  |
|      | 37.71  | 39.12   | 34.03 | 25.91 | 12.85 | 9.08    |

2020 yılına ait elde edilen aylık AYS değerlerinin ortalaması 23.46 °C' dir. Yıllık ortalamalarda çok fazla sapma görülmemektedir. Şekil 5.4'de AYS zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.4 AYS zaman serisi grafiği.

AYS zaman serisi grafiği incelendiğinde, değerlerin Nisan ayından Eylül ayına kadar arttığı, Eylül ayında sıcaklığın 40°C üzerine çıkarak pik yaptığı ve en düşük AYS değerinin Şubat ayında gerçekleştiği görülmüştür.

## 5.2 İKİNCİ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada Batı Karadeniz için iklim değişikliği parametrelerinin belirlenmesine yönelik olarak iki yaklaşım sergilenmiştir. Öncelikle hava kalitesini belirlemeye yönelik atmosferdeki aerosollerini oluşturan partikül maddeler açısından 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası MODIS uydusu kullanılarak AOD parametre değerleri elde edilmiştir. İkinci olarak 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası MODIS uydusu kullanılarak NDVI, AYS değişimleri, 2013 ile 2017-2022 yılları arası Landsat-8 uydusu kullanılarak NDWI ve NBRI değerleri elde edilip kuraklık koşulları değerlendirilmiştir. Son olarak çalışma bölgesi üzerinde 2022 yılına ait Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılarak sınıflandırma çalışması gerçekleştirilip doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır.

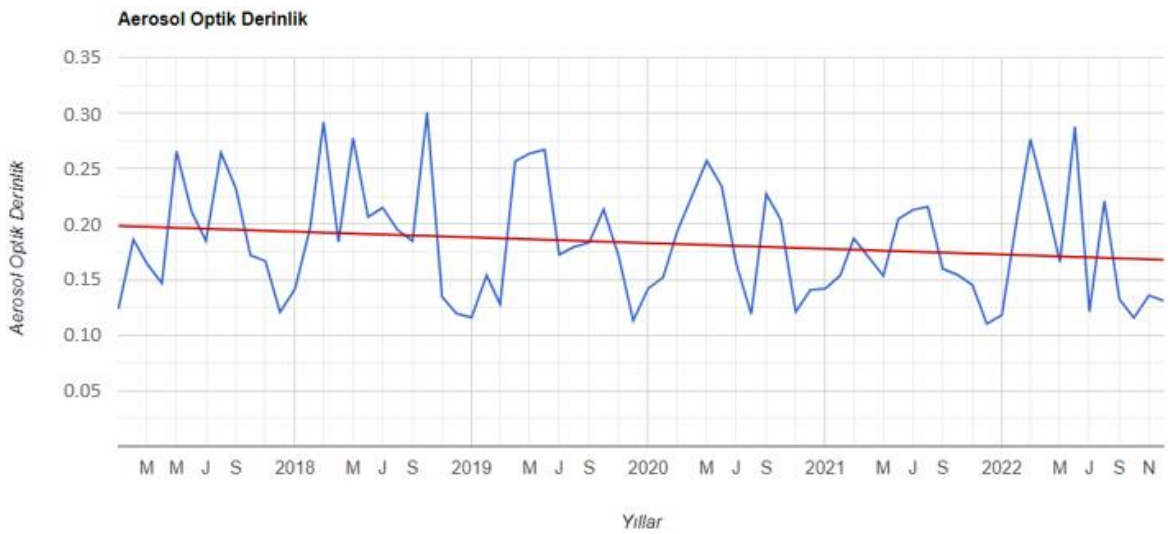
### 5.2.1 İkinci Uygulamanın AOD Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmada MODIS'in MOD08\_M3.061 Terra modülü kullanılarak uydulardan elde edilen veriler ile havadaki zararlı madde yoğunluklarının yıllara göre atmosfer verileri incelenmiştir. 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arası Batı Karadeniz Bölgesi'nde görülen AOD değerleri Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.5** Batı Karadeniz Bölgesi AOD değerleri.

|             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| <b>2002</b> | 0.14 | 0.15  | 0.25 | 0.32  | 0.22  | 0.26    | 0.29   | 0.31    | 0.31  | 0.13 | 0.12  | 0.13   | 0.22 |
| <b>2007</b> | 0.14 | 0.18  | 0.25 | 0.21  | 0.28  | 0.25    | 0.22   | 0.23    | 0.19  | 0.20 | 0.11  | 0.13   | 0.20 |
| <b>2012</b> | 0.13 | 0.21  | 0.27 | 0.24  | 0.29  | 0.17    | 0.22   | 0.20    | 0.15  | 0.20 | 0.16  | 0.13   | 0.20 |
| <b>2017</b> | 0.12 | 0.19  | 0.16 | 0.15  | 0.26  | 0.21    | 0.18   | 0.26    | 0.23  | 0.17 | 0.17  | 0.12   | 0.19 |
| <b>2018</b> | 0.14 | 0.20  | 0.29 | 0.18  | 0.28  | 0.21    | 0.21   | 0.19    | 0.18  | 0.30 | 0.13  | 0.12   | 0.20 |
| <b>2019</b> | 0.12 | 0.15  | 0.13 | 0.26  | 0.26  | 0.27    | 0.17   | 0.18    | 0.18  | 0.21 | 0.17  | 0.11   | 0.18 |
| <b>2020</b> | 0.14 | 0.15  | 0.19 | -     | 0.26  | 0.23    | 0.16   | 0.12    | 0.23  | 0.20 | 0.12  | 0.14   | 0.18 |
| <b>2021</b> | 0.14 | 0.15  | 0.18 | -     | 0.15  | 0.20    | 0.21   | 0.22    | 0.16  | 0.15 | 0.14  | 0.11   | 0.16 |
| <b>2022</b> | 0.12 | 0.20  | 0.28 | 0.22  | 0.17  | 0.29    | 0.12   | 0.22    | 0.13  | 0.12 | 0.14  | 0.13   | 0.18 |

Çizelge değerlendirildiğinde; beşer yıl aralıklarla elde edilen; 2002, 2007, 2012, 2017 ve 2022 yılları AOD ortalamasının 0.20 değerinde olduğu saptanmıştır. Son altı yılın AOD ortalamasının ise 0.19 olduğu görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AOD ortalamasının 0.22 ile 2002 yılında, yıllık en düşük AOD ortalamasının ise 0.16 ile 2021 yılında hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek AOD değerinin 0.32 ile 2002 yılının Nisan ayında, en düşük AOD değerinin 0.11 ile 2007 yılının Kasım ayında, 2019 ve 2021 yıllarının Aralık ayında saptanmıştır. Şekil 5.5’de Batı Karadeniz Bölgesi 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.5** Batı Karadeniz Bölgesi 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.

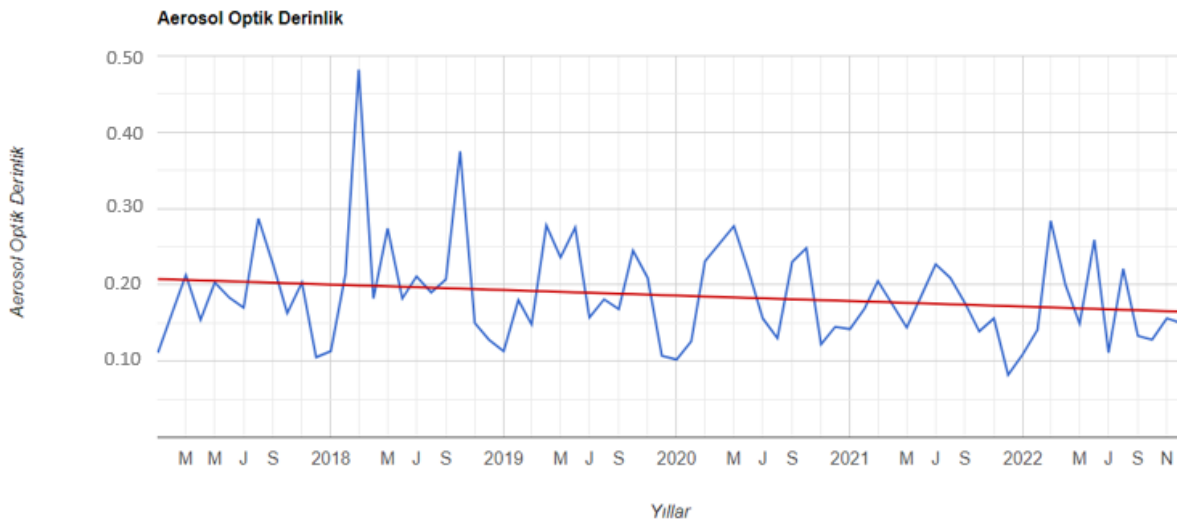
2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği incelendiğinde, AOD değerinin fazlaca değişim yaratmadığı, zaman içerisinde trend çizgisinin düşüş yönünde olduğu bu durumda gelecekte bölgenin daha temiz hava kalitesine sahip olacağı, havadaki partikül maddenin düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür.

Batı Karadeniz Bölgesi içerisinde belirlediğimiz üç temel kirletici alanın Batı Karadeniz’in bütününde etkin bir rol oynayıp oynamadığına yönelik üç temel kirletici alan üzerinde AOD değerleri analiz edildi. İlk olarak Çizelge 5.6’da gösterilen Zonguldak İli, Ereğli İlçesi Demir Çelik Fabrikası ve çevresi 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arasındaki AOD değerleri elde edilmiştir.

**Çizelge 5.6** Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresi AOD değerleri.

|      | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| 2002 | 0.16 | 0.16  | 0.32 | 0.33  | 0.21  | 0.25    | 0.33   | 0.34    | 0.35  | 0.14 | 0.14  | 0.13   | 0.24 |
| 2007 | 0.12 | 0.14  | 0.18 | 0.22  | 0.28  | 0.23    | 0.21   | 0.22    | 0.22  | 0.21 | 0.14  | 0.12   | 0.19 |
| 2012 | 0.14 | 0.22  | 0.25 | 0.25  | 0.26  | 0.14    | 0.23   | 0.22    | 0.16  | 0.22 | 0.17  | 0.10   | 0.20 |
| 2017 | 0.11 | 0.17  | 0.21 | 0.15  | 0.20  | 0.18    | 0.17   | 0.29    | 0.23  | 0.16 | 0.20  | 0.11   | 0.18 |
| 2018 | 0.11 | 0.21  | 0.48 | 0.18  | 0.27  | 0.18    | 0.21   | 0.19    | 0.21  | 0.38 | 0.15  | 0.13   | 0.23 |
| 2019 | 0.11 | 0.18  | 0.15 | 0.28  | 0.24  | 0.28    | 0.16   | 0.18    | 0.17  | 0.25 | 0.21  | 0.11   | 0.19 |
| 2020 | 0.10 | 0.13  | 0.23 | -     | 0.28  | 0.22    | 0.16   | 0.13    | 0.23  | 0.25 | 0.12  | 0.15   | 0.18 |
| 2021 | 0.14 | 0.17  | 0.21 | -     | 0.14  | 0.19    | 0.23   | 0.21    | 0.18  | 0.14 | 0.16  | 0.08   | 0.17 |
| 2022 | 0.11 | 0.14  | 0.28 | 0.20  | 0.15  | 0.26    | 0.11   | 0.22    | 0.13  | 0.13 | 0.16  | 0.15   | 0.17 |

Çizelge 5.6 değerlendirildiğinde; beşer yıl aralıklarla elde edilen 2002, 2007, 2012, 2017 ve 2022 yılları AOD ortalamasının 0.20 değerinde olduğu saptanmıştır. Son altı yılın AOD ortalamasının ise 0.19 olduğu görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AOD ortalamasının 0.24 ile 2002 yılında, yıllık en düşük AOD ortalamasının ise 0.17 ile 2021 ve 2022 yıllarında hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek AOD değerinin 0.48 ile 2018 yılının Mart ayında, en düşük AOD değerinin 0.08 ile 2021 yılının Aralık ayında saptanmıştır. Şekil 5.6'da Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.6** Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.

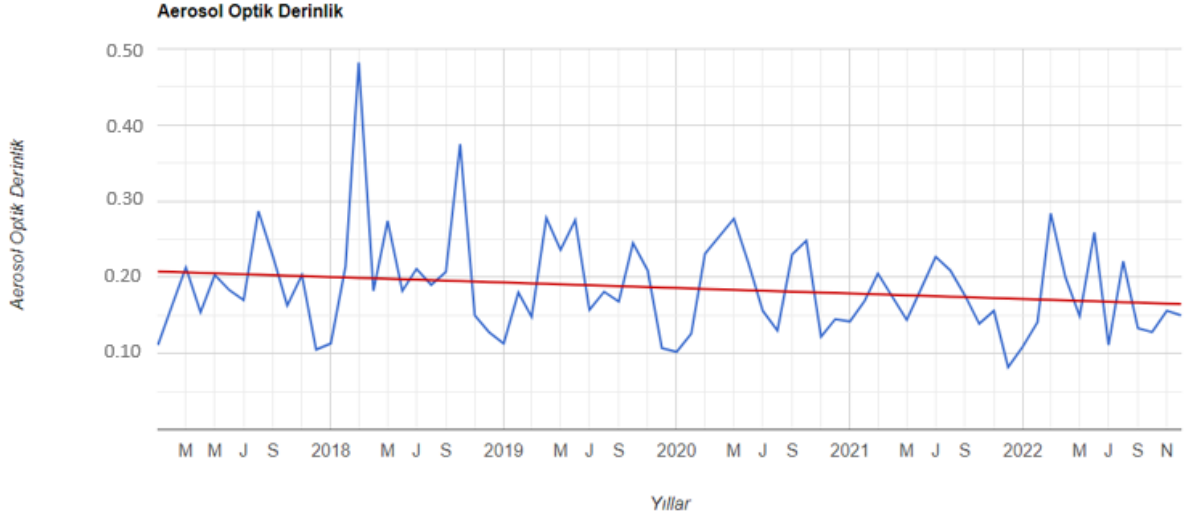
2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği incelendiğinde, zaman içerisinde trend çizgisinin düşüş yönünde olduğu bu durumda gelecekte Ereğli Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin havadaki partikül madde açısından düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür.

Zonguldak ili Çatalağzı Beldesindeki Termik Santraller ve çevresinde 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arasında elde edilen AOD değerleri Çizelge 5.7’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.7** Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresi AOD değerleri.

|             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| <b>2002</b> | 0.16 | 0.16  | 0.32 | 0.33  | 0.21  | 0.25    | 0.33   | 0.34    | 0.35  | 0.14 | 0.14  | 0.13   | 0.24 |
| <b>2007</b> | 0.12 | 0.14  | 0.18 | 0.22  | 0.28  | 0.23    | 0.21   | 0.22    | 0.22  | 0.21 | 0.14  | 0.12   | 0.19 |
| <b>2012</b> | 0.14 | 0.22  | 0.25 | 0.25  | 0.26  | 0.14    | 0.23   | 0.22    | 0.16  | 0.22 | 0.17  | 0.10   | 0.20 |
| <b>2017</b> | 0.11 | 0.17  | 0.21 | 0.15  | 0.20  | 0.18    | 0.17   | 0.29    | 0.23  | 0.16 | 0.20  | 0.11   | 0.18 |
| <b>2018</b> | 0.11 | 0.21  | 0.48 | 0.18  | 0.27  | 0.18    | 0.21   | 0.19    | 0.21  | 0.38 | 0.15  | 0.13   | 0.23 |
| <b>2019</b> | 0.11 | 0.18  | 0.15 | 0.28  | 0.24  | 0.28    | 0.16   | 0.18    | 0.17  | 0.25 | 0.21  | 0.11   | 0.19 |
| <b>2020</b> | 0.10 | 0.13  | 0.23 | -     | 0.28  | 0.22    | 0.16   | 0.13    | 0.23  | 0.25 | 0.12  | 0.15   | 0.18 |
| <b>2021</b> | 0.14 | 0.17  | 0.21 | -     | 0.14  | 0.19    | 0.23   | 0.21    | 0.18  | 0.14 | 0.16  | 0.08   | 0.17 |
| <b>2022</b> | 0.11 | 0.14  | 0.28 | 0.20  | 0.15  | 0.26    | 0.11   | 0.22    | 0.13  | 0.13 | 0.16  | 0.15   | 0.17 |

Çizelge 5.7 değerlendirildiğinde; beşer yıl aralıklarla elde edilen 2002, 2007, 2012, 2017 ve 2022 yılları AOD ortalamasının 0.20 değerinde olduğu saptanmıştır. Son altı yılın AOD ortalamasının ise 0.19 olduğu görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AOD ortalamasının 0.24 ile 2002 yılında, yıllık en düşük AOD ortalamasının ise 0.17 ile 2021 ve 2022 yıllarında hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek AOD değerinin 0.48 ile 2018 yılının Mart ayında, en düşük AOD değerinin 0.08 ile 2021 yılının Aralık ayında saptanmıştır. Şekil 5.7’de Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.7** Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.

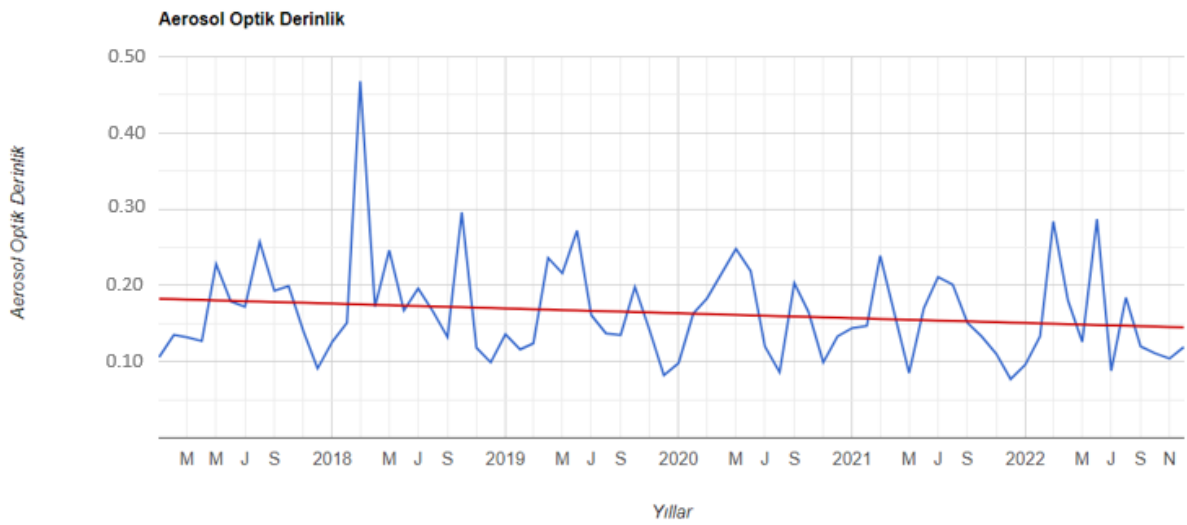
2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman grafiği incelendiğinde, zaman içerisinde trend çizgisinin düşüş yönünde olduğu bu durumda gelecekte Çatalağzı Termik Santralleri ve çevresinin havadaki partikül madde açısından düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür.

Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinde 2002, 2007, 2012 yılları ile 2017 ve 2022 yılları arasında görülen AOD değerleri Çizelge 5.8’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.8** Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresi AOD değerleri.

|             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| <b>2002</b> | 0.13 | 0.10  | 0.23 | 0.28  | 0.17  | 0.23    | 0.28   | 0.26    | 0.30  | 0.09 | 0.08  | 0.10   | 0.19 |
| <b>2007</b> | 0.13 | 0.16  | 0.18 | 0.19  | 0.24  | 0.21    | 0.20   | 0.19    | 0.17  | 0.16 | 0.09  | 0.10   | 0.17 |
| <b>2012</b> | 0.11 | 0.18  | 0.23 | 0.21  | 0.24  | 0.12    | 0.20   | 0.19    | 0.12  | 0.18 | 0.15  | 0.10   | 0.17 |
| <b>2017</b> | 0.11 | 0.14  | 0.13 | 0.13  | 0.23  | 0.18    | 0.17   | 0.26    | 0.19  | 0.20 | 0.14  | 0.09   | 0.16 |
| <b>2018</b> | 0.13 | 0.15  | 0.47 | 0.17  | 0.25  | 0.17    | 0.20   | 0.17    | 0.13  | 0.30 | 0.12  | 0.10   | 0.20 |
| <b>2019</b> | 0.14 | 0.12  | 0.12 | 0.24  | 0.22  | 0.27    | 0.16   | 0.14    | 0.14  | 0.20 | 0.14  | 0.08   | 0.16 |
| <b>2020</b> | 0.10 | 0.16  | 0.18 | -     | 0.25  | 0.22    | 0.12   | 0.09    | 0.20  | 0.17 | 0.10  | 0.13   | 0.16 |
| <b>2021</b> | 0.14 | 0.15  | 0.24 | -     | 0.09  | 0.17    | 0.21   | 0.20    | 0.15  | 0.13 | 0.11  | 0.08   | 0.15 |
| <b>2022</b> | 0.10 | 0.13  | 0.28 | 0.18  | 0.13  | 0.29    | 0.09   | 0.18    | 0.12  | 0.11 | 0.10  | 0.12   | 0.15 |

Çizelge 5.8 değerlendirildiğinde; beşer yıl aralıklarla elde edilen 2002, 2007, 2012, 2017 ve 2022 yılları AOD ortalamasının 0.17 değerinde olduğu saptanmıştır. Son altı yılın AOD ortalamasının ise 0.16 olduğu görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AOD ortalamasının 0.20 ile 2018 yılında, yıllık en düşük AOD ortalamasının ise 0.15 ile 2021 ve 2022 yıllarında hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek AOD değerinin 0.47 ile 2018 yılının Mart ayında, en düşük AOD değerinin 0.08 ile 2002 yılının Kasım ayında ve 2021 yılının Aralık ayında saptanmıştır. Şekil 5.8’de Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.8** Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin 2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman serisi grafiği.

2017-2022 yılları arası ortalama AOD zaman grafiği incelendiğinde, zaman içerisinde trend çizgisinin düşüş yönünde olduğu bu durumda gelecekte Karabük Demir Çelik Fabrikası ve çevresinin havadaki partikül madde açısından düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür.

Batı Karadeniz Bölgesinin tamamı ve içerisinde bulundurduğu üç kirletici alan üzerinde ayrı ayrı yapılan AOD değerleri analizinde; AOD değerlerinin genel ortalama değerlerine karşı çok fazla sapmalar göstermediği tespit edilmiştir. Lokal olarak bakılan bölgelerde bu değerlerin 0.48 gibi yüksek değerlere çıktığı görülmektedir. Bu durumun nedeni ise bölgede var olan fabrikadan çıkan atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Genel değerlendirme yapıldığında ele alınan bu üç temel kirletici alanın Batı Karadeniz’in tamamında iklim değişikliğine neden olabilecek bir faktör oluşturmadığı görülmektedir. AOD zaman serisi grafikleri

değerlendirildiğinde, trend çizgisinin düşüş yönünde olduğu bu durumunda gelecekte bölgedeki havanın partikül madde açısından düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür.

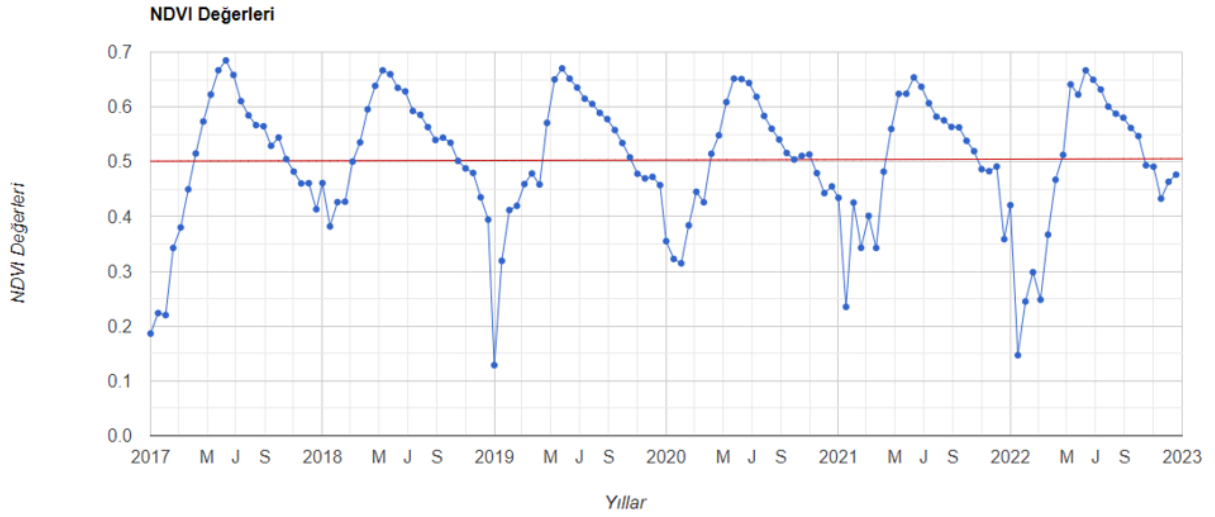
### 5.2.2 İkinci Uygulamanın NDVI Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada MOD13A1.061 modülü içerisinde bulunan 1. bant NDVI verileri kullanılmıştır. 2017-2022 yılları arasında yapılan çalışmalarda NDVI değerleri yıl içerisinde çok sapma göstermemekle beraber -1'e yakın olması bölgede yeşil alan varlığının azaldığını, 1'e yakın olması yeşil alan varlığının arttığını göstermektedir. Elde edilen NDVI değerlerine göre; bölgede Nisan, Mayıs, Haziran aylarında bu değer yükselirken, Kasım, Aralık, Ocak aylarında düşüş göstermiştir. Çizelge 5.9'da elde edilen NDVI değerlerinin yıllara ve aylara göre değişimi gösterilmiştir.

**Çizelge 5.9** Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen NDVI değerleri.

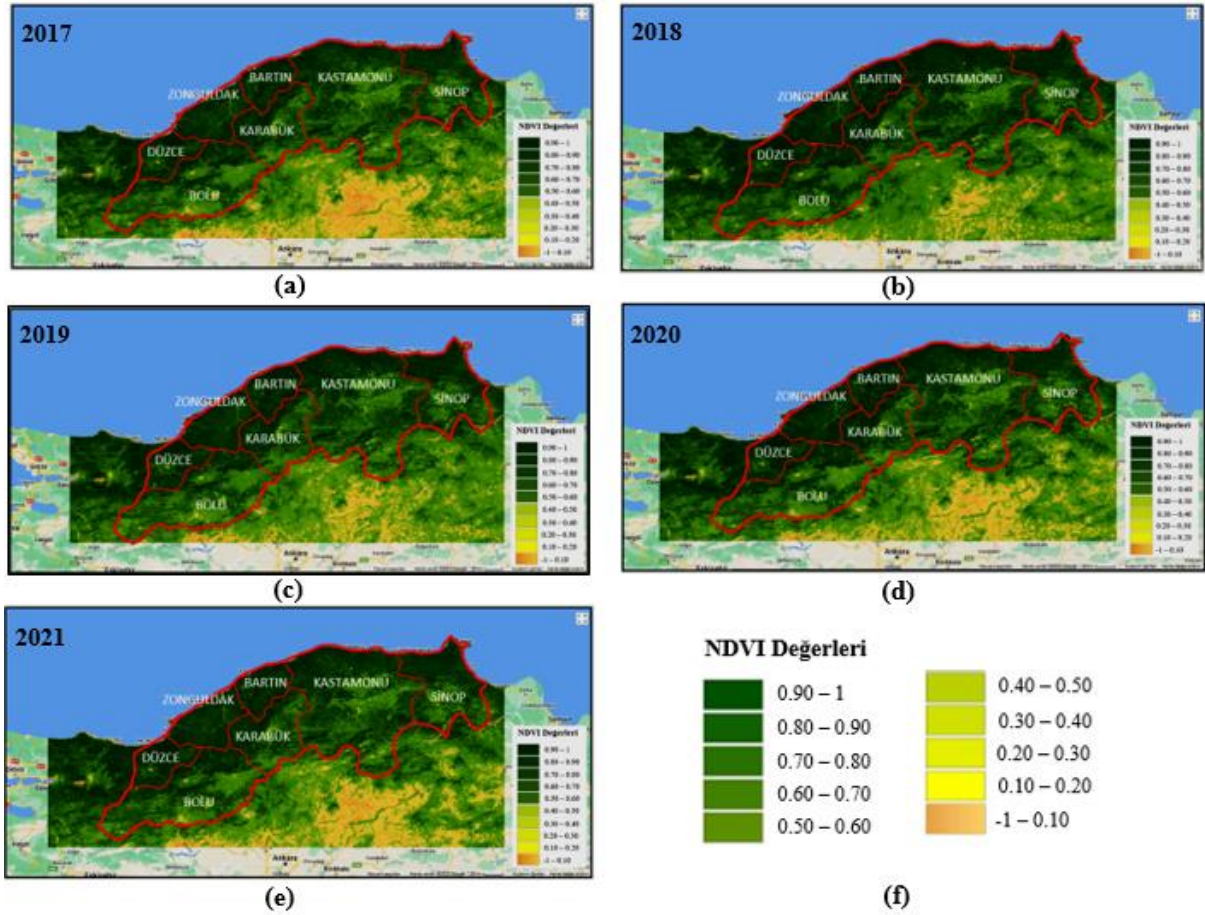
|             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| <b>2002</b> | 0.05 | -     | 0.33 | 0.48  | 0.59  | 0.61    | 0.56   | 0.55    | 0.54  | 0.52 | 0.47  | 0.29   | 0.45 |
| <b>2007</b> | 0.31 | 0.30  | 0.40 | 0.50  | 0.59  | 0.57    | 0.51   | 0.49    | 0.47  | 0.46 | 0.45  | 0.37   | 0.45 |
| <b>2012</b> | 0.23 | 0.14  | 0.23 | 0.48  | 0.63  | 0.63    | 0.58   | 0.55    | 0.53  | 0.50 | 0.48  | 0.44   | 0.45 |
| <b>2017</b> | 0.22 | 0.34  | 0.45 | 0.57  | 0.67  | 0.66    | 0.59   | 0.57    | 0.54  | 0.51 | 0.46  | 0.41   | 0.50 |
| <b>2018</b> | 0.38 | 0.43  | 0.54 | 0.64  | 0.66  | 0.63    | 0.59   | 0.54    | 0.54  | 0.50 | 0.48  | 0.39   | 0.53 |
| <b>2019</b> | 0.32 | 0.42  | 0.48 | 0.57  | 0.67  | 0.64    | 0.61   | 0.58    | 0.53  | 0.51 | 0.47  | 0.46   | 0.52 |
| <b>2020</b> | 0.32 | 0.38  | 0.43 | 0.55  | 0.65  | 0.64    | 0.58   | 0.54    | 0.50  | 0.51 | 0.48  | 0.46   | 0.50 |
| <b>2021</b> | 0.24 | 0.34  | 0.34 | 0.56  | 0.62  | 0.64    | 0.58   | 0.56    | 0.54  | 0.52 | 0.48  | 0.36   | 0.48 |
| <b>2022</b> | 0.28 | 0.27  | 0.31 | 0.49  | 0.63  | 0.66    | 0.62   | 0.58    | 0.55  | 0.49 | 0.46  | 0.47   | 0.49 |

Çizelge 5.9 değerlendirildiğinde; beşer yıl aralıklarla elde edilen 2002, 2007, 2012, 2017 ve 2022 yılları NDVI ortalamasının 0.47 değerinde olduğu saptanmıştır. Son altı yılın NDVI ortalamasının ise 0.50 değerinde olduğu görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek NDVI ortalamasının 0.53 ile 2018 yılında, yıllık en düşük NDVI ortalamasının ise 0.45 ile 2002 ve 2007 yıllarında hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek NDVI değerinin 0.67 ile 2017 ve 2019 yıllarının Mayıs ayında, en düşük NDVI değerinin 0.05 ile 2002 yılının Ocak ayında saptanmıştır. 2017-2022 yılları arası NDVI değerleri zaman serisi grafiği Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.9** 2017-2022 yılları arası NDVI değerleri zaman serisi grafiği.

2017-2022 yılları arasındaki 6 yıllık süreçte NDVI değerleri zamanla artış ve azalış göstermektedir. Bölgede var olan canlı bitki örtüsünün 0.67 gibi değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu değer bölgenin canlı bitki örtüsü açısından normalin üstünde bir yapıya sahip olduğunu ve kuraklık olmadığını göstermektedir. Şekil 5.10' GEE üzerinden elde edilen 2017, 2018, 2019, 2020 2021 yıllarına ait ortalama NDVI haritaları gösterilmiştir.



**Şekil 5.10** Batı Karadeniz Bölgesi için (a) 2017, (b) 2018, (c)2019, (d) 2020, (e) 2021 yıllarına ait ortalama NDVI değerlerini gösteren haritalar ve (f) NDVI değerleri.

İlgili haritalar incelendiğinde koyu renkler, yoğun bitki örtüsünü, açık renkler seyrek veya sağlıklı bitki örtüsünü belirtmektedir. Haritalar, bölgede kuraklığın bir tehdit oluşturmadığını, kıyı kesimlerden iç kesimlere doğru bitki örtüsü yoğunluğunun azaldığını göstermektedir.

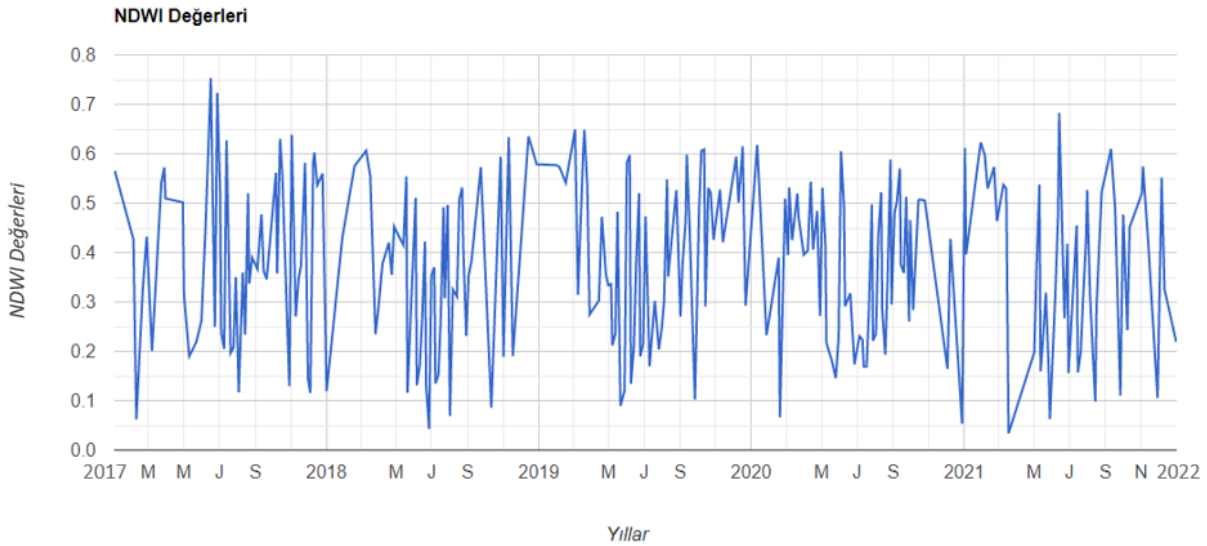
### 5.2.3 İkinci Uygulamanın NDWI Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Landsat 8 uydusunun LANDSAT/LC08/C01/T1\_TOA modülü görüntüleri kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesinin NDWI verileri elde edilmiştir. NDWI su alanlarının bulunmasında ve bitkilerdeki su oranının analizinde kullanılan bir indeks olduğundan elde edilen değerlerin -1 e yakın olması, o bölgedeki bitki varlığının sağlıklı bitki örtüsü ya da kuraklığa maruz kalmış arazi olduğunu gösterir. +1 e yakın olması sağlıklı bitki örtüsünün olduğunu gösterir. Elde edilen NDWI değerlerine göre; bölgede kış aylarında bu değer yükselirken, ilkbahar ve yaz aylarında düşüş göstermiştir. Çizelge 5.10'da elde edilen NDWI değerlerinin yıllara ve aylara göre değişimi gösterilmiştir.

**Çizelge 5.10** Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen NDWI değerleri.

|      | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| 2013 | -    | -     | 0.16 | -     | 0.21  | 0.25    | 0.30   | 0.29    | 0.44  | 0.33 | 0.39  | 0.08   | 0.27 |
| 2017 | 0.57 | 0.33  | 0.46 | 0.50  | 0.25  | 0.54    | 0.34   | 0.33    | 0.39  | 0.45 | 0.39  | 0.48   | 0.42 |
| 2018 | 0.27 | 0.58  | 0.42 | 0.40  | 0.36  | 0.25    | 0.32   | 0.34    | 0.44  | 0.34 | 0.34  | 0.61   | 0.39 |
| 2019 | 0.58 | 0.56  | 0.50 | 0.37  | 0.25  | 0.35    | 0.28   | 0.43    | 0.38  | 0.50 | 0.47  | 0.50   | 0.43 |
| 2020 | 0.43 | 0.32  | 0.46 | 0.42  | 0.29  | 0.38    | 0.25   | 0.36    | 0.44  | 0.45 | -     | 0.22   | 0.37 |
| 2021 | 0.54 | 0.54  | 0.37 | -     | 0.26  | 0.38    | 0.34   | 0.31    | 0.40  | 0.39 | 0.40  | 0.44   | 0.40 |
| 2022 | 0.49 | 0.56  | 0.46 | 0.34  | 0.40  | 0.20    | 0.36   | 0.36    | 0.43  | 0.52 | 0.23  | 0.27   | 0.38 |

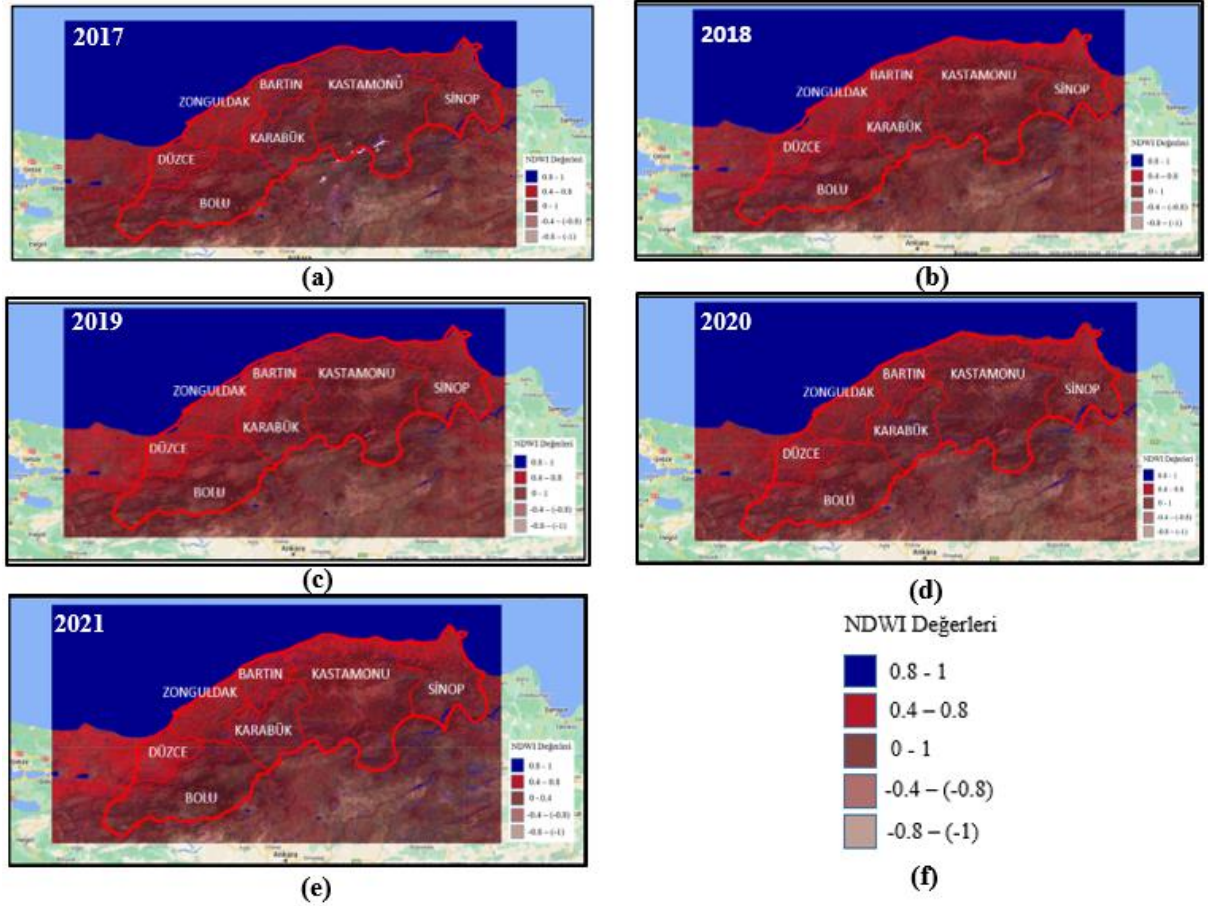
Çalışmada elde edilen verilere göre 2013 yılı ile 2017 ve 2022 yılları arası elde edilen toplam ortalama NDWI değeri 0,38' dir. Yıllık en yüksek ortalama NDWI değeri 0.43 ile 2019 yılında görülürken, en düşük ortalama NDWI değeri 0.27 ile 2013 yılında görülmüştür. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek NDWI değerinin 0.61 ile 2018 yılının Aralık ayında, en düşük NDWI değerinin 0.08 ile 2013 yılının Aralık ayında görülmüştür. 2017-2022 yılları arası NDWI değerleri zaman serisi grafiği Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.11** 2017-2022 yılları arası NDWI değerleri zaman serisi grafiği.

NDWI değerleri zaman serisi grafiğine göre, değerlerde dönemsel artış ve azalışlar görülmektedir. Bölgede var olan nem ve su yapıları değerlerinin 0.75 gibi değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Bu değer bölgede bulunan su alanlarının ve bitkilerdeki su oranının normalin üzerinde sağlıklı bir yapıya sahip olduğunu ve kuraklığın etkili olmadığını göstermektedir.

Şekil 5.12’ de GEE üzerinden elde edilen 2017, 2018, 2019, 2020 2021 yıllarına ait ortalama NDWI haritaları gösterilmiştir.



**Şekil 5.12** Batı Karadeniz Bölgesi için (a) 2017, (b) 2018, (c)2019, (d) 2020, (e) 2021 yıllarına ait ortalama NDWI değerlerini gösteren haritalar ve (f) NDWI değerleri.

İlgili haritalara bakıldığında koyu renkler, su oranı yüksek sağlıklı bitki örtüsünü, açık renkler su oranı düşük sağlıklı bitki örtüsünü temsil etmektedir. Haritalar, bölgede kuraklığa neden olabilecek bir tehdit olmadığını fakat kıyı kesimlerden iç kesimlere doğru kuraklık durumunun söz konusu olabileceğini göstermektedir.

#### 5.2.4 İkinci Uygulamanın NBRI Bulgularının Değerlendirilmesi

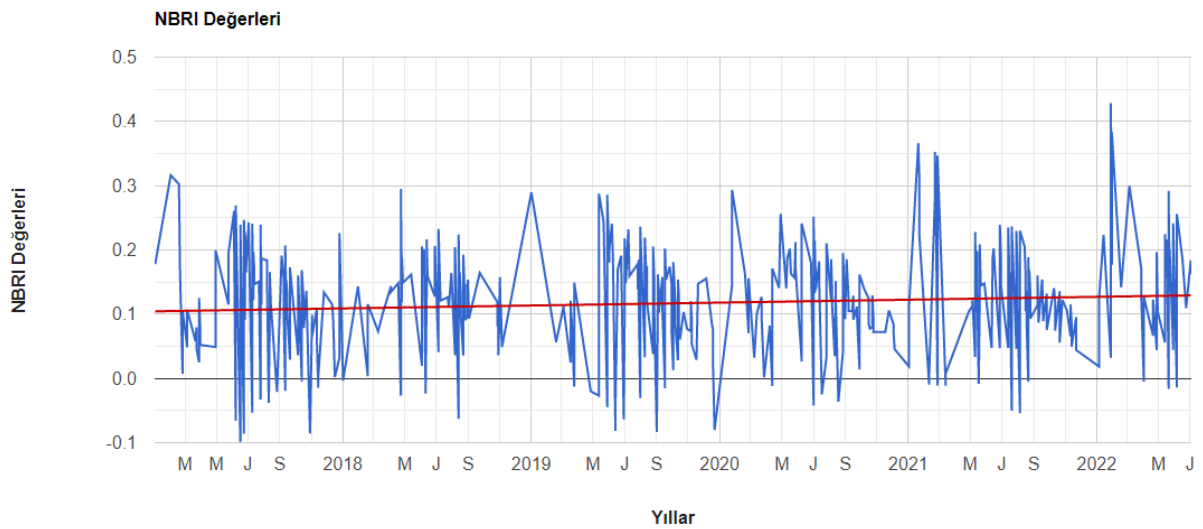
Bu çalışmada Landsat-8 uydusunun LANDSAT/LC08/C02/T1\_L2 modülü görüntüleri kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesinin NBRI verileri elde edilmiştir. NBRI bitki örtüsünün canlılığı, nem içeriği ve yanma olaylarının analizinde kullanılan bir indeks olduğundan elde edilen değerlerin -1 e yakın olması, o bölgedeki bitki varlığının çıplak veya kuraklığa maruz kalmış arazi olduğunu gösterir. +1 e yakın olması canlı veya sağlıklı bitki örtüsünün olduğunu

gösterir. Elde edilen NBRI değerlerine göre; bölgede yaz aylarında bu değerler yükselirken, Kasım ve Aralık aylarında düşüş göstermiştir. Çizelge 5.11’de elde edilen NBRI değerlerinin yıllara ve aylara göre değişimi gösterilmiştir.

**Çizelge 5.11** Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen NBRI değerleri.

|             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| <b>2013</b> | -    | -     | -    | 0.13  | 0.15  | 0.13    | 0.11   | 0.10    | 0.11  | 0.09 | 0.05  | 0.11   | 0.11 |
| <b>2017</b> | 0.18 | 0.16  | 0.07 | 0.12  | 0.16  | 0.12    | 0.12   | 0.09    | 0.11  | 0.07 | 0.07  | 0.09   | 0.11 |
| <b>2018</b> | 0.07 | 0.06  | 0.09 | 0.13  | 0.16  | 0.14    | 0.14   | 0.12    | 0.13  | 0.09 | 0.10  | -      | 0.11 |
| <b>2019</b> | 0.29 | 0.06  | 0.08 | -0.02 | 0.11  | 0.12    | 0.15   | 0.14    | 0.10  | 0.09 | 0.09  | 0.05   | 0.11 |
| <b>2020</b> | 0.22 | 0.13  | 0.07 | 0.10  | 0.18  | 0.15    | 0.12   | 0.11    | 0.11  | 0.10 | 0.09  | 0.07   | 0.12 |
| <b>2021</b> | 0.21 | 0.16  | 0.00 | 0.10  | 0.13  | 0.15    | 0.14   | 0.11    | 0.12  | 0.11 | 0.08  | -      | 0.12 |
| <b>2022</b> | 0.20 | 0.14  | 0.20 | 0.08  | 0.15  | 0.11    | 0.13   | 0.07    | 0.11  | 0.11 | 0.14  | 0.06   | 0.12 |

Çalışmada elde edilen verilere göre 2013 yılı ile 2017 ve 2022 yılları arası elde edilen toplam ortalama NBRI değeri 0,11 bulunmuştur. Yıllık en yüksek ortalama NBRI değeri 0.12 ile 2020, 2021 ve 2022 yıllarında görülürken, en düşük ortalama NBRI değeri 0.11 ile 2013, 2017, 2018, 2019 yıllarında görülmüştür. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek NBRI değerinin 0.29 ile 2019 yılının Ocak ayında, en düşük NBRI değerinin -0.02 ile 2019 yılının Nisan ayında görülmüştür. 2017-2022 yılları arası NBRI değerleri zaman serisi grafiği Şekil 5.13’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.13** 2017-2022 yılları arası NBRI değerleri zaman serisi grafiği.

NBRI değerleri zaman serisi grafiğine bakıldığında, değerlerde dönemsel artış ve azalışlar görülmektedir. Bölgede var olan bitki örtüsünün canlılığı, nem içeriği ve yanma olaylarının etki ettiği NBRI İndeksinin -0.1 gibi değerlere düştüğü görülmektedir. Bu değer ile bölgedeki bitki varlığının yıl içerisinde ufak çaplı yangın veya kuraklığa maruz kalmış arazi olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın geneli düşünüldüğünde bölgede sağlıklı bitki örtüsü varlığının olmadığını ve son zamanlarda yaşanan büyük çaplı yanmış ya da kuraklığa maruz kalmış arazi olmadığını göstermektedir. NBRI zaman grafiğine bakıldığında trend çizgisinin artış yönünde olduğu bu durumun gelecekte bölgedeki bitki örtüsü canlılığının ve nem içeriğinin yüksek değerlerde, yanma olaylarının düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür.

### 5.2.5 İkinci Uygulamanın AYS Bulgularının Değerlendirilmesi

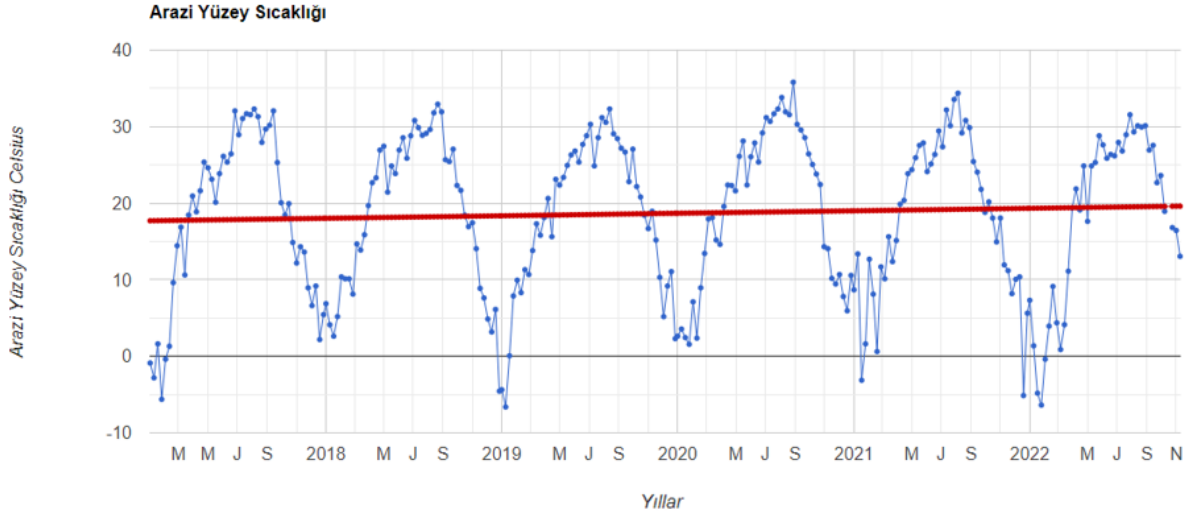
Bu çalışmada MODIS uydusunun MOD11A1. 061 modülü uydu görüntüleri kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesinin AYS (LST\_Day\_1km) verileri elde edilmiştir. Elde edilen AYS değerlerine göre; bölgede Temmuz ve Ağustos aylarında bu değerler yükselirken, Ocak ve Şubat aylarında düşüş göstermiştir. Çizelge 5.12’de elde edilen AYS değerlerinin yıllara ve aylara göre değişimi gösterilmiştir.

**Çizelge 5.12** Batı Karadeniz Bölgesi için elde edilen arazi yüzey sıcaklığı değerleri.

|             | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Ort.  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| <b>2002</b> | -3.69 | 11.01 | 15.40 | 18.29 | 26.37 | 28.81   | 32.00  | 28.73   | 23.65 | 19.50 | 13.18 | -0.25  | 17.75 |
| <b>2007</b> | 3.43  | 5.72  | 15.56 | 20.81 | 27.76 | 30.58   | 36.12  | 34.75   | 28.75 | 20.52 | 10.24 | 4.47   | 19.89 |
| <b>2012</b> | -2.99 | -0.86 | 9.31  | 23.86 | 24.16 | 29.75   | 32.27  | 30.87   | 29.12 | 20.85 | 11.70 | 4.33   | 17.70 |
| <b>2017</b> | -1.86 | 6.24  | 16.71 | 21.95 | 22.93 | 27.53   | 30.90  | 30.37   | 26.99 | 17.79 | 12.20 | 5.89   | 18.14 |
| <b>2018</b> | 4.73  | 9.70  | 16.04 | 24.22 | 25.03 | 27.57   | 29.79  | 31.64   | 25.12 | 19.06 | 12.07 | 2.46   | 18.95 |
| <b>2019</b> | -0.64 | 10.12 | 16.29 | 19.87 | 24.28 | 27.20   | 28.79  | 30.22   | 25.93 | 20.60 | 15.32 | 27.05  | 20.42 |
| <b>2020</b> | 2.64  | 8.00  | 16.45 | 21.46 | 25.31 | 27.31   | 31.28  | 33.28   | 28.78 | 21.43 | 11.23 | 8.75   | 19.66 |
| <b>2021</b> | 5.34  | 8.26  | 13.43 | 21.20 | 26.63 | 26.37   | 30.93  | 31.04   | 22.56 | 17.81 | 12.40 | 5.56   | 18.46 |
| <b>2022</b> | -0.35 | 4.29  | 8.87  | 22.20 | 24.33 | 26.26   | 28.72  | 29.84   | 25.69 | 17.69 | 12.69 | 7.19   | 17.28 |

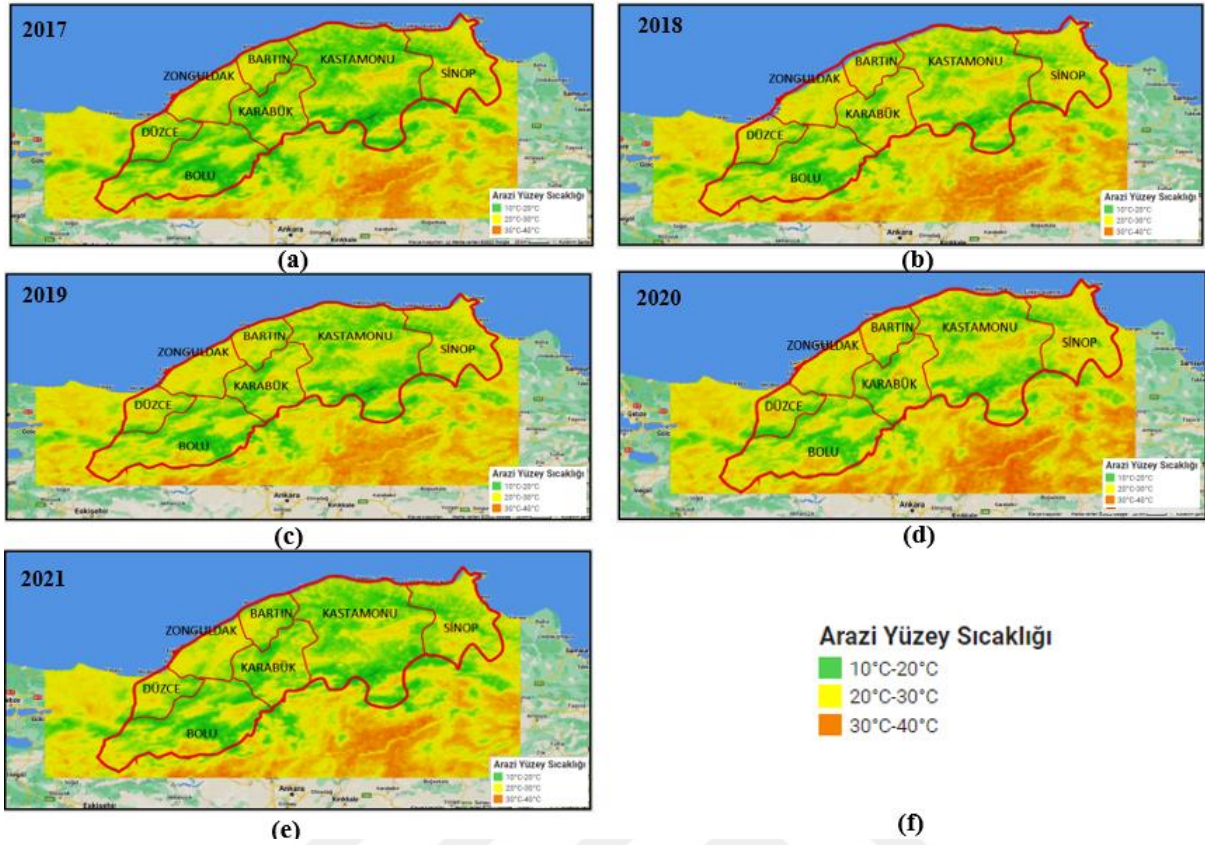
Çizelge değerlendirildiğinde; beşer yıl aralıklarla elde edilen 2002, 2007, 2012, 2017 ve 2022 yılları AYS değerlerinin ortalamasının 18.15 °C değerinde olduğu saptanmıştır. Son altı yılın arazi yüzey sıcaklığı ortalamasının ise 18.82 °C değerinde olduğu görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek arazi yüzey sıcaklığı ortalamasının 20.42 °C ile 2019 yılında, yıllık en düşük arazi yüzey sıcaklığı ortalamasının ise 17.28 °C ile 2022 yılında

hesaplandığı görülmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek arazi yüzey sıcaklığı değerinin 36.12 °C ile 2007 yılının Temmuz ayında, en düşük arazi yüzey sıcaklığı değerinin -3.69 °C ile 2002 yılının Ocak ayında saptanmıştır. 2017-2022 yılları arası AYS zaman serisi grafiği Şekil 5.14’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.14** 2017-2022 yılları arası AYS zaman serisi grafiği.

AYS zaman serisi grafiği incelendiğinde, AYS değerleri zamanla artış ve azalış göstermektedir. Bölgedeki en yüksek AYS değerinin 36°C'ye ulaştığı görülmektedir. Ancak bu değer kurak toprak sıcaklık seviyelerine göre düşük bir değerdedir. Grafikte, trend eğiliminin artış yönünde olduğu ve bu durumun gelecekte kuraklığın nedeni olabileceğini göstermektedir. Şekil 5.15’ de GEE platformu üzerinden elde edilen 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait ortalama AYS haritaları gösterilmiştir.

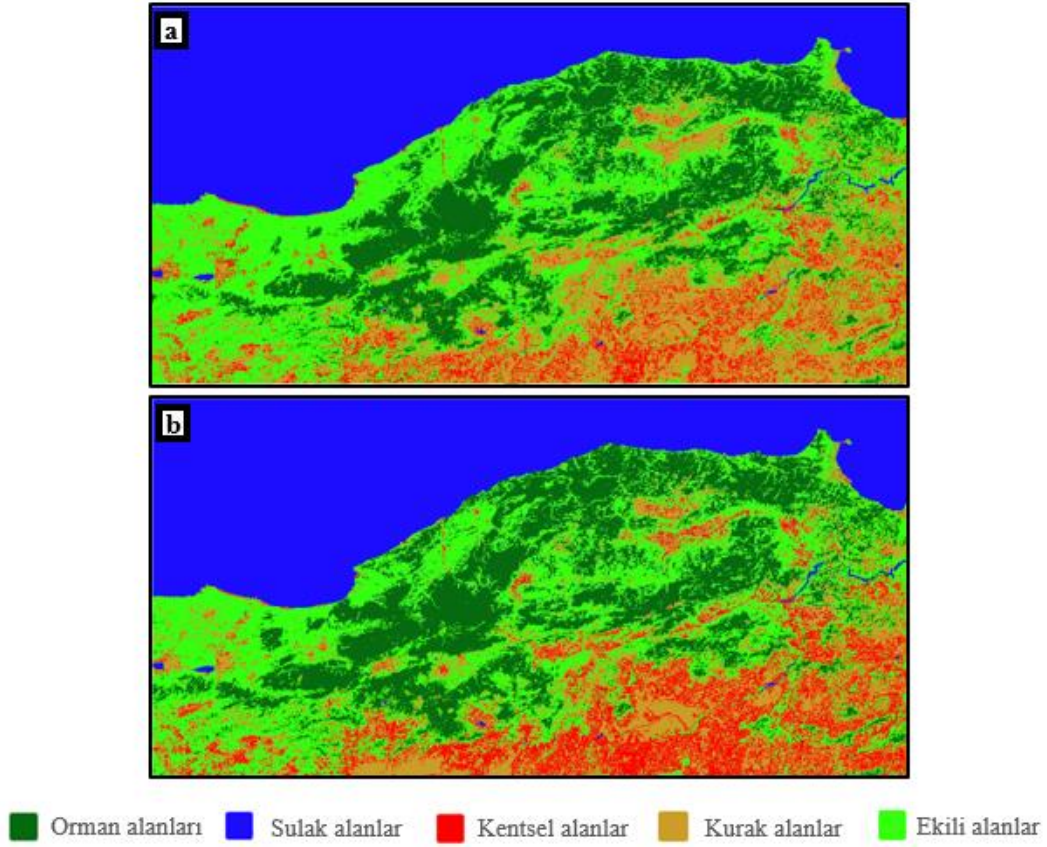


**Şekil 5.15** Batı Karadeniz Bölgesi için (a) 2017, (b) 2018, (c) 2019, (d) 2020, (e) 2021 yıllarına ait ortalama arazi yüzey sıcaklığı haritaları ve (f) AYS değerleri.

İlgili haritalar incelendiğinde, bölgenin genelinde 10°C ve 20°C sıcaklıkların hâkim olduğu, kuraklığa neden olabilecek yüksek sıcaklıkların görülmediği fakat kıyı kesimlerden iç kesimlere doğru kuraklık durumunun söz konusu olabileceğini göstermektedir.

### 5.2.6 İkinci Uygulamanın Sınıflandırma Doğruluğu Bulgularının değerlendirilmesi

Landsat-8 uydusu kullanılarak Batı Karadeniz Bölgesi sınıflandırma çalışması için 2022 yılına ait bulutluluk oranı %10 un altında en uygun görüntü seçilip beş adet tematik sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar; orman alanları, sulak alanlar, kentsel alanları, kurak alanları ve ekili alanlardır. Bu işlemin ardından CART ve RF olmak üzere iki farklı makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.16’da 2022 yılına ait RF ve CART sınıflandırma algoritmaları ile oluşturulan görüntülere yer verilmiştir.



**Şekil 5.16** 2022 yılına ait (a) CART sınıflandırıcısı, (b) RF sınıflandırıcısı sonuç görüntüsü.

Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü incelendiğinde, CART ve RF sınıflandırıcısının seçilen sınıfları birebir yansıttığı ve birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntüye doğruluk analizi işlemi uygulanarak hata matrisi oluşturulup doğruluk değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Genel doğruluk, kappa değeri, üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu gibi değerler elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 5.13, 5.14’te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.13** Landsat-8 2022 yılına tarihlerine ait CART sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| CART            | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Orman Alanları  | 1.00                | 0.92              | 0.85           | 0.82         |
| Sulak Alanlar   | 1.00                | 1.00              |                |              |
| Kentsel Alanlar | 0.82                | 0.64              |                |              |
| Kurak Alanlar   | 0.57                | 0.73              |                |              |
| Ekili Alanları  | 0.88                | 0.94              |                |              |

**Çizelge 5.14** Landsat-8 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| RF              | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Orman Alanları  | 1.00                | 1.00              | 0.81           | 0.76         |
| Sulak Alanlar   | 1.00                | 0.93              |                |              |
| Kentsel Alanlar | 0.67                | 0.57              |                |              |
| Kurak Alanlar   | 0.43                | 0.54              |                |              |
| Ekili Alanları  | 0.94                | 0.94              |                |              |

2022 yılına ait sınıflandırılan görüntülerden elde edilen bulgular incelendiğinde:

- CART ve RF sınıflandırıcılarının ortalama genel doğruluğu sırasıyla %85 ve %81'dir. Sınıflandırma işleminde genel doğruluk oranlarının %60'ın üzerinde oransal değerlere sahip olması sınıflandırmanın doğru yapıldığını ifade eder. Bu durumda CART ve RF sınıflandırıcılarıyla elde ettiğimiz değerlerin bu değerlendirme kapsamında yüksek doğruluk sağladığı görülmektedir. %85 genel doğruluk ile en başarılı algoritmanın CART olduğu, RF algoritmasına göre daha yüksek doğrulukla iyi performans gösterdiği belirlenmiştir.
- CART ve RF sınıflandırıcılarının Kappa istatistiği değerlerine bakıldığında sırasıyla 0.82 ve 0.86 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ise 0.40'dan küçük çıkması halinde zayıf derecede kabul edildiği 0.60'dan yüksek değerlerin iyi, çok iyi, mükemmel şeklinde kabul edildiği ifade edilir. Bu durumda CART ve RF sınıflandırıcılarıyla elde ettiğimiz Kappa istatistiği değerlerinin 0.82 ve 0.86 seviyelerine ulaşarak çok iyi veya neredeyse mükemmel seviye diyebileceğimiz değerlere ulaştığı görülmektedir.

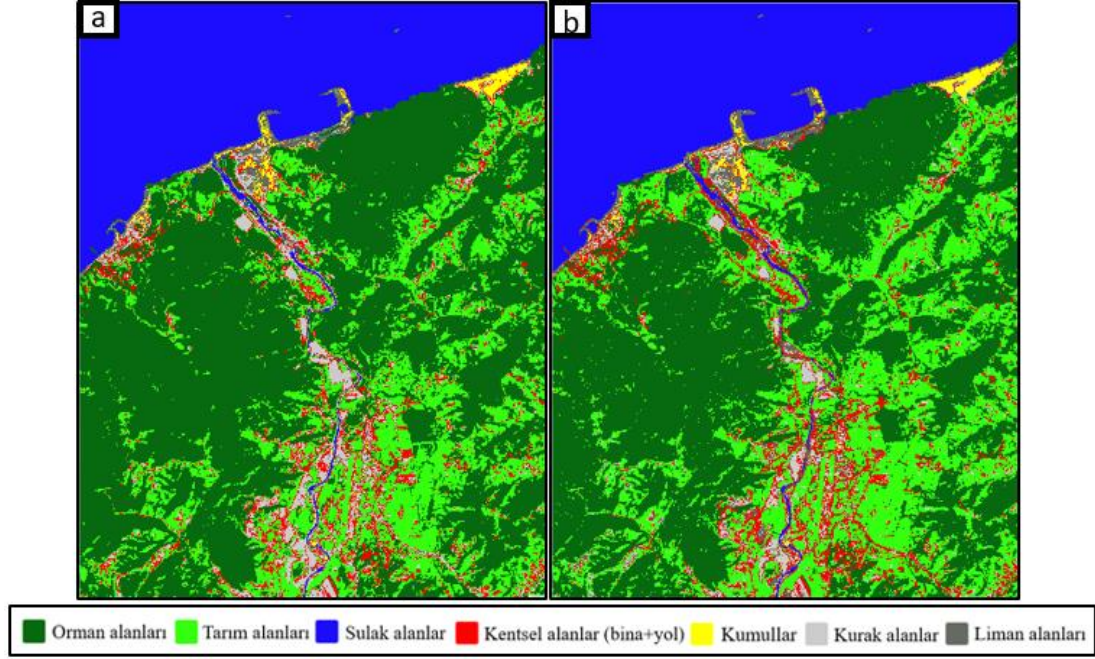
### 5.3 ÜÇÜNCÜ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu uygulamada Filyos serbest bölgesinin 2018 ve 2022 yıllarına ait RF ve CART sınıflandırıcıları olmak üzere iki farklı makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırma doğruluk çalışması yapılmıştır. Landsat-8 ile elde edilen bu değerler MODIS ve CORINE arazi kullanım ve arazi örtüsü veri tabanlarına göre oluşturulmuş sınıflandırma çalışmaları ile karşılaştırılmıştır.

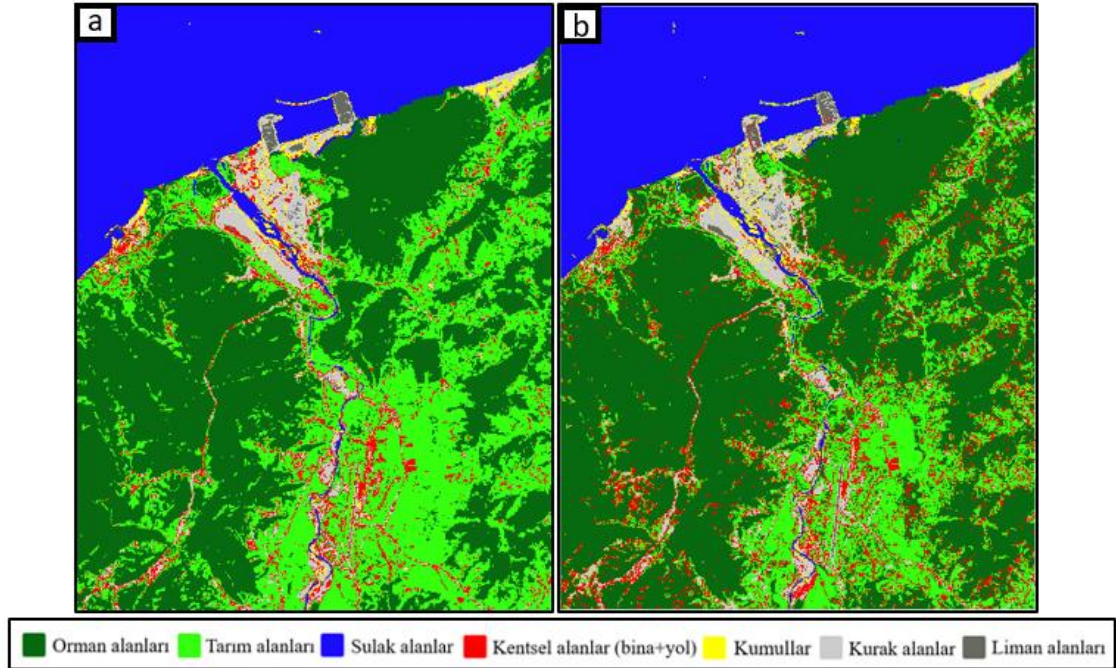
#### 5.3.1 Üçüncü Uygulamanın Sınıflandırma Doğruluğu Bulgularının Değerlendirilmesi

Landsat-8 uydusu kullanılarak Filyos çayı deltası ve çevresinin sınıflandırma çalışması için 2018 ve 2022 yıllarına ait bulutluluk oranı %10 un altında en uygun görüntü seçilip yedi adet

tematik sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar; orman alanları, tarım alanlar, sulak alanları, kentsel alanlar, kumullar, kurak alanları ve liman alanlarıdır. Bu işlemin ardından CART ve RF olmak üzere iki farklı makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.17’de 2018 yılı, Şekil 5.18’de 2022 yılı RF ve CART sınıflandırma algoritmaları ile oluşturulan görüntülere yer verilmiştir.



Şekil 5.17 2018 yılına ait (a) RF sınıflandırıcısı, (b) CART sınıflandırıcısı sonuç görüntüleri.



Şekil 5.18 2022 yılına ait (a) RF sınıflandırıcısı, (b) CART sınıflandırıcısı sonuç görüntüleri.

2018 ve 2022 yıllarında RF ve CART sınıflandırıcıları ile elde edilen görüntüler incelendiğinde, CART ve RF sınıflandırıcısının seçilen sınıfları birebir yansıttığı ve değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. 2018 ve 2022 yılları sonuç görüntüleri karşılaştırıldığında; tarım alanların arttığı, orman alanlarının azaldığı, liman alanlarının oluştuğu, ırmağın her iki kenarında ve sahil kıyı kesiminde değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir.

Sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntüye doğruluk analizi işlemi uygulanarak hata matrisi oluşturulup doğruluk değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Genel doğruluk, kappa değeri, üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu gibi değerler elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 5.15, 5.16, 5.17 ve 5.18’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.15** Landsat-8 2018 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| RF              | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Orman alanları  | 0.99                | 0.99              | 0.95           | 0.93         |
| Sulak alanlar   | 1.00                | 0.99              |                |              |
| Kentsel alanlar | 0.82                | 0.57              |                |              |
| Kumullar        | 0.63                | 0.65              |                |              |
| Tarım alanları  | 0.94                | 0.97              |                |              |
| Kurak alanlar   | 0.88                | 0.95              |                |              |
| Liman alanları  | 0.64                | 0.73              |                |              |

**Çizelge 5.16** Landsat-8 2018 yılına tarihlerine ait CART sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| CART            | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Orman alanları  | 1.00                | 0.98              | 0.94           | 0.91         |
| Sulak alanlar   | 0.99                | 0.99              |                |              |
| Kentsel alanlar | 0.62                | 0.54              |                |              |
| Kumullar        | 0.62                | 0.67              |                |              |
| Tarım alanları  | 0.85                | 0.95              |                |              |
| Kurak alanlar   | 0.86                | 0.85              |                |              |
| Liman alanları  | 0.65                | 0.77              |                |              |

**Çizelge 5.17** Landsat-8 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| RF              | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Orman alanları  | 1.00                | 1.00              | 0.93           | 0.91         |
| Sulak alanlar   | 0.99                | 1.00              |                |              |
| Kentsel alanlar | 0.85                | 0.73              |                |              |
| Kumullar        | 0.82                | 0.68              |                |              |
| Tarım alanları  | 0.95                | 1.00              |                |              |
| Kurak alanlar   | 0.83                | 0.83              |                |              |
| Liman alanları  | 0.75                | 0.82              |                |              |

**Çizelge 5.18** Landsat-8 2022 yılına ait CART sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| CART            | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Orman alanları  | 0.99                | 1.00              | 0.91           | 0.88         |
| Sulak alanlar   | 1.00                | 1.00              |                |              |
| Kentsel alanlar | 0.68                | 0.77              |                |              |
| Kumullar        | 0.78                | 0.65              |                |              |
| Tarım alanları  | 0.96                | 0.94              |                |              |
| Kurak alanlar   | 0.78                | 0.80              |                |              |
| Liman alanları  | 0.72                | 0.71              |                |              |

2018 yılına ait sınıflandırılan görüntülerden elde edilen bulgular incelendiğinde:

- RF ve CART sınıflandırıcılarının ortalama genel doğruluğu sırasıyla %95 ve %94 dür. Sınıflandırma işleminde genel doğruluk oranlarının %60'ın üzerinde oransal değerlere sahip olması sınıflandırmanın doğru yapıldığını ifade eder. Bu durumda RF ve CART sınıflandırıcılarıyla elde ettiğimiz değerlerin bu değerlendirme kapsamında yüksek doğruluk sağladığı saptanmıştır. %95 genel doğruluk ile en başarılı algoritmanın RF olduğu, CART algoritmasına göre daha yüksek doğrulukla iyi performans gösterdiği belirlenmiştir.
- RF ve CART sınıflandırıcılarının kappa değeri 0.93 ve 0.91 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ise 0.40'dan küçük çıkması halinde zayıf derecede kabul edildiği 0.60'dan yüksek değerlerin yükseldikçe iyi, çok iyi, mükemmel şeklinde kabul edildiği ifade edilir. Bu durumda RF ve CART sınıflandırıcılarıyla elde ettiğimiz Kappa istatistiği değerlerinin 0.93 ve 0.91 seviyelerine ulaşarak çok iyi veya neredeyse mükemmel seviye diyebileceğimiz değerlere ulaştığı görülmektedir.

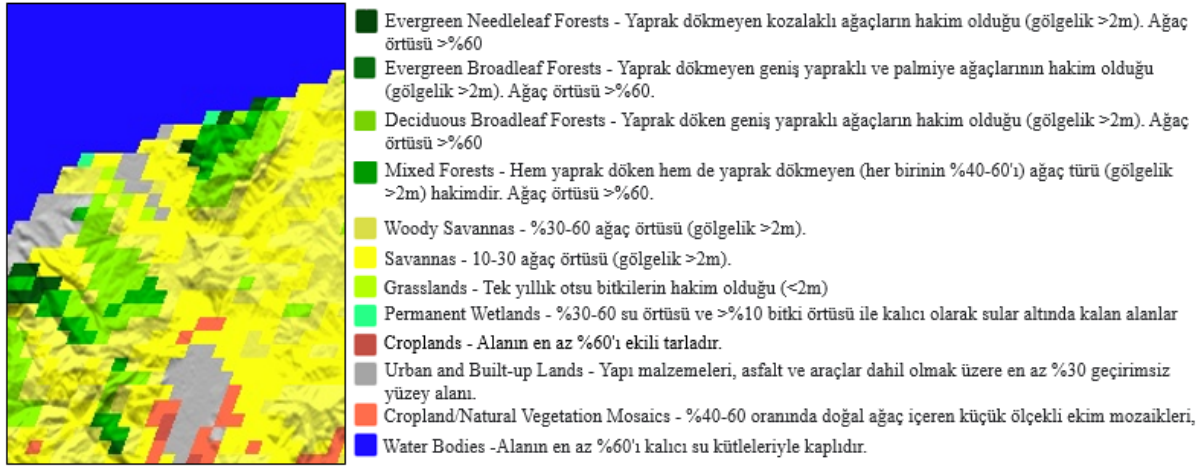
2022 yılına ait sınıflandırılan görüntülerden elde edilen bulgular incelendiğinde:

- RF ve CART sınıflandırıcılarının ortalama genel doğruluğu sırasıyla %93 ve %91 dir. Sınıflandırma işleminde genel doğruluk oranlarının %60'ın üzerinde oransal değerlere sahip olması sınıflandırmanın doğru yapıldığını ifade eder. Bu durumda RF ve CART sınıflandırıcılarıyla elde ettiğimiz değerlerin bu değerlendirme kapsamında yüksek doğruluk sağladığı saptanmıştır. %93 genel doğruluk ile en başarılı algoritmanın RF olduğu, CART algoritmasına göre daha yüksek doğrulukla iyi performans gösterdiği belirlenmiştir.
- RF ve CART sınıflandırıcılarının kappa değeri 0.91 ve 0.88 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ise 0.40'dan küçük çıkması halinde zayıf derecede kabul edildiği 0.60'dan yüksek değerlerin yükseldikçe iyi, çok iyi, mükemmel şeklinde kabul edildiği ifade edilir. Bu durumda RF ve CART sınıflandırıcılarıyla elde ettiğimiz Kappa istatistiği değerlerinin 0.91 ve 0.88 seviyelerine ulaşarak çok iyi veya neredeyse mükemmel seviye diyebileceğimiz değerlere ulaştığı görülmektedir.

### **5.3.2 Üçüncü Uygulamanın MODIS ve CORINE Arazi Örtüsü Sınıf Bulgularının Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada elde edilen sınıflandırma verileri, MODIS uydusundan ve CORINE sisteminden elde edilen arazi örtüsü ve arazi kullanımı Sınıflandırma verileri ile karşılaştırılmıştır.

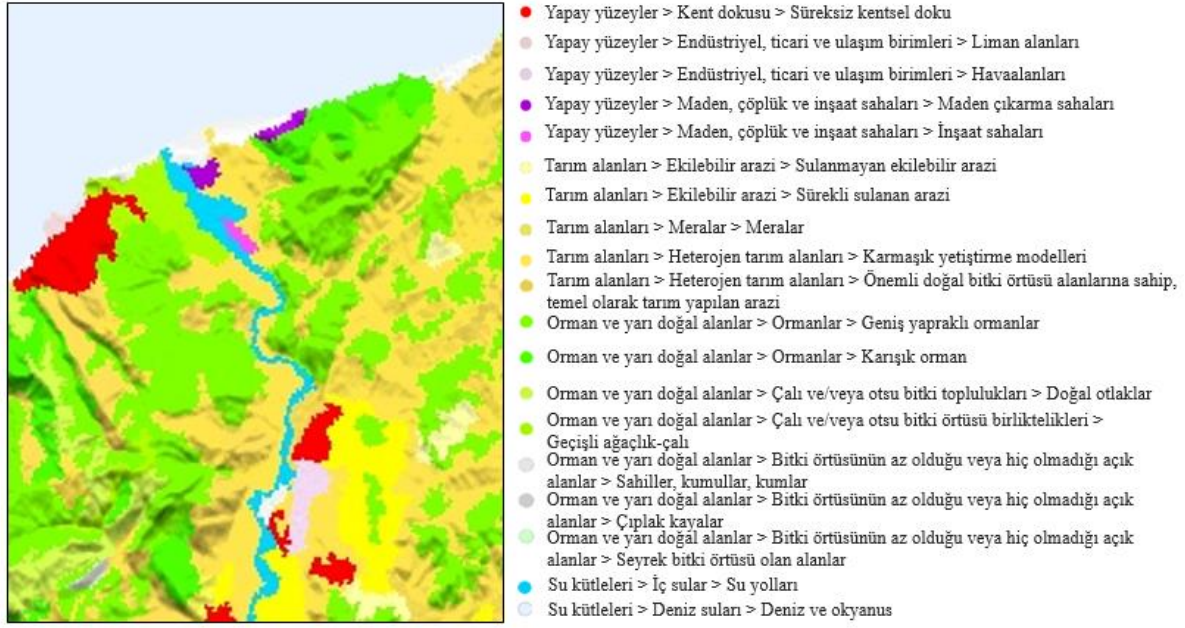
MODIS uydusunun 'MCD12Q1v006' modülü kullanılarak Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı küresel arazi örtüsü sınıfları elde edilmiştir. Bu ürünün sağladığı veri içerisinde bulunan arazi örtüsü sınıfları, MODIS Aqua ve Terra yansıma verilerinin denetimli sınıflandırma analizi sonucunda üretilir (Cover and Change 1999). Veriler 500 m'lik mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Şekil 5.19'da Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı MODIS arazi örtüsü ve arazi kullanımı dağılımı gösterilmiştir. Çalışma alanının arazi örtüsü ve arazi kullanımına ait 12 arazi alt sınıfı tespit edilmiştir.



**Şekil 5.19** Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı MODIS arazi örtüsü ve arazi kullanımı dağılımı.

MODIS arazi kullanım ve arazi örtüsü veri tabanına göre oluşturulmuş 2018 yılına ait arazi örtüsü haritası incelendiğinde, 'MCD12Q1v006' modülü kullanılarak elde edilen arazi örtüsü ve arazi kullanımına ait sınıfların Landsat-8 uydusu ile elde ettiğimiz sınıflardan farklı olduğu tespit edilmiştir. MODIS uydusundan elde edilen sınıfların daha çok bitki örtüsü özelliklerine göre sınıflandırıldığı görülmektedir.

Seçilen bir diğer arazi örtü sınıfı ise CORINE arazi örtüsüdür. AB'nin Copernicus programı çerçevesinde AÇA tarafından sağlanan CORINE çevre bilgi koordinasyonu sistemi sayesinde; 'Copernicus CORINE Arazi Örtüsü' veri seti kullanılarak Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı arazi örtüsü ve arazi kullanımına ait 19 arazi alt sınıfı tespit edilmiştir. Veriler 100 m'lik mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Şekil 5.20'de Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı CORINE arazi örtüsü ve arazi kullanımı dağılımı gösterilmiştir.



**Şekil 5.20** Şekil Filyos serbest bölgesinin 2018 yılı CORINE arazi örtüsü ve arazi kullanımı dağılımı.

CORINE arazi kullanımı ve arazi örtüsü veri tabanlarına göre oluşturulmuş 2018 yılına ait arazi örtüsü ve arazi kullanımı haritası incelendiğinde, elde edilen arazi verilerine ait sınıfların Landsat-8 uydusu ile elde ettiğimiz sınıflarla benzerlik gösterdiği ve oluşturulan görüntülerin birbirine görsel açıdan daha yakın olduğu belirlenmiştir.

## 5.4 DÖRDÜNCÜ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Filyos havzasının son 22 yıllık iklim ve bitki örtüsü değişikliklerini belirlemeye yönelik birçok analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışılan ve elde edilen bulgular açısından diğer havzalara örnek bir çalışma niteliğindedir. GEE üzerinden SPI değerleri, SVI değerleri, EVI değerleri, sıcaklık değerleri, AYS değerleri, AOD değerleri, AET değerleri, taşkın, sel, nüfus görüntüleri, yangın sayısı ve orman kayıpları verilerinin zamansal değişimi analiz edilip sayısal, görsel ve grafik verilerle gösterilmiştir. Çalışma iklim değişimine etki eden kriterler noktasında önemli sonuçlar içermektedir.

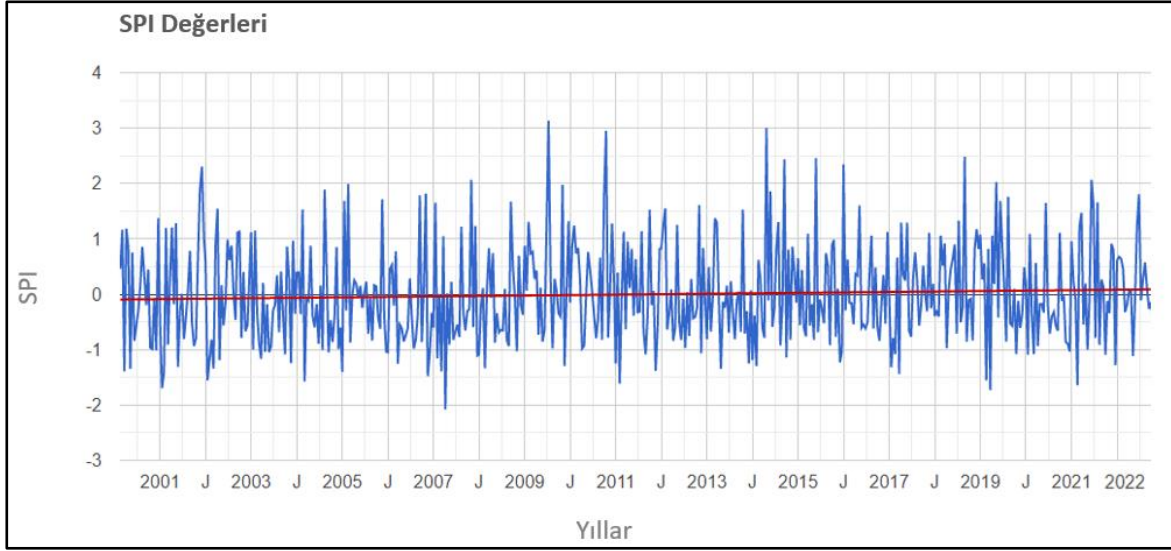
### 5.4.1 Dördüncü Uygulamanın SPI Bulgularının değerlendirilmesi

Kuraklığın belirlenebilmesi ve gerekli tedbirlerin alınabilmesi için MODIS ve CHIRPS uyduları kullanılarak 2000-2022 yılları arası SPI yağış indeks değerleri elde edilmiştir. Çizelge 5.19'da elde edilen SPI değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.19** Elde edilen SPI değerleri.

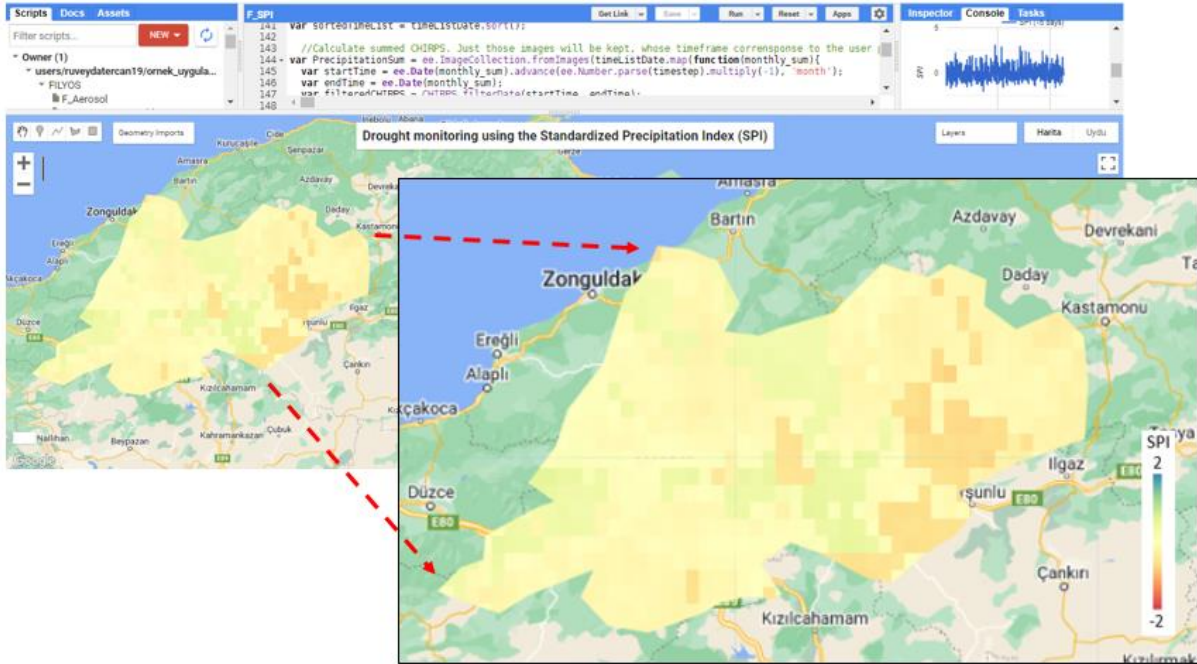
|      | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran     | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık       | Ort.  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|--------|---------|-------|-------|-------|--------------|-------|
| 2000 | -     | 0.46  | -0.11 | 1.02  | -0.30 | -0.71       | -0.08  | 0.61    | 0.13  | -1.00 | -0.07 | 0.18         | 0.01  |
| 2001 | -1.13 | -0.11 | -0.30 | 0.51  | -0.01 | -0.16       | -0.61  | 0.43    | -0.72 | -0.80 | 1.24  | 1.63         | 0.00  |
| 2002 | -0.51 | -1.00 | -0.23 | 0.18  | -0.20 | 0.43        | 0.75   | -0.23   | 1.12  | -0.79 | -0.14 | -0.12        | -0.06 |
| 2003 | 0.04  | 0.41  | -1.02 | -0.42 | -0.61 | -0.62       | 0.07   | -0.13   | -0.73 | 0.86  | -0.48 | 0.27         | -0.20 |
| 2004 | 0.37  | 0.59  | -0.82 | 0.38  | -0.49 | -0.54       | -0.42  | 1.17    | -0.76 | -0.65 | 0.85  | -0.82        | -0.10 |
| 2005 | 0.11  | 0.85  | -0.44 | 0.22  | 0.04  | -0.12       | -0.24  | -0.44   | 0.15  | -0.43 | 0.52  | -0.75        | -0.04 |
| 2006 | -0.33 | 0.16  | -0.24 | -0.58 | -0.80 | -0.16       | -0.69  | -0.59   | 0.46  | 0.11  | 0.17  | -0.71        | -0.27 |
| 2007 | 0.50  | -0.58 | -0.17 | -1.03 | -0.34 | -0.75       | -0.66  | 0.44    | -0.48 | -0.27 | 0.73  | 0.02         | -0.22 |
| 2008 | -0.69 | -0.61 | 0.46  | 0.34  | -0.61 | -0.67       | -0.28  | -0.88   | 1.10  | -0.57 | 0.70  | -0.31        | -0.17 |
| 2009 | 0.45  | 1.02  | 0.52  | -0.15 | -0.37 | 0.27        | 1.73   | -0.35   | -0.14 | -0.41 | 0.34  | 0.64         | 0.30  |
| 2010 | 0.33  | 0.99  | 0.54  | -0.96 | 0.39  | 0.24        | -0.59  | 0.11    | 0.48  | 2.95  | -0.39 | 0.70         | 0.40  |
| 2011 | -0.46 | -0.82 | 0.25  | 0.53  | 0.21  | 0.16        | 0.41   | -0.88   | 0.57  | -0.19 | -0.66 | 0.11         | -0.07 |
| 2012 | 1.01  | 0.46  | -0.12 | -0.72 | 0.37  | -0.46       | -0.47  | -0.24   | -0.42 | 0.66  | -1.04 | 0.29         | -0.06 |
| 2013 | -0.19 | -0.35 | 1.33  | -0.74 | -0.19 | -0.27       | -0.06  | -0.46   | -0.32 | 1.53  | -0.52 | -0.60        | -0.07 |
| 2014 | -0.82 | -0.34 | -0.17 | 1.11  | 0.87  | -0.42       | 1.07   | -0.55   | 0.65  | 0.80  | -0.01 | 0.10         | 0.19  |
| 2015 | 0.02  | -0.09 | 0.17  | -0.37 | 0.82  | -0.39       | -0.40  | 0.63    | -0.02 | 0.98  | -0.35 | <b>-1.16</b> | -0.01 |
| 2016 | 1.01  | 0.24  | -0.35 | 0.35  | 0.50  | -0.58       | -0.07  | 0.22    | -0.05 | -0.52 | 0.35  | 0.29         | 0.12  |
| 2017 | -0.70 | -0.94 | -0.39 | 0.82  | 0.77  | -0.72       | 0.52   | -0.17   | 0.16  | 0.01  | 0.37  | -0.05        | -0.03 |
| 2018 | -0.38 | 0.33  | 0.72  | -0.45 | 0.55  | 0.09        | 0.41   | 1.12    | -0.48 | -0.08 | -0.04 | 0.97         | 0.23  |
| 2019 | 0.65  | -0.50 | -0.46 | 0.62  | 0.80  | 1.28        | -0.35  | 0.62    | -0.24 | -1.08 | -0.37 | 0.05         | 0.09  |
| 2020 | -0.47 | 0.35  | -0.26 | -0.55 | -0.25 | 0.73        | -0.56  | -0.44   | 0.23  | -0.10 | -0.83 | -0.99        | -0.26 |
| 2021 | 0.58  | -0.86 | 1.34  | -0.18 | -0.54 | <b>1.84</b> | 0.44   | -0.32   | -0.48 | -0.12 | 0.26  | -0.29        | 0.14  |
| 2022 | 0.62  | 0.55  | -0.26 | 0.06  | -0.61 | 1.52        | 0.08   | 0.35    | -0.20 | -     | -     | -            | 0.23  |

Çalışmada elde edilen verilere göre 2000–2022 yılları arası en yüksek SPI İndeksi değeri 1.84 ile 2021 yılında görülmüştür. Bu değer bölgede şiddetli yağışın yaşandığını bizlere göstermektedir. En düşük SPI İndeksi değeri ise -1.16 ile 2015 yılında görülmüştür. Bu değer bölgede orta derecede kuraklığın yaşandığı bir dönem olduğunu bizlere göstermektedir. 22 yılın genel ortalamasına bakıldığında 0.01 gibi bir değerle karşılaşılmış ve bu değerinde bölgedeki yağışın normal seviyede seyrettiği saptanmıştır. Şekil 5.21’de Filyos Havzasının 2000–2022 yılları ortalama SPI zaman serisi gösterilmiştir.



Şekil 5.21 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama SPI zaman serisi grafiği.

2000-2022 yılları arası elde edilen SPI değerleri ile kurak ve sulak dönemler belirlenmiştir. İndeksin sıfırın altına düştüğü değerler kuraklık derecelerini ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler yağış derecelerini ifade etmektedir. Grafikteki trend çizgisine bakıldığında artış yönünde olduğu görülmekte olup bu durumun, gelecekte yağışların daha da artacağını ve yaşanabilecek herhangi bir kuraklığın olmayacağını göstermektedir. Şekil 5.22’de GEE aracılığı ile elde edilen 2022.09.30 tarihli SPI indeks haritası gösterilmiştir.



Şekil 5.22 2022.09.30 tarihli SPI indeks haritası.

Harita incelendiğinde, kuraklığın daha çok İç Anadolu Bölgesi kesimlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Havzanın orta ve deniz kenarı kısımlarında yağışın arttığı, genelinin ise normale yakın değerlerde seyrettiği görülmektedir.

#### 5.4.2 Dördüncü Uygulamanın SVI ve EVI Bulgularının Değerlendirilmesi

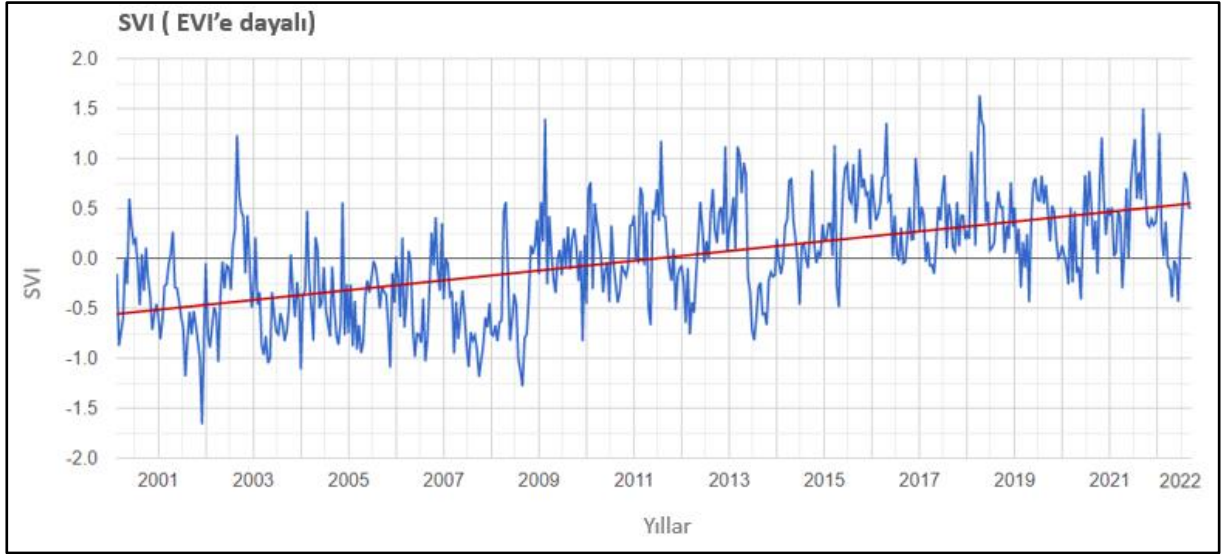
Belirli zaman aralığında bitki örtüsü üzerinde yaşanan ortalama değişimler ve kuraklık hakkında gerekli tedbirlerin alınabilmesi için MODIS uydusunun Terra bitki örtüsü indeksleri kullanılarak 2000-2022 yılları arası SVI indeks değerleri elde edilmiştir. Çizelge 5.20’de elde edilen SVI değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.20** Elde edilen SVI İndeksi değerleri.

|             | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan       | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos      | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Ort.  |
|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|---------|--------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| <b>2000</b> | -     | 0.21  | -0.81 | -0.30       | 0.17  | 0.24    | 0.07   | -0.21        | -0.11 | -0.29 | -0.72 | -0.51  | -0.21 |
| <b>2001</b> | -0.69 | -0.45 | -0.16 | 0.16        | -0.30 | -0.51   | -0.94  | -0.68        | -0.65 | -0.66 | -0.92 | -1.19  | -0.58 |
| <b>2002</b> | -0.40 | -0.79 | -0.52 | -0.71       | -0.17 | -0.08   | -0.09  | 0.76         | 0.56  | 0.42  | 0.14  | -0.27  | -0.10 |
| <b>2003</b> | -0.09 | -0.40 | -0.92 | -0.91       | -0.67 | -0.65   | -0.65  | -0.73        | -0.62 | 0.04  | -0.47 | -0.34  | -0.54 |
| <b>2004</b> | -0.74 | 0.08  | -0.36 | -0.31       | -0.20 | -0.26   | -0.59  | -0.43        | -0.63 | -0.76 | 0.56  | -0.51  | -0.35 |
| <b>2005</b> | -0.51 | -0.65 | -0.79 | -0.90       | -0.30 | -0.27   | -0.06  | -0.37        | -0.31 | -0.36 | -0.87 | -0.30  | -0.47 |
| <b>2006</b> | -0.08 | -0.19 | -0.56 | 0.02        | -0.84 | -0.76   | -0.62  | -0.92        | -0.02 | -0.07 | 0.14  | 0.01   | -0.32 |
| <b>2007</b> | -0.21 | -0.21 | -0.64 | -0.62       | -0.45 | -0.73   | -0.91  | -0.80        | -1.05 | -1.02 | -0.73 | -0.57  | -0.66 |
| <b>2008</b> | -0.76 | -0.75 | -0.63 | 0.52        | -0.47 | -0.49   | -0.73  | <b>-1.21</b> | -0.78 | -0.14 | 0.04  | 0.26   | -0.43 |
| <b>2009</b> | 0.20  | 0.78  | 0.08  | -0.07       | -0.18 | -0.04   | 0.06   | 0.10         | 0.25  | 0.10  | -0.07 | -0.30  | 0.08  |
| <b>2010</b> | 0.12  | 0.23  | 0.46  | 0.12        | -0.23 | -0.24   | 0.14   | -0.35        | -0.20 | -0.13 | -0.13 | 0.33   | 0.01  |
| <b>2011</b> | 0.22  | 0.34  | 0.29  | -0.02       | -0.09 | 0.56    | 0.77   | 0.42         | 0.01  | -0.23 | -0.21 | -0.14  | 0.16  |
| <b>2012</b> | -0.15 | -0.37 | -0.60 | -0.35       | 0.37  | 0.13    | 0.08   | 0.58         | 0.22  | 0.49  | 0.24  | 0.59   | 0.10  |
| <b>2013</b> | 0.34  | 0.35  | 1.08  | 0.80        | 0.33  | -0.53   | -0.71  | -0.27        | -0.56 | -0.67 | -0.18 | -0.17  | -0.01 |
| <b>2014</b> | 0.08  | -0.10 | 0.35  | 0.79        | 0.28  | -0.25   | 0.13   | -0.05        | 0.59  | 0.14  | 0.01  | 0.18   | 0.18  |
| <b>2015</b> | 0.19  | 0.35  | 0.58  | -0.38       | 0.44  | 0.92    | 0.58   | 0.65         | 0.83  | 0.70  | 0.72  | 0.47   | 0.50  |
| <b>2016</b> | 0.71  | 0.41  | 0.67  | 1.09        | 0.60  | 0.22    | 0.01   | 0.13         | 0.09  | 0.35  | 0.20  | 0.87   | 0.45  |
| <b>2017</b> | 0.39  | 0.20  | 0.05  | -0.11       | 0.33  | 0.53    | 0.47   | 0.49         | 0.09  | 0.57  | 0.27  | 0.31   | 0.30  |
| <b>2018</b> | 0.22  | 0.91  | 0.54  | <b>1.51</b> | 0.84  | 0.32    | 0.13   | 0.57         | 0.51  | 0.05  | 0.26  | 0.54   | 0.53  |
| <b>2019</b> | 0.28  | 0.00  | 0.04  | -0.10       | 0.57  | 0.70    | 0.70   | 0.64         | 0.32  | 0.53  | 0.33  | 0.02   | 0.33  |
| <b>2020</b> | 0.08  | -0.16 | 0.13  | 0.16        | -0.25 | 0.55    | 0.60   | 0.31         | 0.11  | 0.98  | 0.59  | 0.37   | 0.29  |
| <b>2021</b> | 0.47  | 0.04  | 0.45  | -0.10       | 0.35  | 0.86    | 0.90   | 0.73         | 1.10  | 0.34  | 0.35  | 0.35   | 0.49  |
| <b>2022</b> | 0.89  | 0.15  | 0.15  | -0.25       | -0.05 | -0.15   | 0.68   | 0.66         | 0.50  | -     | -     | -      | 0.29  |

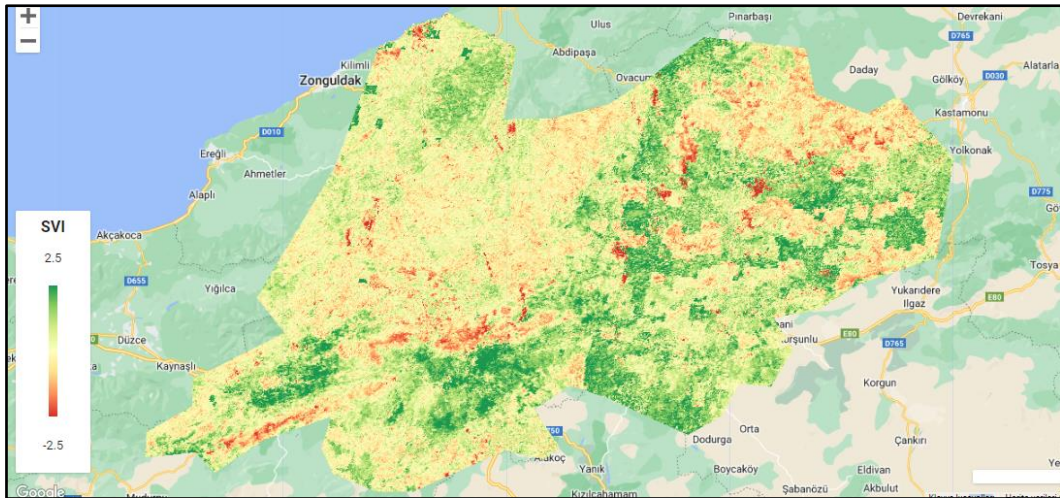
Çalışmada elde edilen verilere göre 2000 ve 2022 yılları arası en yüksek SVI değeri 1.51 ile 2018 yılında görülmektedir. Bu değer bölgede kuraklığın yaşanmadığını göstermektedir. En düşük SPI değeri ise -1.21 ile 2008 yılında tespit edilmiştir. Bu değer bölgede şiddetli kuraklığın yaşandığı bir dönem olduğunu göstermektedir. 22 yılın genel ortalamasına bakıldığında 0.00 gibi bir değerle karşılaşılmış ve bu değer bölgede kuraklığa sebep olacak bir etki göstermediği

belirlenmiştir. Şekil 5.23’de Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama SVI zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.23 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama SVI zaman serisi grafiği.

2000-2022 yılları arası elde edilen SVI değerleri ile kurak dönemler belirlenmiştir. İndeksin sıfırın altına düştüğü değerler kuraklığın şiddetlerini ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler kuraklığın yaşanmadığını ifade eder. Grafikteki trend çizgisine bakıldığında artış yönünde olduğu görülmekte olup bu durumunda gelecekte yaşanabilecek herhangi bir kuraklığın olmayacağını göstermektedir. Şekil 5.24’de GEE aracılığı ile elde edilen 2022.09.14 ile 2022.09.30 tarihleri arası SVI indeks haritası gösterilmiştir.



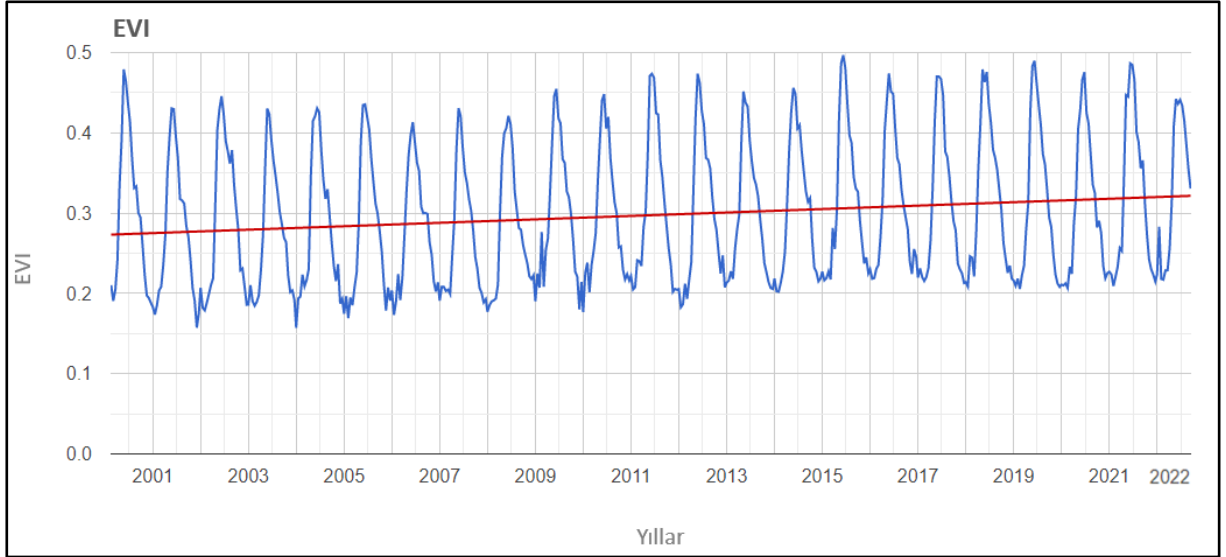
Şekil 5.24 GEE arayüzünde 2022.09.14 ile 2022.09.30 tarihleri arası SVI haritası.



**Çizelge 5.21** Elde edilen EVI indeks değerleri.

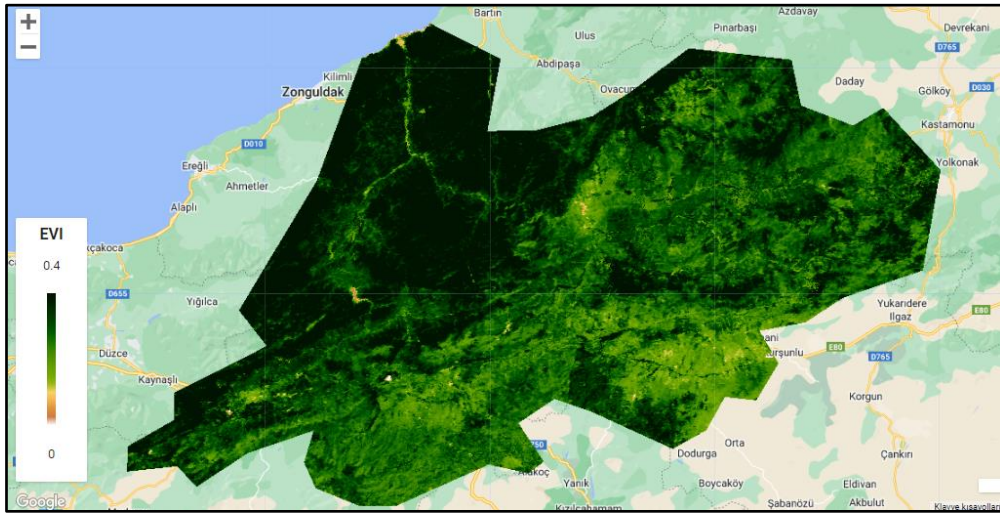
|      | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran     | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık      | Ort. |
|------|------|-------|------|-------|-------|-------------|--------|---------|-------|------|-------|-------------|------|
| 2000 | -    | 0.21  | 0.20 | 0.29  | 0.44  | 0.45        | 0.39   | 0.33    | 0.30  | 0.24 | 0.20  | 0.19        | 0.29 |
| 2001 | 0.18 | 0.19  | 0.22 | 0.31  | 0.41  | 0.41        | 0.34   | 0.31    | 0.28  | 0.24 | 0.20  | <b>0.17</b> | 0.27 |
| 2002 | 0.19 | 0.18  | 0.21 | 0.26  | 0.42  | 0.44        | 0.38   | 0.37    | 0.32  | 0.28 | 0.23  | 0.20        | 0.29 |
| 2003 | 0.20 | 0.19  | 0.19 | 0.25  | 0.39  | 0.41        | 0.36   | 0.31    | 0.28  | 0.26 | 0.21  | 0.20        | 0.27 |
| 2004 | 0.18 | 0.21  | 0.21 | 0.29  | 0.42  | 0.43        | 0.36   | 0.32    | 0.28  | 0.22 | 0.24  | 0.19        | 0.28 |
| 2005 | 0.19 | 0.18  | 0.20 | 0.26  | 0.41  | 0.43        | 0.39   | 0.33    | 0.29  | 0.25 | 0.20  | 0.20        | 0.28 |
| 2006 | 0.19 | 0.21  | 0.21 | 0.30  | 0.39  | 0.40        | 0.36   | 0.30    | 0.30  | 0.26 | 0.23  | 0.21        | 0.28 |
| 2007 | 0.20 | 0.21  | 0.20 | 0.27  | 0.41  | 0.40        | 0.34   | 0.31    | 0.26  | 0.23 | 0.20  | 0.19        | 0.27 |
| 2008 | 0.18 | 0.19  | 0.20 | 0.34  | 0.40  | 0.42        | 0.35   | 0.29    | 0.27  | 0.24 | 0.22  | 0.22        | 0.28 |
| 2009 | 0.21 | 0.24  | 0.23 | 0.30  | 0.42  | 0.44        | 0.39   | 0.35    | 0.31  | 0.27 | 0.22  | 0.20        | 0.30 |
| 2010 | 0.20 | 0.22  | 0.24 | 0.31  | 0.42  | 0.43        | 0.39   | 0.33    | 0.28  | 0.26 | 0.22  | 0.22        | 0.29 |
| 2011 | 0.21 | 0.22  | 0.24 | 0.29  | 0.42  | 0.47        | 0.42   | 0.36    | 0.30  | 0.26 | 0.22  | 0.21        | 0.30 |
| 2012 | 0.19 | 0.20  | 0.21 | 0.28  | 0.45  | 0.44        | 0.39   | 0.36    | 0.31  | 0.27 | 0.23  | 0.23        | 0.30 |
| 2013 | 0.21 | 0.22  | 0.27 | 0.34  | 0.45  | 0.41        | 0.35   | 0.33    | 0.28  | 0.24 | 0.22  | 0.21        | 0.29 |
| 2014 | 0.21 | 0.21  | 0.24 | 0.34  | 0.44  | 0.43        | 0.39   | 0.34    | 0.32  | 0.27 | 0.23  | 0.22        | 0.30 |
| 2015 | 0.22 | 0.22  | 0.25 | 0.28  | 0.45  | <b>0.49</b> | 0.42   | 0.37    | 0.33  | 0.29 | 0.25  | 0.24        | 0.32 |
| 2016 | 0.22 | 0.22  | 0.25 | 0.36  | 0.46  | 0.45        | 0.39   | 0.35    | 0.30  | 0.26 | 0.22  | 0.25        | 0.31 |
| 2017 | 0.23 | 0.22  | 0.23 | 0.30  | 0.44  | 0.47        | 0.41   | 0.36    | 0.30  | 0.28 | 0.23  | 0.22        | 0.31 |
| 2018 | 0.21 | 0.25  | 0.25 | 0.38  | 0.47  | 0.46        | 0.40   | 0.36    | 0.32  | 0.26 | 0.24  | 0.23        | 0.32 |
| 2019 | 0.21 | 0.21  | 0.23 | 0.30  | 0.46  | 0.48        | 0.42   | 0.37    | 0.31  | 0.28 | 0.24  | 0.21        | 0.31 |
| 2020 | 0.21 | 0.21  | 0.23 | 0.30  | 0.42  | 0.47        | 0.42   | 0.35    | 0.30  | 0.28 | 0.23  | 0.22        | 0.30 |
| 2021 | 0.23 | 0.22  | 0.25 | 0.30  | 0.45  | <b>0.49</b> | 0.43   | 0.37    | 0.34  | 0.27 | 0.24  | 0.22        | 0.32 |
| 2022 | 0.25 | 0.22  | 0.23 | 0.28  | 0.43  | 0.44        | 0.42   | 0.37    | 0.33  | -    | -     | -           | 0.33 |

Çalışmada elde edilen verilere göre 2000–2022 yılları arası en yüksek EVI değeri 0.49 ile 2015 ve 2021 yıllarında görülmektedir. Bu değer bölgede gelişmiş bitki yoğunluğunun çok yoğun olduğunu göstermektedir. En düşük EVI değeri ise 0.17 ile 2001 yılında tespit edilmiştir. Bu değer bölgede gelişmiş bitki yoğunluğunun seyrek olduğunu göstermektedir. 22 yılın genel ortalamasına bakıldığında 0.30 gibi bir değerle karşılaşılmış ve bu değer bölgedeki gelişmiş bitki yoğunluk sınıfına göre ortalama yoğunluğa sahip olduğunu belirlenmiştir Şekil 5.26’da Filyos Havzası 2000–2022 yılları ortalama EVI İndeksi zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



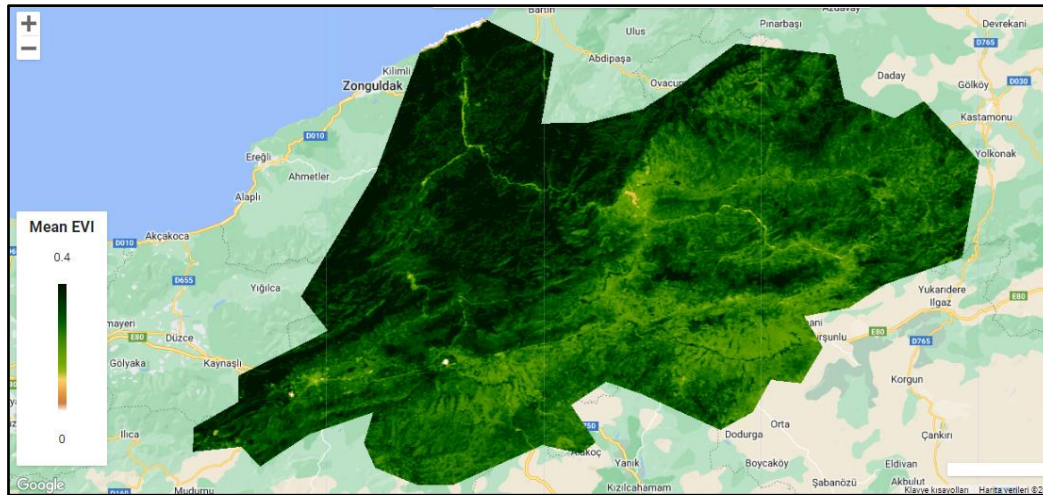
**Şekil 5.26** Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama EVI İndeksi zaman serisi grafiği.

2000-2022 yılları arası elde edilen EVI değerleri ile gelişmiş bitki örtüsü değerleri belirlenmiştir. İndeksin sıfırın altına düştüğü dönem gelişmiş bitki örtüsünün olmadığını yani kuraklığın yaşandığını veya çıplak arazinin olduğunu ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler gelişmiş bitki örtüsünün varlığını ifade eder. Grafikteki trend çizgisinin artış yönünde olduğu görülmektedir. Bu durum gelecekte, gelişmiş bitki örtüsü varlığının artacağını ve kuraklığın etkisinin giderek azalacağını göstermektedir. Şekil 5.27’de 2022.09.14 ile 2022.09.30 tarihleri arası EVI İndeksi haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.27** GEE arayüzünde 2022.09.14 ile 2022.09.30 tarihleri arası EVI İndeksi haritası.

Harita incelendiğinde, gelişmiş bitki örtüsü varlığının kuzey kesimlerde yoğunlukta olduğu, güney kesimlere doğru yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Şekil 5.28’de 2000–2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.28** 2000–2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası.

2000-2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası incelendiğinde; gelişmiş bitki örtüsü varlığının Kuzey kesimlerde yoğunlukta olduğu, güney ve güneydoğu kesimlerde yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Nehir ve ırmak gibi su alanlarının olduğu alanlarda da gelişmiş bitki örtüsü değeri azalmaktadır.

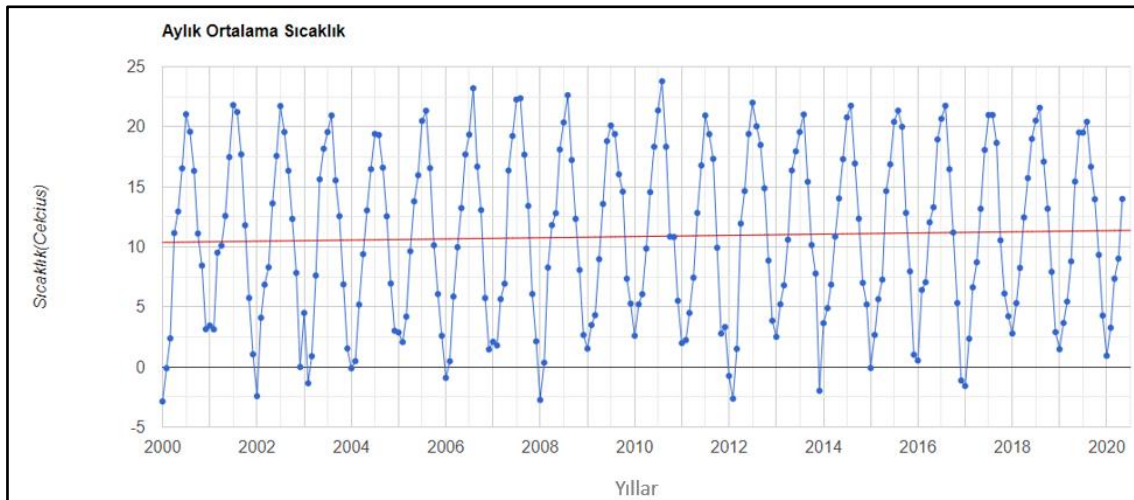
#### 5.4.3 Dördüncü Uygulamanın Sıcaklık Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada 2000 ile 2020 yılları arası iklim değişikliğine neden olan faktörlerden sıcaklık değerleri, Copernicus programı dâhilinde ERA5 sıcaklık verisi ile elde edilmiştir. Çalışmada aylık sıcaklık farklarından yola çıkarak sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Çizelge 5.22’de elde edilen sıcaklık değerleri gösterilmiştir.

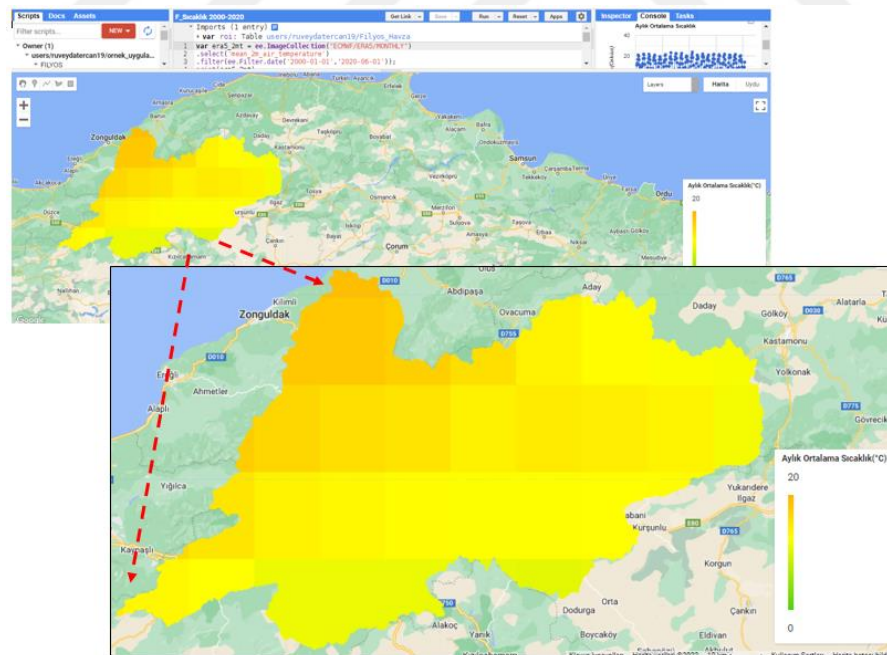
**Çizelge 5.22** Elde edilen Sıcaklık Değerleri.

|      | Ocak  | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos      | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Ort.  |
|------|-------|-------|------|-------|-------|---------|--------|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2000 | -2.87 | -0.11 | 2.38 | 11.15 | 12.94 | 16.53   | 21.03  | 19.58        | 16.32 | 11.11 | 8.44  | 3.14   | 9.97  |
| 2001 | 3.45  | 3.13  | 9.52 | 10.10 | 12.57 | 17.47   | 21.80  | 21.22        | 17.69 | 11.79 | 5.75  | 1.05   | 11.29 |
| 2002 | -2.43 | 4.09  | 6.85 | 8.29  | 13.61 | 17.56   | 21.72  | 19.56        | 16.33 | 12.32 | 7.83  | -0.01  | 10.48 |
| 2003 | 4.50  | -1.36 | 0.89 | 7.61  | 15.62 | 18.16   | 19.56  | 20.93        | 15.53 | 12.55 | 6.87  | 1.54   | 10.20 |
| 2004 | -0.11 | 0.49  | 5.19 | 9.39  | 13.03 | 16.46   | 19.40  | 19.31        | 16.59 | 12.54 | 6.95  | 3.01   | 10.19 |
| 2005 | 2.87  | 2.07  | 4.19 | 9.63  | 13.79 | 15.96   | 20.48  | 21.33        | 16.55 | 10.13 | 6.07  | 2.59   | 10.47 |
| 2006 | -0.91 | 0.48  | 5.86 | 9.96  | 13.23 | 17.69   | 19.34  | 23.20        | 16.67 | 13.06 | 5.73  | 1.46   | 10.48 |
| 2007 | 2.10  | 1.79  | 5.65 | 6.93  | 16.35 | 19.22   | 22.26  | 22.37        | 17.67 | 13.41 | 6.07  | 2.13   | 11.33 |
| 2008 | -2.75 | 0.35  | 8.27 | 11.81 | 12.80 | 18.09   | 20.35  | 22.62        | 17.22 | 12.33 | 8.07  | 2.66   | 10.99 |
| 2009 | 1.53  | 3.49  | 4.31 | 8.97  | 13.57 | 18.80   | 20.10  | 19.39        | 16.04 | 14.60 | 7.34  | 5.27   | 11.12 |
| 2010 | 2.59  | 5.21  | 6.06 | 9.86  | 14.55 | 18.33   | 21.35  | <b>23.78</b> | 18.33 | 10.85 | 10.82 | 5.51   | 12.27 |
| 2011 | 1.99  | 2.23  | 4.49 | 7.43  | 12.82 | 16.77   | 20.93  | 19.38        | 17.32 | 9.92  | 2.78  | 3.32   | 9.95  |
| 2012 | -0.75 | -2.64 | 1.51 | 11.93 | 14.65 | 19.40   | 22.00  | 20.03        | 18.48 | 14.87 | 8.86  | 3.85   | 11.01 |
| 2013 | 2.50  | 5.22  | 6.79 | 10.60 | 16.36 | 17.95   | 19.56  | 21.01        | 15.41 | 10.15 | 7.77  | -1.99  | 10.94 |
| 2014 | 3.64  | 4.90  | 6.85 | 10.86 | 14.03 | 17.30   | 20.78  | 21.75        | 16.94 | 12.34 | 7.00  | 5.21   | 11.80 |
| 2015 | -0.09 | 2.67  | 5.64 | 7.27  | 14.64 | 16.87   | 20.40  | 21.34        | 19.99 | 12.82 | 7.95  | 1.02   | 10.88 |
| 2016 | 0.53  | 6.41  | 7.05 | 12.04 | 13.29 | 18.94   | 20.66  | 21.74        | 16.46 | 11.19 | 5.32  | -1.13  | 11.04 |
| 2017 | -1.58 | 2.35  | 6.62 | 8.71  | 13.17 | 18.06   | 20.97  | 20.98        | 18.65 | 10.54 | 6.11  | 4.22   | 10.73 |
| 2018 | 2.78  | 5.31  | 8.25 | 12.45 | 15.72 | 18.99   | 20.51  | 21.57        | 17.09 | 13.18 | 7.92  | 2.90   | 12.22 |
| 2019 | 1.47  | 3.66  | 5.44 | 8.79  | 15.43 | 19.52   | 19.51  | 20.41        | 16.66 | 13.96 | 9.33  | 4.27   | 11.54 |
| 2020 | 0.93  | 3.27  | 7.35 | 9.02  | 13.99 |         |        |              |       |       |       |        | 6.91  |

Çalışmada elde edilen verilere göre 2000-2020 yılları arası ortalama sıcaklık 10.75 °C ‘dir. En düşük sıcaklık ortalaması 9.95 °C ile 2011 yılında, en yüksek sıcaklık ortalaması ise 12.27 °C ile 2010 yılında görülmüştür. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, en yüksek sıcaklık 23.78 °C ile 2010 yılında, en düşük sıcaklık -2.87 °C ile 2000 yılında görülmüştür. Bu değerlerin iklim değişikliğine neden olabilecek değerlerde olmadığı görülmektedir. Çalışmada elde edilen verilere göre 2000-2020 yılları arası aylık ortalama sıcaklık zaman serisi grafiği Şekil 5.29’da gösterilmiştir.

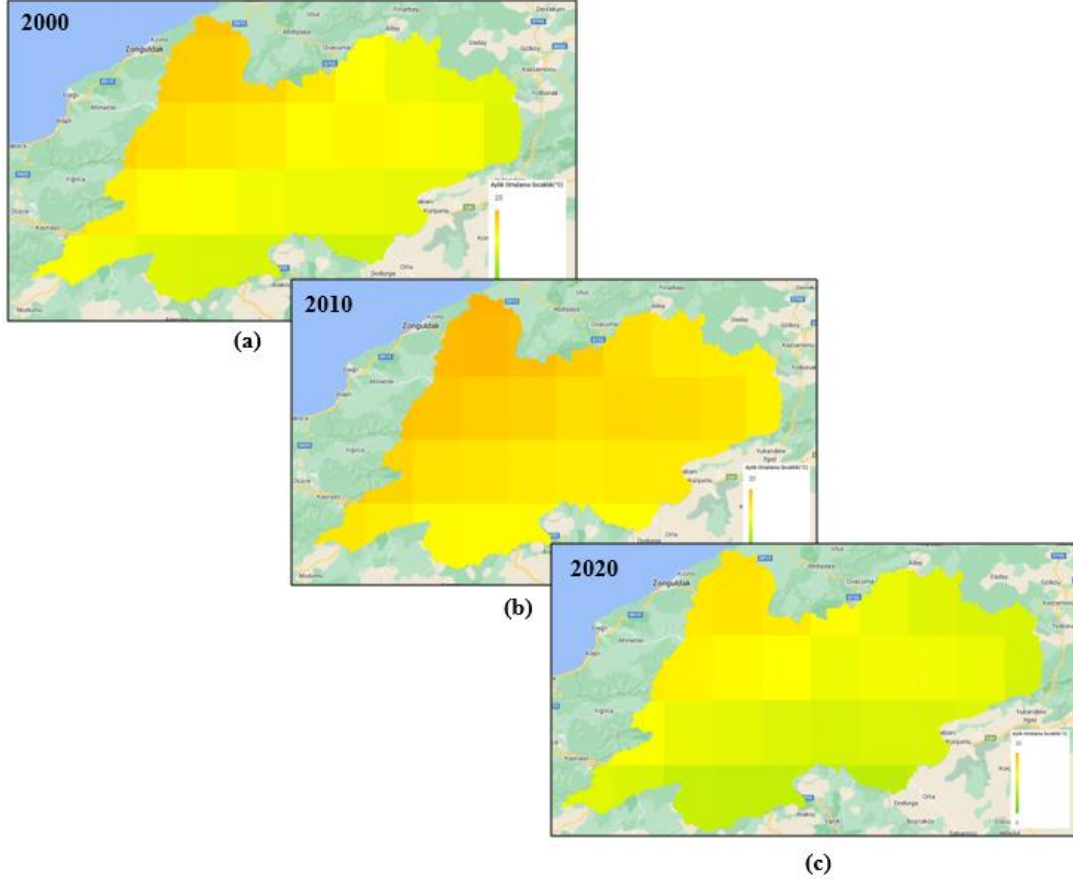


Çalışmada elde edilen verilere göre 2000-2020 yılları arası sıcaklık değerleri; yaz aylarında artarken, kış aylarında azaldığı görülmektedir. Grafikteki trend çizgisine bakıldığında artış yönünde olduğu ve bu durumun gelecekte sıcaklık değerlerinde artış yaşanacağını ve kuraklığın nedeni olabileceğini göstermektedir. Şekil 5.30'da 2000-2020 yılları arası GEE ile elde edilmiş ortalama sıcaklık haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.30** 2000-2020 yılları arası ortalama sıcaklık haritası.

2000-2020 yılları arası ortalama sıcaklık haritası incelendiğinde, sıcaklığın deniz kenarı kesimlerinde arttığı, İç Anadolu Bölgesi taraflarına doğru azaldığı görülmektedir. Şekil 5.31’de 2000-2010-2020 yıllarına ait ortalama sıcaklık haritaları gösterilmiştir.



Şekil 5.31 (a) 2000, (b) 2010, (c) 2020 yıllarına ait ortalama sıcaklık haritaları.

2000, 2010 ve 2020 yıllarına ait sıcaklık haritaları değerlendirildiğinde, en yüksek sıcaklığın 2010 yılında en düşük sıcaklığın 2020 yılında yaşandığı saptanmıştır.

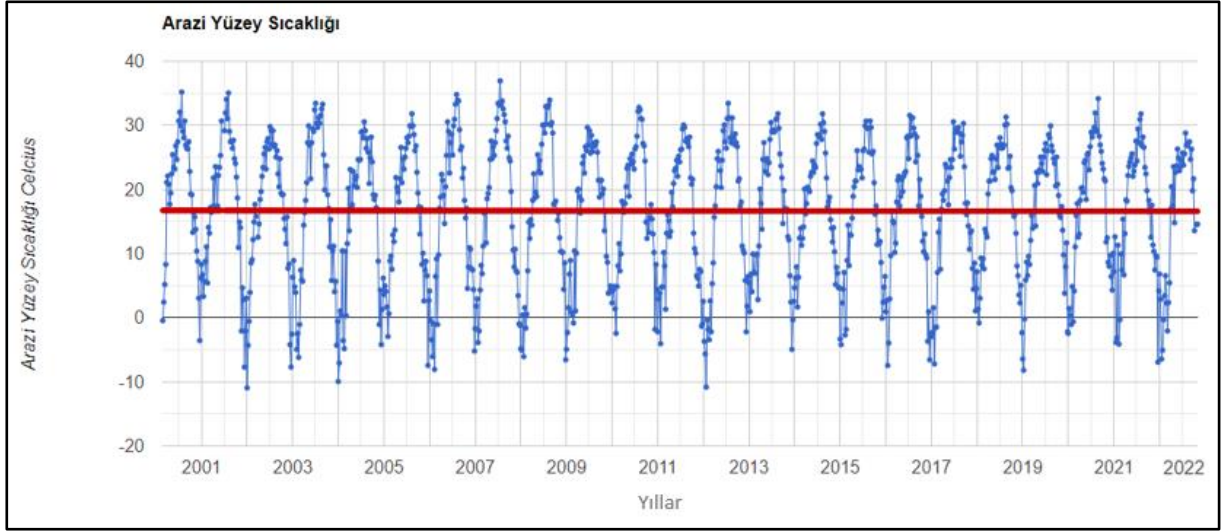
#### 5.4.4 Dördüncü Uygulamanın AYS Bulgularının değerlendirilmesi

Bu çalışmada MODIS uydusunun MOD11A1. 061 modülü kullanılarak 2000-2022 yılları arası Filyos Havzasının Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST\_Day\_1km) verileri elde edilmiştir. Çizelge 5.23’de elde edilen AYS değerlerinin yıllara ve aylara göre değişimi gösterilmiştir.

**Çizelge 5.23** Elde edilen AYS değerleri.

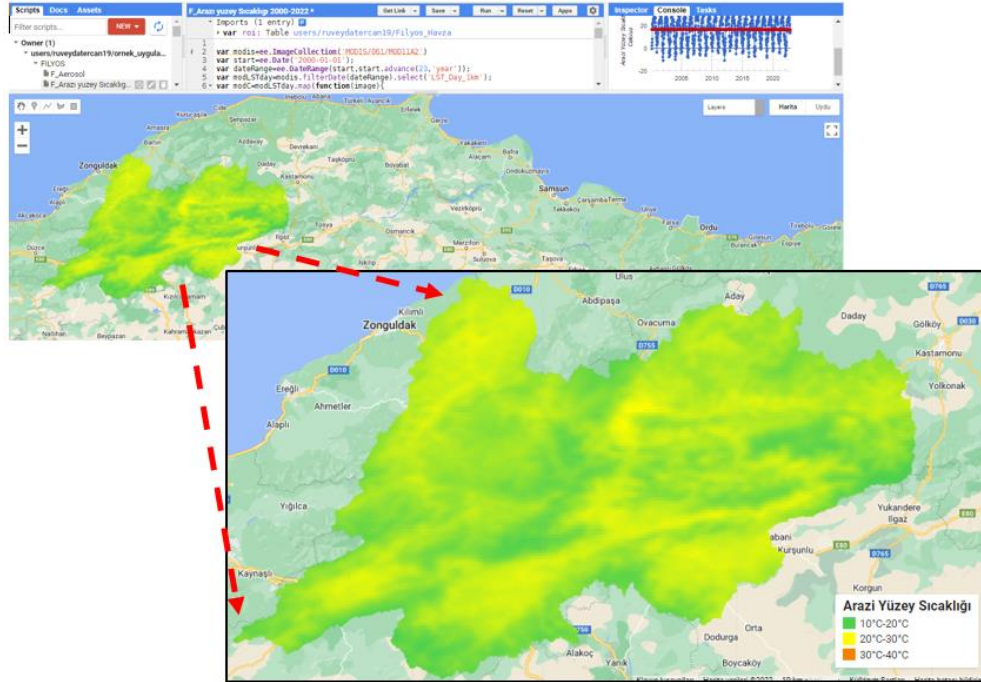
|      | Ocak         | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz       | Agustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Ort.  |
|------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------|--------------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2000 | -            | 9.26  | 20.01 | 23.78 | 25.53 | 31.97   | 28.69        | 25.75   | 17.06 | 13.30 | 3.63  | 24.44  | 20.31 |
| 2001 | 6.00         | 9.86  | 16.03 | 20.94 | 21.31 | 28.00   | 31.56        | 29.78   | 25.75 | 17.19 | 7.90  | -2.23  | 17.67 |
| 2002 | -2.96        | 11.19 | 15.35 | 17.58 | 24.40 | 26.22   | 28.81        | 26.19   | 21.78 | 17.95 | 12.20 | -1.52  | 16.43 |
| 2003 | 6.00         | -3.66 | 8.35  | 18.58 | 26.47 | 29.56   | 31.15        | 31.94   | 23.19 | 15.77 | 10.68 | 1.22   | 16.60 |
| 2004 | -3.91        | 3.11  | 11.40 | 19.31 | 21.76 | 23.56   | 29.16        | 27.34   | 24.59 | 18.90 | 10.47 | 1.90   | 15.63 |
| 2005 | 3.60         | 4.05  | 11.51 | 20.62 | 21.84 | 24.87   | 28.41        | 30.03   | 23.75 | 15.85 | 7.11  | 2.65   | 16.19 |
| 2006 | -1.44        | 1.66  | 11.16 | 20.96 | 22.75 | 26.89   | 29.89        | 32.97   | 24.50 | 16.98 | 8.53  | 3.57   | 16.53 |
| 2007 | -0.21        | 4.33  | 13.91 | 19.42 | 25.93 | 28.22   | <b>34.18</b> | 32.15   | 26.82 | 19.43 | 9.12  | 2.09   | 17.95 |
| 2008 | -3.88        | 1.95  | 14.26 | 19.75 | 22.40 | 26.06   | 30.50        | 32.50   | 23.72 | 16.65 | 12.36 | 4.15   | 16.70 |
| 2009 | 0.28         | 2.33  | 10.34 | 18.42 | 22.54 | 27.34   | 27.31        | 27.09   | 21.88 | 20.27 | 12.08 | 4.37   | 16.19 |
| 2010 | 3.22         | 5.52  | 13.31 | 18.23 | 22.72 | 24.24   | 28.37        | 31.81   | 23.34 | 14.12 | 15.41 | 5.27   | 17.13 |
| 2011 | 0.13         | 6.96  | 11.42 | 15.22 | 21.13 | 24.03   | 28.00        | 28.12   | 24.37 | 15.17 | 6.94  | 3.12   | 15.38 |
| 2012 | <b>-4.40</b> | -0.74 | 6.84  | 20.89 | 23.44 | 27.81   | 30.53        | 28.65   | 27.43 | 20.14 | 12.47 | 2.97   | 16.34 |
| 2013 | 4.31         | 8.44  | 11.00 | 18.77 | 24.87 | 26.19   | 29.09        | 30.84   | 21.43 | 17.90 | 12.07 | -0.06  | 17.07 |
| 2014 | 5.12         | 11.00 | 15.70 | 19.41 | 22.22 | 24.28   | 28.84        | 29.78   | 20.72 | 16.01 | 10.34 | 6.04   | 17.45 |
| 2015 | -0.19        | 2.87  | 12.10 | 18.31 | 22.93 | 22.95   | 28.24        | 28.90   | 25.56 | 15.00 | 11.43 | 3.39   | 15.96 |
| 2016 | -1.94        | 11.09 | 13.67 | 19.97 | 21.10 | 25.44   | 28.97        | 28.44   | 23.12 | 15.56 | 10.63 | -2.94  | 16.09 |
| 2017 | -2.72        | 4.34  | 14.79 | 20.69 | 21.06 | 25.84   | 28.56        | 27.78   | 25.04 | 16.10 | 11.30 | 4.65   | 16.45 |
| 2018 | 2.69         | 8.57  | 14.71 | 22.48 | 23.09 | 25.43   | 27.03        | 29.62   | 23.06 | 17.35 | 11.00 | 2.15   | 17.27 |
| 2019 | -2.24        | 8.28  | 14.63 | 19.20 | 22.93 | 24.53   | 26.03        | 27.69   | 23.62 | 18.61 | 14.11 | 5.31   | 16.89 |
| 2020 | -0.44        | 4.87  | 14.84 | 19.59 | 22.39 | 25.21   | 28.93        | 31.12   | 26.31 | 22.07 | 10.24 | 7.63   | 17.73 |
| 2021 | 3.21         | 4.20  | 10.66 | 19.58 | 24.60 | 24.08   | 28.03        | 28.34   | 20.56 | 15.89 | 11.67 | 4.09   | 16.24 |
| 2022 | -0.46        | 3.00  | 5.67  | 20.48 | 21.87 | 23.97   | 25.96        | 27.13   | 23.12 | 14.06 | 14.59 | -      | 16.31 |

Çizelge 5.23 değerlendirildiğinde, 2000-2022 yılları arası elde edilen yıllık ortalama arazi yüzey sıcaklığı 16.81°C dir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AYS ortalamasının 20.31°C ile 2000 yılında, yıllık en düşük AYS ortalamasının ise 15.38°C ile 2011 yılında hesaplandığı görülmüştür. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek arazi yüzey sıcaklığı değerinin 34.18°C ile 2007 yılının Temmuz ayında, en düşük AYS değerinin -4.40 °C ile 2012 yılının Ocak ayında olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen verilere göre 2000-2022 yılları arası aylık ortalama AYS zaman serisi grafiği Şekil 5.32’de gösterilmiştir.



Şekil 5.32 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama AYS zaman serisi grafiği.

AYS zaman serisi grafiği incelendiğinde, değerlerde zamanla artış ve azalışlar yaşandığı görülmektedir. Bölgedeki AYS değerlerinin 35 °C gibi yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Ancak bu değeri kurak toprak sıcaklık seviyelerine göre düşük bir değerdedir. Grafikte belirtilen trend çizgisinin 22 yıl boyunca sabit düzeyde kaldığı görülmektedir. Bu durum gelecekte kuraklığın nedenleri arasında olmayacağını göstermektedir. Şekil 5.33’de GEE ile elde edilen 2000-2022 yılları arası ortalama AYS haritası gösterilmiştir.



Şekil 5.33 2000-2022 yılları arası ortalama AYS haritası.

İlgili haritalar değerlendirildiğinde bölgede kuraklığa neden olabilecek bir tehdit oluşmadığı, 22 yılın ortalamasının iklim değişimine etki edecek büyüklükte sıcaklık farkı oluşturmadığı, haritanın genelinde 10°C ve 20°C arası sıcaklığın hâkim olduğu görülmektedir.

#### 5.4.5 Dördüncü Uygulamanın AOD Bulgularının değerlendirilmesi

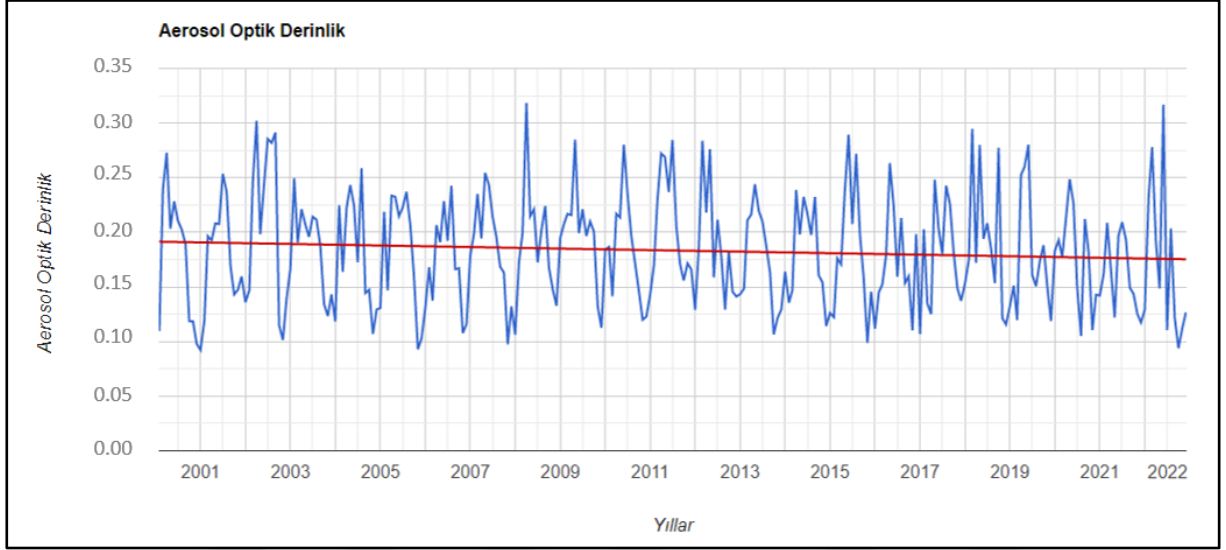
Çalışmada MODIS MOD08\_M3.061 Terra modülü kullanılarak uydulardan elde edilen veriler ile havadaki zararlı madde yoğunluklarının yıllara göre atmosfer verileri incelenmiştir. 2000-2022 yılları arası Filyos Havzasında görülen AOD değerleri Çizelge 5.24’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.24** Elde edilen AOD değerleri.

|             | Ocak        | Şubat | Mart | Nisan       | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|-------------|-------|------|-------------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|------|
| <b>2000</b> | -           | 0.11  | 0.24 | 0.27        | 0.20  | 0.23    | 0.21   | 0.20    | 0.19  | 0.12 | 0.12  | 0.10   | 0.18 |
| <b>2001</b> | <b>0.09</b> | 0.12  | 0.20 | 0.19        | 0.21  | 0.21    | 0.25   | 0.24    | 0.17  | 0.14 | 0.15  | 0.16   | 0.18 |
| <b>2002</b> | 0.14        | 0.15  | 0.25 | <b>0.30</b> | 0.20  | 0.24    | 0.29   | 0.28    | 0.29  | 0.11 | 0.10  | 0.14   | 0.21 |
| <b>2003</b> | 0.17        | 0.25  | 0.19 | 0.22        | 0.21  | 0.20    | 0.21   | 0.21    | 0.19  | 0.13 | 0.12  | 0.14   | 0.19 |
| <b>2004</b> | 0.12        | 0.22  | 0.16 | 0.22        | 0.24  | 0.22    | 0.17   | 0.26    | 0.14  | 0.15 | 0.11  | 0.13   | 0.18 |
| <b>2005</b> | 0.13        | 0.22  | 0.15 | 0.23        | 0.23  | 0.21    | 0.22   | 0.24    | 0.21  | 0.16 | 0.09  | 0.10   | 0.18 |
| <b>2006</b> | 0.13        | 0.17  | 0.14 | 0.21        | 0.19  | 0.23    | 0.19   | 0.24    | 0.17  | 0.17 | 0.11  | 0.12   | 0.17 |
| <b>2007</b> | 0.18        | 0.20  | 0.24 | 0.19        | 0.25  | 0.24    | 0.21   | 0.20    | 0.17  | 0.16 | 0.10  | 0.13   | 0.19 |
| <b>2008</b> | 0.11        | 0.17  | 0.20 | 0.32        | 0.21  | 0.22    | 0.17   | 0.20    | 0.22  | 0.17 | 0.15  | 0.13   | 0.19 |
| <b>2009</b> | 0.20        | 0.21  | 0.22 | 0.22        | 0.28  | 0.20    | 0.22   | 0.20    | 0.21  | 0.20 | 0.13  | 0.11   | 0.20 |
| <b>2010</b> | 0.18        | 0.19  | 0.14 | 0.22        | 0.21  | 0.28    | 0.24   | 0.20    | 0.17  | 0.15 | 0.12  | 0.12   | 0.18 |
| <b>2011</b> | 0.14        | 0.17  | 0.23 | 0.27        | 0.27  | 0.24    | 0.28   | 0.21    | 0.17  | 0.16 | 0.17  | 0.17   | 0.21 |
| <b>2012</b> | 0.13        | 0.19  | 0.28 | 0.22        | 0.28  | 0.16    | 0.21   | 0.18    | 0.13  | 0.18 | 0.15  | 0.14   | 0.19 |
| <b>2013</b> | 0.14        | 0.15  | 0.21 | 0.22        | 0.24  | 0.22    | 0.21   | 0.19    | 0.16  | 0.11 | 0.12  | 0.13   | 0.18 |
| <b>2014</b> | 0.16        | 0.14  | 0.15 | 0.24        | 0.20  | 0.23    | 0.22   | 0.20    | 0.23  | 0.16 | 0.15  | 0.11   | 0.18 |
| <b>2015</b> | 0.13        | 0.12  | 0.18 | 0.17        | 0.24  | 0.29    | 0.21   | 0.27    | 0.20  | 0.16 | 0.10  | 0.15   | 0.18 |
| <b>2016</b> | 0.11        | 0.15  | 0.15 | 0.18        | 0.26  | 0.22    | 0.16   | 0.21    | 0.15  | 0.16 | 0.11  | 0.20   | 0.17 |
| <b>2017</b> | 0.11        | 0.20  | 0.13 | 0.13        | 0.25  | 0.20    | 0.18   | 0.24    | 0.23  | 0.18 | 0.15  | 0.14   | 0.18 |
| <b>2018</b> | 0.15        | 0.17  | 0.29 | 0.17        | 0.28  | 0.19    | 0.21   | 0.18    | 0.15  | 0.28 | 0.12  | 0.12   | 0.19 |
| <b>2019</b> | 0.13        | 0.15  | 0.12 | 0.25        | 0.26  | 0.28    | 0.16   | 0.15    | 0.17  | 0.19 | 0.15  | 0.12   | 0.18 |
| <b>2020</b> | 0.18        | 0.19  | 0.18 | -           | 0.25  | 0.23    | 0.15   | 0.11    | 0.21  | 0.18 | 0.11  | 0.14   | 0.18 |
| <b>2021</b> | 0.14        | 0.16  | 0.21 | -           | 0.12  | 0.20    | 0.21   | 0.19    | 0.15  | 0.14 | 0.13  | 0.12   | 0.16 |
| <b>2022</b> | 0.13        | 0.23  | 0.28 | 0.19        | 0.15  | 0.32    | 0.11   | 0.20    | 0.12  | 0.09 | 0.11  | 0.13   | 0.17 |

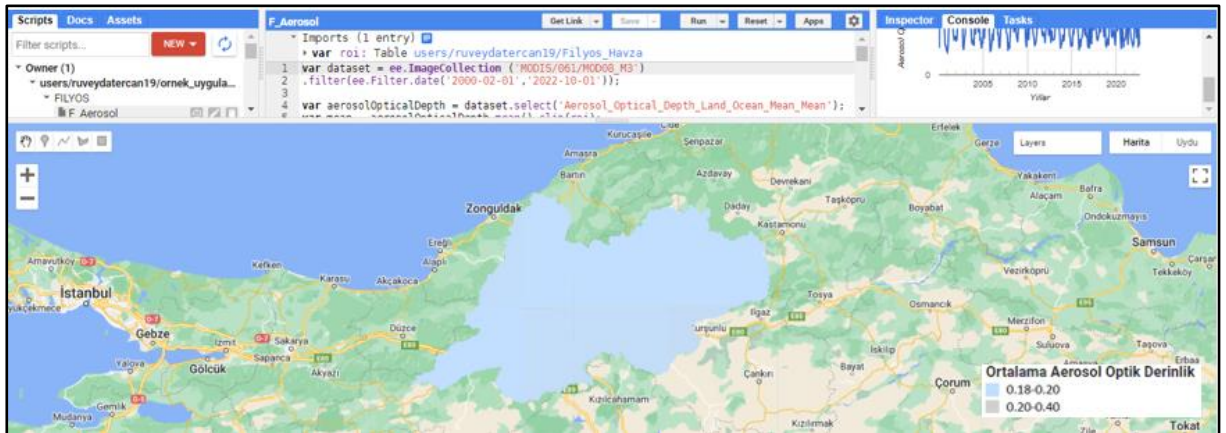
Çizelge değerlendirildiğinde; 2000 ve 2022 yılları AOD ortalamasının 0.18 değerinde olduğu saptanmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AOD ortalamasının 0.21 ile 2002 ve 2011 yıllarında, yıllık en düşük AOD ortalamasının ise 0.16 ile

2021 yılında hesaplandığı görülmektedir. Genel ortalama değerlerin Türkiye ortalama değerlerine yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek AOD değerinin 0.30 ile 2002 yılının Nisan ayında, en düşük AOD değerinin 0.09 ile 2001 yılının Ocak ayında saptanmıştır. Bu değerlerin oluşmasında sera gazlarının etkili olduğu düşünülmektedir. Şekil 5.'de Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama AOD zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.34 Filyos Havzası 2000-2022 yılları ortalama AOD zaman serisi grafiği.

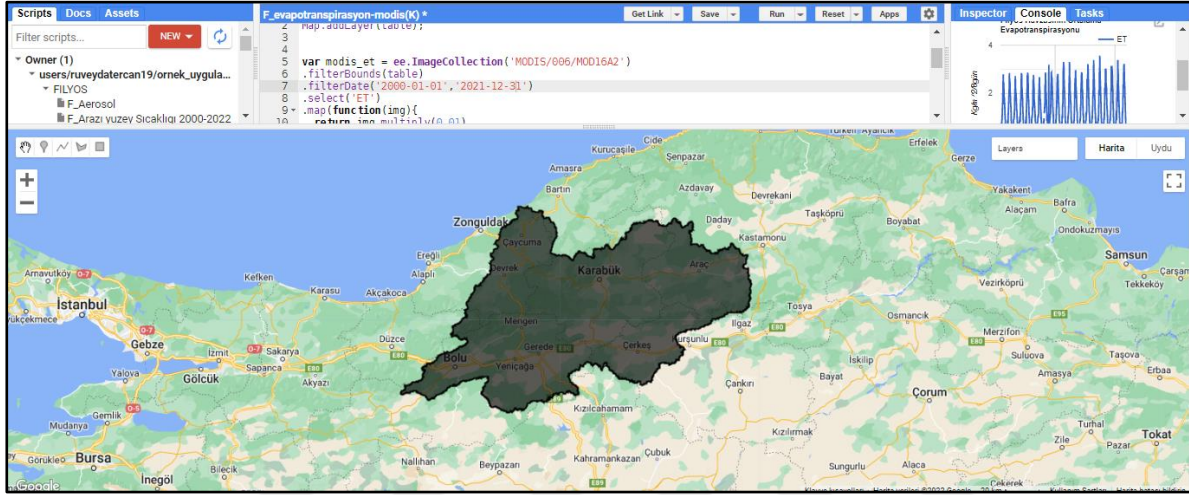
2000-2022 yılları arası ortalama AOD zaman grafiği incelendiğinde, AOD değerinin fazlaca değişim yaratmadığı, zaman içerisinde trend çizgisinin düşüş yönünde olduğu bu durumda gelecekte Filyos Havzasının havadaki partikül madde açısından düşük değerlerde seyredeceği öngörülmüştür. Şekil 5.35'de 2000-2022 yılları arası ortalama AOD haritası gösterilmiştir.



Şekil 5.35 2000-2022 yılları arası ortalama AOD haritası.

#### 5.4.6 Dördüncü Uygulama; AET Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Filyos havzasının gerçek evapotranspirasyon değerleri analiz edilmiştir. AET değeri, bitkiler ve su yüzeylerindeki gerçek terleme ve buharlaşmayı ifade ettiğinden elde edilen değerlere bakılarak iklim üzerinde ne kadar etkili olduğu incelenmiştir. Bu verilerin uzaktan algılama teknolojileri sayesinde kolaylıkla elde edildiği görülmüştür. GEE ile elde edilen AET değerleri çalışma alanı görseli Şekil 5.36’da gösterilmiştir.



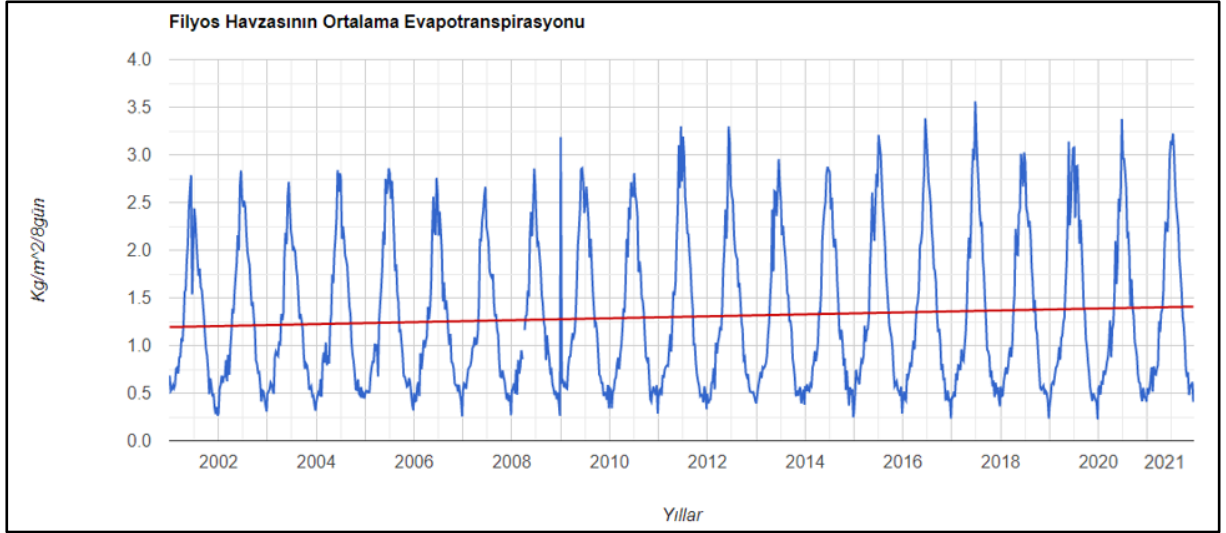
Şekil 5.36 GEE kod platformunda elde edilen dördüncü uygulama alanı AET değerleri.

Çalışmada 2001-2021 yılları arası elde edilen AET değerleri; yaz aylarında artarken, kış aylarında azalma göstermiştir. Çizelge 5.25’de MODIS verilerinden elde edilen AET değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.25** MODIS verilerinden elde edilen AET değerleri.

|      | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|--------|
| 2001 | 0.58 | 0.67  | 0.89 | 1.28  | 2.00  | 2.32    | 2.19   | 1.68    | 1.20  | 0.71 | 0.51  | 0.30   | 14.32  |
| 2002 | 0.53 | 0.70  | 0.80 | 1.28  | 1.82  | 2.51    | 2.40   | 1.83    | 1.33  | 0.79 | 0.51  | 0.41   | 14.91  |
| 2003 | 0.54 | 0.62  | 0.94 | 1.20  | 1.88  | 2.48    | 2.03   | 1.58    | 1.17  | 0.79 | 0.55  | 0.41   | 14.18  |
| 2004 | 0.46 | 0.71  | 0.88 | 1.27  | 1.92  | 2.65    | 2.32   | 1.82    | 1.17  | 0.65 | 0.54  | 0.49   | 14.89  |
| 2005 | 0.51 | 0.70  | 0.95 | 1.13  | 1.92  | 2.71    | 2.63   | 1.83    | 1.20  | 0.75 | 0.60  | 0.45   | 15.37  |
| 2006 | 0.48 | 0.69  | 0.99 | 1.26  | 1.94  | 2.43    | 2.18   | 1.49    | 1.15  | 0.80 | 0.56  | 0.44   | 14.41  |
| 2007 | 0.56 | 0.74  | 0.98 | 1.06  | 1.99  | 2.47    | 1.94   | 1.55    | 1.11  | 0.69 | 0.52  | 0.42   | 14.03  |
| 2008 | 0.54 | 0.69  | 0.86 | 1.34  | 2.02  | 2.53    | 2.09   | 1.50    | 1.02  | 0.73 | 0.52  | 0.40   | 14.26  |
| 2009 | 1.25 | 0.62  | 0.98 | 1.18  | 2.08  | 2.71    | 2.48   | 1.86    | 1.24  | 0.76 | 0.53  | 0.46   | 16.15  |
| 2010 | 0.49 | 0.66  | 0.89 | 1.30  | 2.04  | 2.54    | 2.57   | 1.73    | 1.20  | 0.80 | 0.50  | 0.47   | 15.18  |
| 2011 | 0.50 | 0.72  | 0.91 | 1.25  | 1.92  | 2.94    | 2.79   | 2.03    | 1.24  | 0.71 | 0.48  | 0.45   | 15.95  |
| 2012 | 0.44 | 0.63  | 1.02 | 1.39  | 2.19  | 2.93    | 2.31   | 1.78    | 1.19  | 0.74 | 0.53  | 0.47   | 15.60  |
| 2013 | 0.53 | 0.73  | 0.90 | 1.49  | 2.36  | 2.66    | 2.25   | 1.70    | 1.14  | 0.63 | 0.52  | 0.44   | 15.34  |
| 2014 | 0.55 | 0.62  | 0.87 | 1.24  | 2.09  | 2.75    | 2.50   | 1.95    | 1.21  | 0.89 | 0.55  | 0.46   | 15.69  |
| 2015 | 0.55 | 0.70  | 0.99 | 1.21  | 2.20  | 2.51    | 3.00   | 2.13    | 1.34  | 0.93 | 0.58  | 0.46   | 16.62  |
| 2016 | 0.44 | 0.73  | 0.93 | 1.41  | 2.11  | 3.00    | 2.71   | 1.97    | 1.32  | 0.81 | 0.51  | 0.40   | 16.34  |
| 2017 | 0.47 | 0.73  | 0.85 | 1.17  | 2.04  | 3.09    | 2.79   | 2.05    | 1.16  | 0.76 | 0.57  | 0.46   | 16.16  |
| 2018 | 0.53 | 0.74  | 0.95 | 1.71  | 2.18  | 2.89    | 2.50   | 1.99    | 1.28  | 0.73 | 0.54  | 0.42   | 16.47  |
| 2019 | 0.50 | 0.71  | 0.94 | 1.21  | 2.24  | 2.66    | 2.79   | 2.25    | 1.40  | 0.84 | 0.47  | 0.38   | 16.38  |
| 2020 | 0.56 | 0.69  | 1.00 | 1.20  | 1.88  | 2.74    | 2.85   | 1.92    | 1.36  | 0.79 | 0.50  | 0.47   | 15.95  |
| 2021 | 0.55 | 0.69  | 0.88 | 1.29  | 2.04  | 2.72    | 3.00   | 2.24    | 1.46  | 0.82 | 0.54  | 0.51   | 16.75  |

Çalışmada elde edilen verilere göre bölgedeki buharlaşma ve terleme; en fazla toplam AET değeri 16.75 kg/m<sup>2</sup>/8gün ile 2021 yılında, en az toplam AET değeri ise 14.03 kg/m<sup>2</sup>/8gün ile 2007 gerçekleşmiştir. 2000-2021 yılları arası toplam AET ortalaması ise 15.47 'dir. En fazla buharlaşma ve terleme 3.09 kg/m<sup>2</sup>/8gün ile 2017 yılında, en az terleme ve buharlaşma 0.30 kg/m<sup>2</sup>/8gün ile 2001 yılında görülmüştür. Bu değerlerin bölgedeki iklim değişimine neden olabilecek bir sonuç doğurmadığı tespit edilmiştir. Şekil 5.37'de Filyos Havzasında 2001-2021 yılları arasında MODIS evapotranspirasyon verilerine göre AET'nin zamansal değişimi gösterilmiştir.



**Şekil 5.37** Filyos Havzası 2001-2021 yılları ortalama AET zaman serisi grafiği.

Çalışmada 2001-2021 yılları arası elde edilen AET değerleri zaman grafiği incelendiğinde iklim değişimine neden olabilecek çok fazla sapma göstermemektedir. Zaman içerisinde trend çizgisinin artış yönünde olduğu bu durumun ise gelecekte bölgedeki bitki örtüsü ve su yüzeylerinde artış yaşanabileceği öngörülmektedir.

#### **5.4.7 Dördüncü Uygulamanın Taşkın ve Sel Bulgularının değerlendirilmesi**

11 Ağustos 2021 tarihinde Batı Karadeniz bölümünde yaşanan aşırı yağış, sel, taşkın ve heyelanlar en çok Kastamonu, Sinop ve Bartın illerinde etkili olmuştur. Bir sene sonra 27 Haziran 2022 tarihinde de yine aynı bölgede aşırı yağışlar sebebi ile sel ve taşkın olayı meydana gelmiş Kastamonu, Zonguldak, Düzce, Bolu, Karabük ve Bartın illeri selden etkilenmiştir.

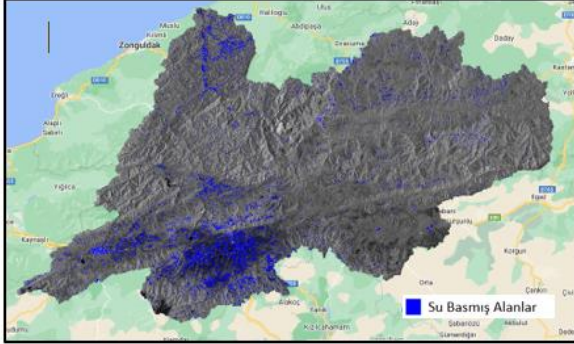
Bu çalışmada taşkın ve selden etkilenen alanları gösteren bir harita oluşturmak amaçlanmıştır. Sel olayından önce ve sonra alınan uydu görüntüleri karşılaştırılarak su basmış alanlar belirlenmiştir. Bu çalışmayla Batı Karadeniz bölümünde etkili olan sel ve taşkın olaylarının Filyos havzasındaki etkisi incelenmiştir. Şekil 5.38’de 11 Ağustos 2021 tarihinde yaşanan taşkın ve sel olayının selden önce, selden sonra, selden sonra su basmış alanları ve ne kadarlık alanı kapladığı gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

### Sonuçlar

**Tarihleri arası sel durumu:**

**2021-08-10 ve 2021-08-22**

**Tahmini sel boyutu:**

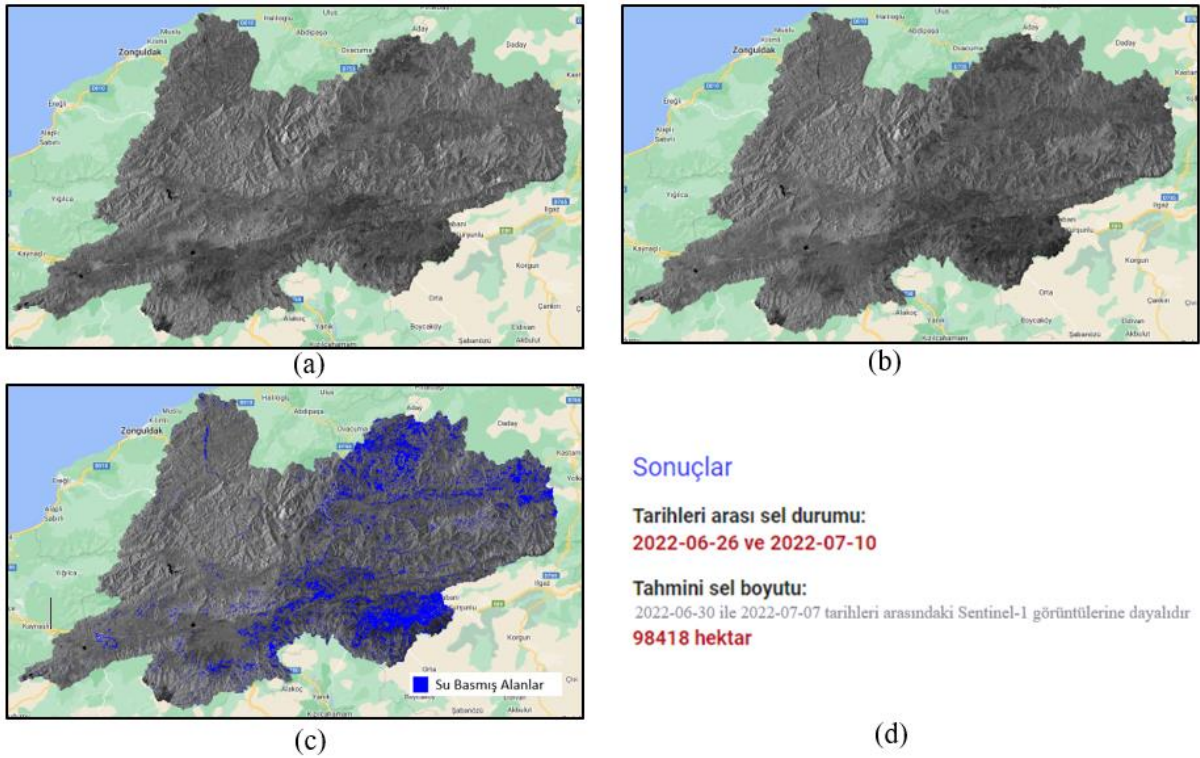
2021-08-10 ile 2021-08-21 tarihleri arasındaki Sentinel-1 görüntülerine dayalıdır

**57559 hektar**

(d)

**Şekil 5.38** 11 Ağustos 2021 tarihinde yaşanan taşkın ve sel olayı (a) selden önce (b) selden sonra (c) selden sonra su basmış alanlar ve (d) sel boyutu.

11 Ağustos 2021 tarihinde Batı Karadeniz bölümünde yaşanan aşırı yağış, sel, taşkın ve heyelanların Filyos havzasının güneybatı kesiminde etkili olduğu, çok net belirli olmasa da su basmış alanların bölgede genel yayılım gösterdiği ve değerinin 57559 hektara karşılık geldiği belirlenmiştir. Şekil 5.4.7.2’de 27 Haziran 2022 tarihinde yaşanan taşkın ve sel olayının selden önce, selden sonra, selden sonra su basmış alanları ve ne kadarlık alanı kapladığı gösterilmiştir.



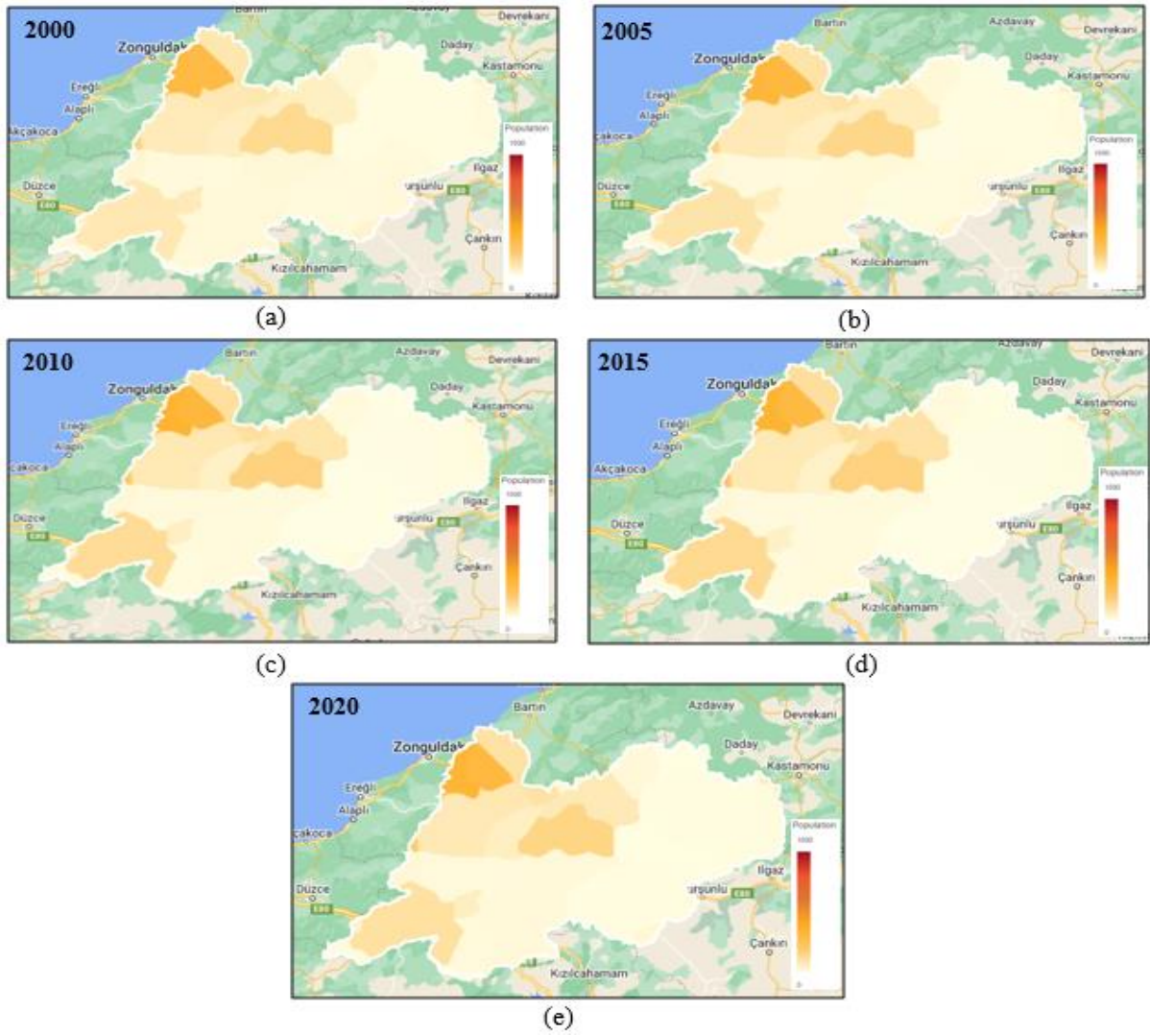
**Şekil 5.39** 27 Haziran 2022 tarihinde yaşanan taşkın ve sel olayı (a) selden önce (b) selden sonra (c) selden sonra su basmış alanlar ve (d) sel boyutu.

27 Haziran 2022 tarihinde yine aynı bölgede yaşanan aşırı yağış, sel, taşkın ve heyelanların Filyos havzasının güneydoğu ve kuzeydoğu kesimlerinde etkili olduğu, diğer bölgelerde de küçük çaplı yaşandığı görülmüştür. Bu değerlerinde 98418 hektara karşılık geldiği belirlenmiştir. Olası taşkın ve sel olaylarında acil müdahalede bulunmak, tahliyeler hakkında karar vermek, meydana gelen zararın boyutunu hesaplamak ve afetzedeler için yardım sağlamak, taşkın haritalamasının önemini her geçen gün artırmaktadır.

#### 5.4.8 Dördüncü Uygulamanın Nüfus Verileri Bulgularının değerlendirilmesi

Türkiye'nin nüfus yoğunluğu 1927 yılında 17.5 kişi/km<sup>2</sup>, 2020 yılında 106,7 kişi/km<sup>2</sup> olmuş ve 2100 yılında 207.6 kişi/km<sup>2</sup>, 2200 yılında 210.8 kişi/km<sup>2</sup> olacağı yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir. Türkiye'de yaşanan nüfus artışı doğru planlanmadığı takdirde birçok olumsuz durum meydana getirecektir. İklim, çevre, tarım arazileri, sağlık, iletişim, ekonomi, doğa olayları gibi alanlarda büyük yaşamsal sorunlara neden olacağı öngörülmektedir. Aşırı şehirleşme çalışmaları tarım arazilerini imara açma durumuna neden olmaktadır (Dinçel 2022)

Filyos Havzası 2000-2005-2010-2015-2020 yıllarına ait nüfus verileri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler NASA tarafından sağlanan GPWv411 ürününden elde edilmiştir. 2000-2005-2010-2015-2020 yıllarına ait popülasyon haritası Şekil 5.40'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.40** (a) 2000, (b) 2005, (c) 2010, (d) 2015 ve (e) 2020 yılları popülasyon haritaları.

Popülasyon haritaları incelendiğinde, Zonguldak ve çevre illerde şehir merkezlerine doğru nüfusun arttığı, şehir merkezlerinden uzaklaştıkça nüfusun azaldığı görülmektedir. Çalışmada GEE ile elde edilen 2000-2005-2010-2015-2020 yılları toplam nüfus sayıları değerleri Çizelge 5.26’da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.26** 2000-2005-2010-2015-2020 yılları toplam nüfus sayıları.

| Yıl  | Toplam nüfus |
|------|--------------|
| 2000 | 699.587      |
| 2005 | 737.431      |
| 2010 | 765.451      |
| 2015 | 804.988      |
| 2020 | 807.889      |

2000-2005-2010-2015-2020 yılları toplam nüfus sayıları incelendiğinde zamanla nüfusun arttığı görülmüştür. Nüfusun artması ile birlikte kentsel alanlar artış gösterirken, kırsal azalış göstermektedir. Bu durumda kentsel alanlardaki artışa paralel sanayileşmede artış yaşanmaktadır. Sanayileşmenin artması atmosferdeki temiz hava kalitesini azaltacağından iklim değişimi üzerinde nüfus artışı olumsuz etkilere neden olmaktadır.

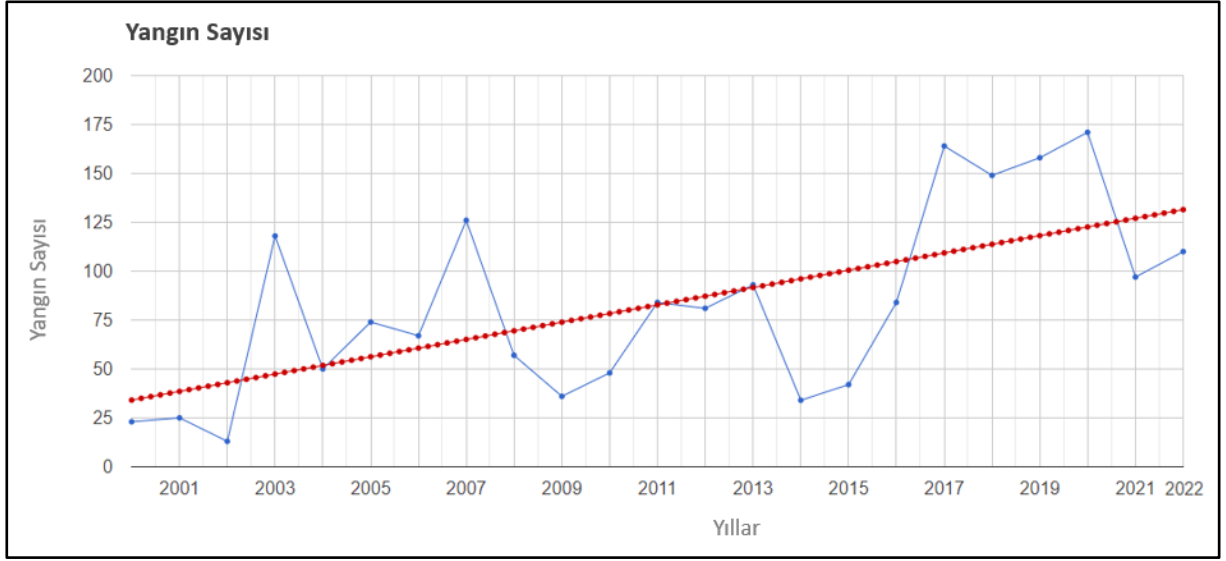
#### 5.4.9 Dördüncü Uygulamanın Yangın Sayısına İlişkin Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmada öncelikle GEE platformu kullanılarak yıllara göre yangın sayıları tespit edilmiştir. Böylelikle hangi yılda ne kadar sayıda yangın olduğu saptanmıştır. Çizelge 5.27’de 2000-2022 yılları arası GEE ile elde edilen yangın sayıları gösterilmiştir.

**Çizelge 5.27** 2000-2022 yılları arası elde edilen yangın sayıları.

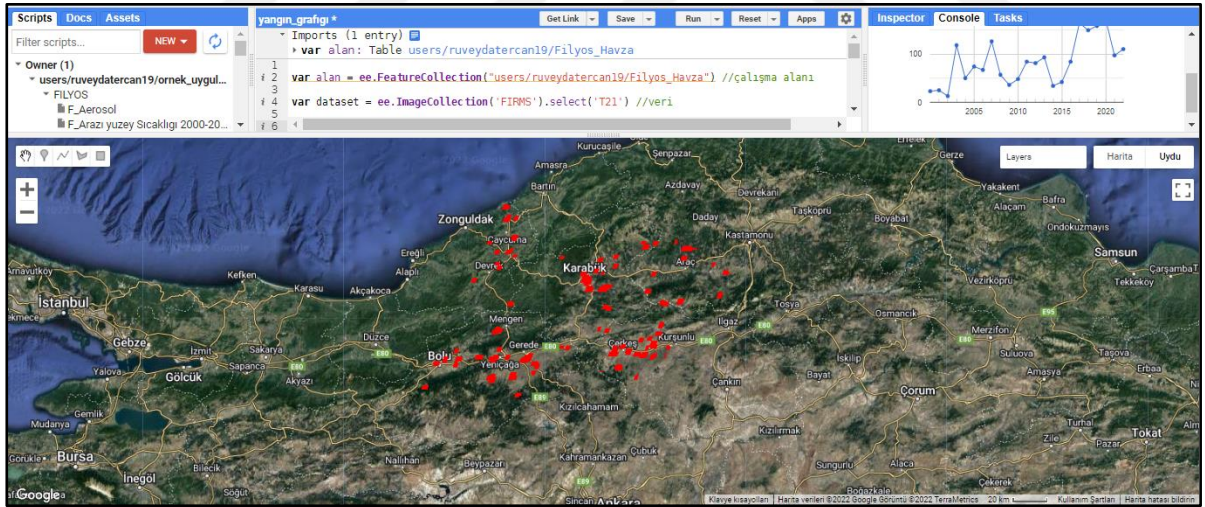
| Yıllar | Yangın Sayısı | Yıllar | Yangın Sayısı |
|--------|---------------|--------|---------------|
| 2000   | 23            | 2012   | 81            |
| 2001   | 25            | 2013   | 93            |
| 2002   | 13            | 2014   | 34            |
| 2003   | 118           | 2015   | 42            |
| 2004   | 50            | 2016   | 84            |
| 2005   | 74            | 2017   | 164           |
| 2006   | 67            | 2018   | 149           |
| 2007   | 126           | 2019   | 158           |
| 2008   | 57            | 2020   | 171           |
| 2009   | 36            | 2021   | 97            |
| 2010   | 48            | 2022   | 110           |
| 2011   | 84            |        |               |

22 yıllık süreçte bölgede meydana gelen yangın sayıları belirlenmiştir. En çok yangın 171 sayı ile 2020 yılında yaşanırken, en az yangın 13 sayı ile 2002 yılında yaşanmıştır. Şekil 5.41’de Filyos Havzasının 2000-2022 yılları arası yangın sayısı zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.41 Filyos Havzası 2000-2022 yılları arası yangın sayısı zaman serisi grafiği.

22 yıllık yangın sayısı zaman serisi grafiği incelendiğinde, son yıllarda yangın sayılarının arttığı tespit edilmiştir. Trend çizgisinin artış yönünde olması gelecekte oluşabilecek yangınlar için daha çok tedbir almamız gerektiğini bizlere göstermektedir. Şekil 5.42 ile GEE ile 2000-2022 yılları arası toplam yangın sayıları ve yangınlarının yaşandığı alanlar tespit edilmiştir.

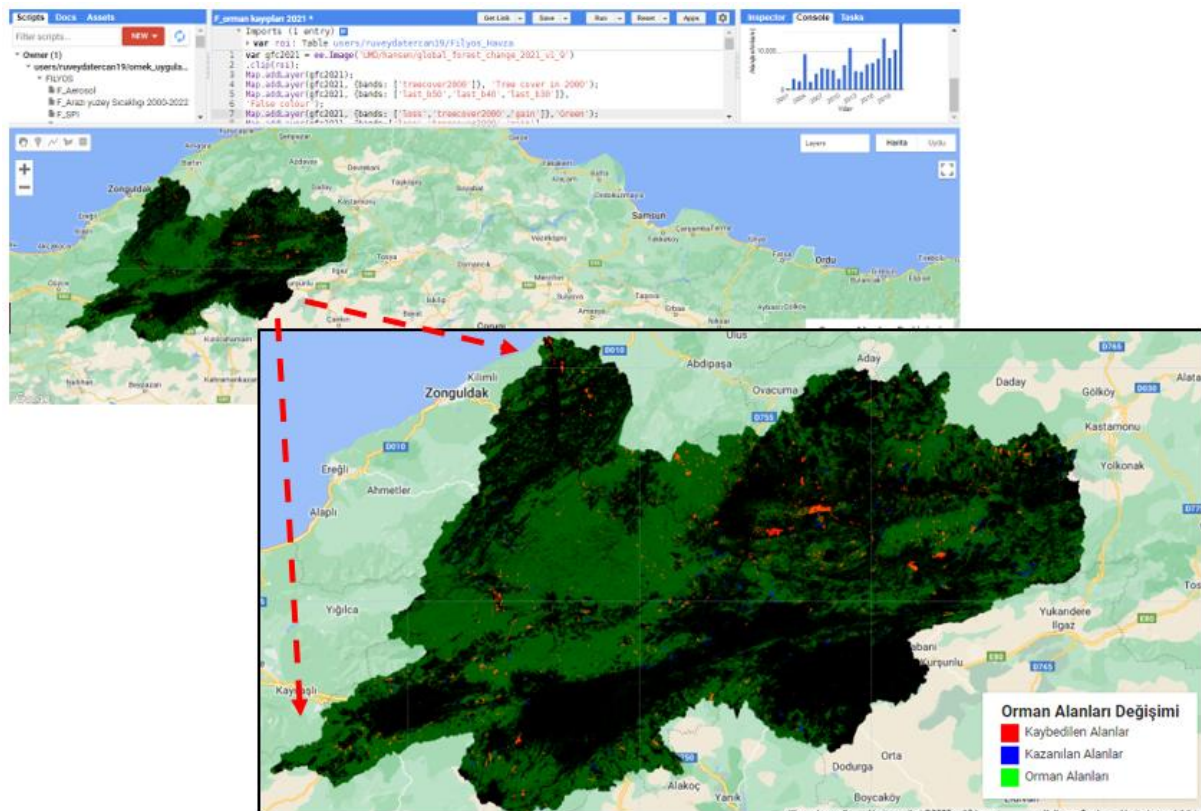


Şekil 5.42 2000-2022 yılları arası toplam yangın sayısı haritası.

Yangın sayılarından oluşturulan harita incelendiğinde yangınların daha çok ilçe merkezlerine yakın yerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeninin ise ihmal, kaza, bilgisizlik gibi konulardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

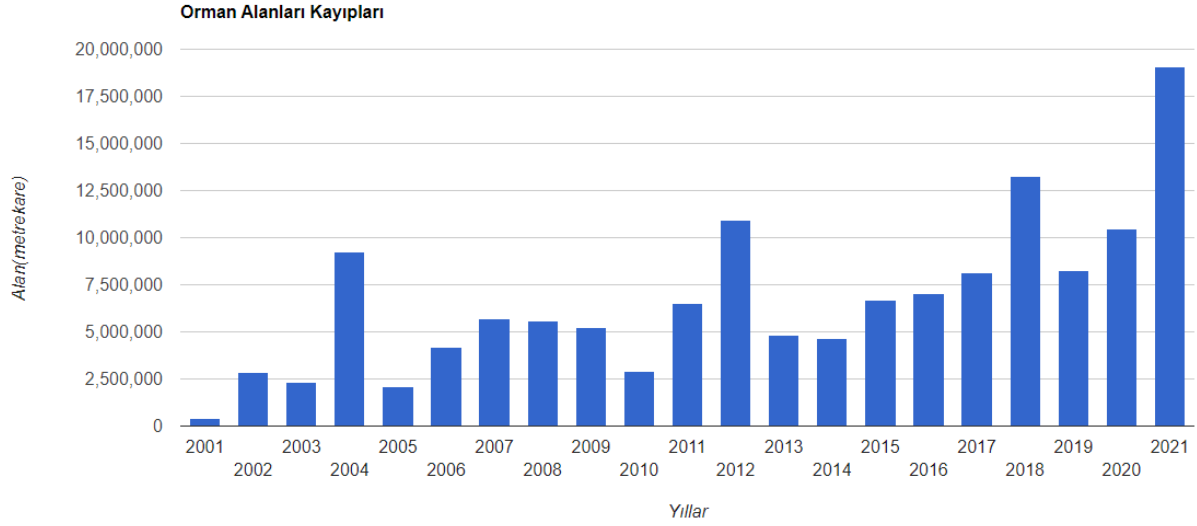
#### 5.4.10 Dördüncü Uygulamanın Orman Alanları Kayıplarına ilişkin Bulgularının değerlendirilmesi

Küresel orman kapsamını ve değişimini analiz etmede Hansen Küresel Orman Değişimi çalışmasından yararlanılmıştır. Landsat uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen zaman serisi analizi ile orman alanlarındaki değişimler incelenmiştir. Şekil 5.43 Filyos Havzası 2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.43** Filyos Havzası 2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası.

2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası incelendiğinde, kayıpların daha çok Karabük ilinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.44’de Filyos havzası 2001-2021 yıllarına ait orman alanı kayıpları zaman serisi gösterilmiştir.



**Şekil 5.44** Filyos Havzası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları grafiği.

Orman alanı kayıpları zaman serisi grafiği incelendiğinde, zamanla artış yönünde dalgalanmalar yaşandığı görülmüştür. Son yıllarda bu kayıpların yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Çizelge 5.28’de Filyos Havzası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları gösterilmiştir.

**Çizelge 5.28** Filyos Havzası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları (hektar).

| Yıllar                            | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Orman Alanları Kayıpları (hektar) | 39   | 285  | 231  | 927  | 212  | 418  | 571  |
| Yıllar                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Orman Alanları Kayıpları (hektar) | 560  | 523  | 289  | 654  | 1091 | 484  | 465  |
| Yıllar                            | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Orman Alanları Kayıpları (hektar) | 668  | 705  | 813  | 1326 | 826  | 1048 | 1908 |

Çalışma sonuçlarına göre yıllık baz da orman alanı kayıpları incelendiğinde 2001-2021 yılları arası en büyük kayıp 1908 hektar ile 2021 yılında, en az orman alanı kayıpları ise 39 hektar ile 2001 yılında görülmüştür. Bölgede meydana gelen orman kayıplarının nedeninin izinsiz kesilen ve tahrip edilen ağaçlardan olduğu veya bilerek ya da istem dışı olarak, insanların çeşitli etkinlikleri sonucu meydana geldiği öngörülmektedir.

## 5.5 BEŞİNCİ UYGULAMAYA İLİŞKİN BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Datça yarımadasına yönelik bitki indeksleri ile orman alanlarına etki eden veri kaynakları kullanılıp orman alanı kayıplarının analizi sağlanmış ve orman yangınlarının yaşandığı alan üzerinde sınıflandırma çalışması gerçekleştirilmiştir.

### 5.5.1 Beşinci Uygulamanın SVI Ve EVI Bulgularının Değerlendirilmesi

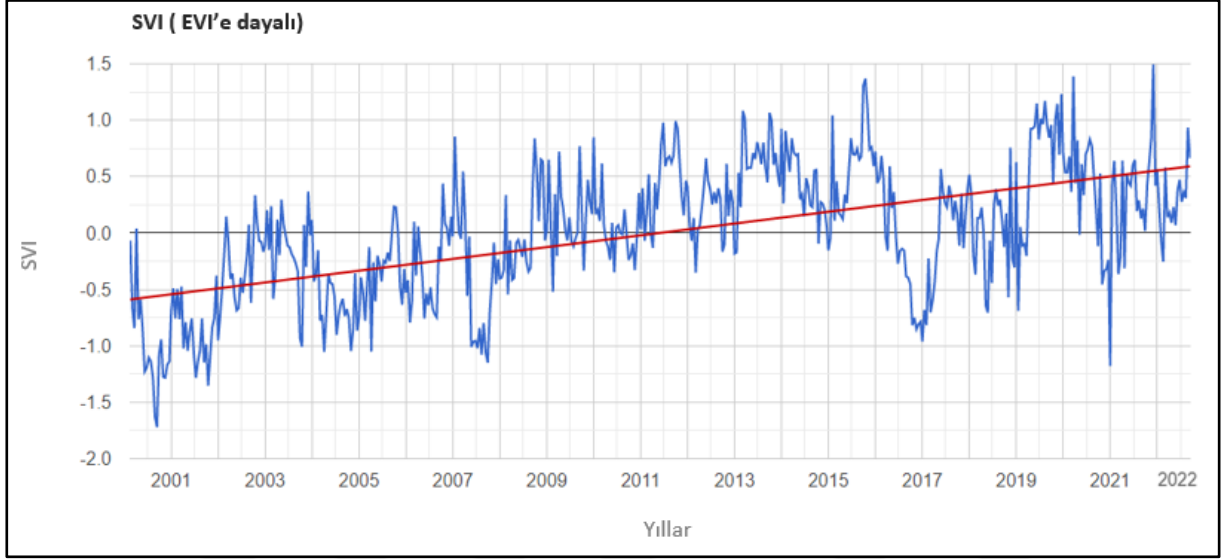
Belirli zaman aralığında bitki örtüsü üzerinde yaşanan ortalama değişimler ve kuraklık hakkında gerekli tedbirlerin alınabilmesi için MODIS uydusunun Terra bitki örtüsü indeksleri kullanılarak 2000-2022 yılları arası SVI ve EVI indeks değerleri elde edilmiştir. Çizelge 5.29'da Elde edilen SVI İndeksi değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.29** Elde edilen SVI İndeksi değerleri.

|      | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Ort.  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2000 | -     | -0.07 | -0.74 | -0.35 | -0.70 | -1.19   | -1.11  | -1.45   | -1.71 | -1.11 | -1.28 | -1.15  | -0.99 |
| 2001 | -0.59 | -0.63 | -0.61 | -0.89 | -0.94 | -0.89   | -1.20  | -0.89   | -1.06 | -1.35 | -0.96 | -0.57  | -0.88 |
| 2002 | -0.84 | -0.33 | 0.05  | -0.37 | -0.61 | -0.51   | -0.44  | -0.04   | -0.37 | 0.33  | 0.01  | -0.12  | -0.27 |
| 2003 | 0.04  | 0.04  | -0.47 | -0.03 | 0.20  | -0.05   | -0.14  | -0.23   | -0.62 | -1.01 | -0.11 | 0.17   | -0.18 |
| 2004 | -0.16 | -0.26 | -0.74 | -0.87 | -0.39 | -0.49   | -0.80  | -0.59   | -0.69 | -0.90 | -0.86 | -0.61  | -0.61 |
| 2005 | -0.57 | -0.65 | -0.27 | -0.65 | -0.39 | -0.33   | -0.24  | -0.19   | 0.13  | 0.23  | -0.24 | -0.48  | -0.31 |
| 2006 | -0.47 | -0.70 | -0.12 | -0.05 | -0.56 | -0.57   | -0.56  | -0.72   | -0.17 | 0.44  | 0.07  | 0.02   | -0.28 |
| 2007 | 0.41  | 0.16  | 0.27  | -0.21 | -0.51 | -0.94   | -0.92  | -0.93   | -1.09 | -0.69 | -0.26 | -0.34  | -0.42 |
| 2008 | -0.40 | 0.01  | -0.29 | -0.40 | -0.07 | -0.15   | -0.14  | -0.30   | 0.63  | 0.34  | 0.65  | 0.29   | 0.01  |
| 2009 | 0.33  | -0.23 | 0.09  | 0.53  | 0.13  | 0.05    | -0.08  | 0.01    | 0.51  | -0.33 | 0.30  | 0.22   | 0.13  |
| 2010 | 0.51  | 0.16  | 0.36  | -0.09 | -0.07 | -0.13   | 0.05   | 0.13    | -0.11 | -0.20 | -0.21 | 0.16   | 0.05  |
| 2011 | 0.22  | 0.06  | 0.27  | 0.16  | 0.34  | 0.90    | 0.64   | 0.69    | 0.85  | 0.93  | 0.47  | 0.31   | 0.49  |
| 2012 | 0.24  | 0.03  | -0.14 | 0.15  | 0.54  | 0.44    | 0.32   | 0.37    | 0.09  | 0.26  | 0.15  | 0.33   | 0.23  |
| 2013 | -0.18 | 0.38  | 1.07  | 0.58  | 0.64  | 0.75    | 0.68   | 0.73    | 0.77  | 1.00  | 0.66  | 0.47   | 0.63  |
| 2014 | 0.59  | 0.81  | 0.71  | 0.71  | 0.50  | 0.26    | 0.47   | 0.27    | 0.58  | -0.09 | 0.27  | 0.13   | 0.43  |
| 2015 | -0.10 | 0.58  | 0.33  | 0.14  | 0.31  | 0.72    | 0.71   | 0.74    | 1.01  | 1.37  | 0.92  | 0.68   | 0.62  |
| 2016 | 0.58  | 0.58  | 0.24  | 0.22  | 0.30  | -0.13   | -0.13  | -0.25   | -0.41 | -0.78 | -0.85 | -0.80  | -0.12 |
| 2017 | -0.82 | -0.52 | -0.63 | -0.29 | 0.26  | 0.34    | 0.34   | 0.25    | 0.24  | -0.11 | 0.11  | 0.28   | -0.05 |
| 2018 | 0.43  | -0.29 | 0.15  | 0.12  | -0.66 | -0.23   | 0.34   | 0.30    | 0.01  | 0.17  | 0.09  | -0.27  | 0.01  |
| 2019 | -0.03 | -0.03 | -0.13 | 0.66  | 0.93  | 1.01    | 1.01   | 1.11    | 0.92  | 0.45  | 1.15  | 0.96   | 0.67  |
| 2020 | 0.62  | 0.61  | 0.90  | 0.63  | 0.30  | 0.54    | 0.80   | 0.68    | 0.07  | 0.04  | -0.34 | -0.28  | 0.38  |
| 2021 | -0.38 | 0.44  | -0.27 | 0.17  | 0.49  | 0.53    | 0.44   | 0.25    | 0.14  | 0.43  | 0.73  | 1.50   | 0.37  |
| 2022 | 0.40  | -0.16 | 0.36  | 0.14  | 0.15  | 0.43    | 0.32   | 0.62    | 0.66  | -     | -     | -      | 0.32  |

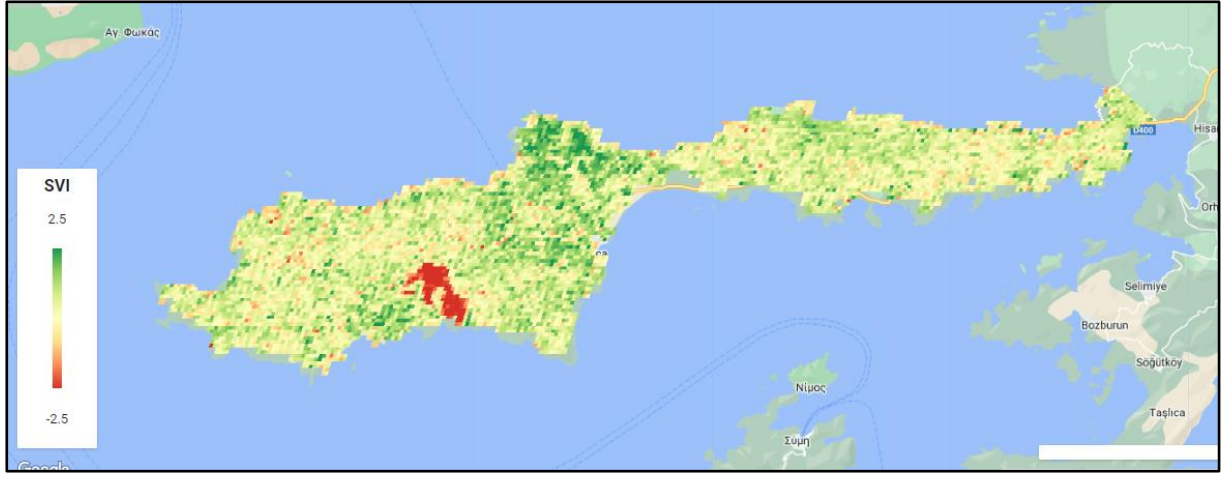
Çizelge değerlendirildiğinde; 2000 ve 2022 yılları SVI ortalamasının 0.01 değerinde olduğu saptanmıştır. Bu değer bölgede kuraklığın yaşanmadığını göstermektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek SVI ortalamasının 0.67 ile 2019 yılında, yıllık en düşük SVI ortalamasının ise -0.99 ile 2000 yılında hesaplandığı görülmektedir.

Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisindeki aylar göz önüne alındığında en yüksek SVI değeri 1.50 ile 2021 yılının Aralık ayında, en düşük SPI değeri ise -1.71 ile 2000 yılının Eylül ayında saptanmıştır. Bu değerlerin yüksek ve düşük çıkmasının nedeninin bölgede yaşanan ani iklim değişiminden veya meydana gelen yangınlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 5.45’de Datça yarımadası 2000–2022 yılları ortalama SVI İndeksi zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



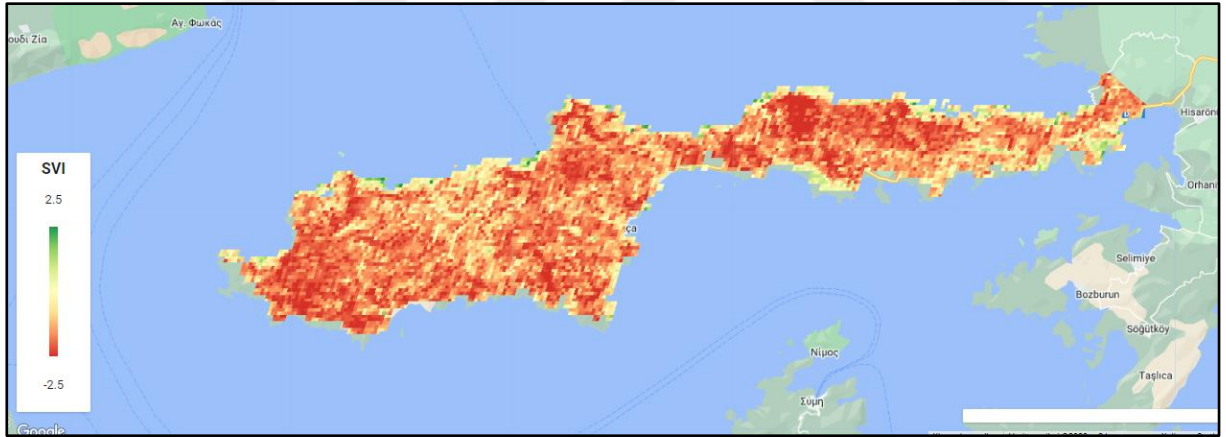
**Şekil 5.45** 2000–2022 yılları arası SVI İndeksi zaman serisi grafiği.

SVI İndeksi zaman serisi grafiği incelendiğinde, SVI İndeksinin sıfırın altına düştüğü değerler kuraklığın varlığını, kuraklık şiddeti seviyelerini ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler kuraklığın yaşanmadığını gösterir. Grafikteki trend çizgisine bakıldığında artış yönünde olduğu, bu durum ise gelecekte bölgede yaşanabilecek herhangi bir kuraklığın olmayacağını göstermektedir. Şekil 5.46’da GEE aracılığı ile elde edilen 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası SVI İndeksi haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.46** GEE arayüzünde 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası SVI İndeksi haritası.

Harita incelendiğinde, Datça bölgesinin genelinde iklim değişikliğine neden olabilecek bir kuraklığın yaşanmadığı ancak 13 Temmuz 2022 tarihinde meydana gelen orman yangını sonucu yangının yaşandığı alanda aşırı kuraklığın görüldüğü saptanmıştır. Şekil 5.47’de 2000-2022 yılları arası en düşük ortalamaya sahip olduğu 2000.09.13 - 2000.09.29 tarihli SVI İndeksi haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.47** SVI İndeksinin 2000-2022 yılları arası en düşük ortalamaya sahip olduğu 2000.09.13 - 2000.09.29 tarihli harita.

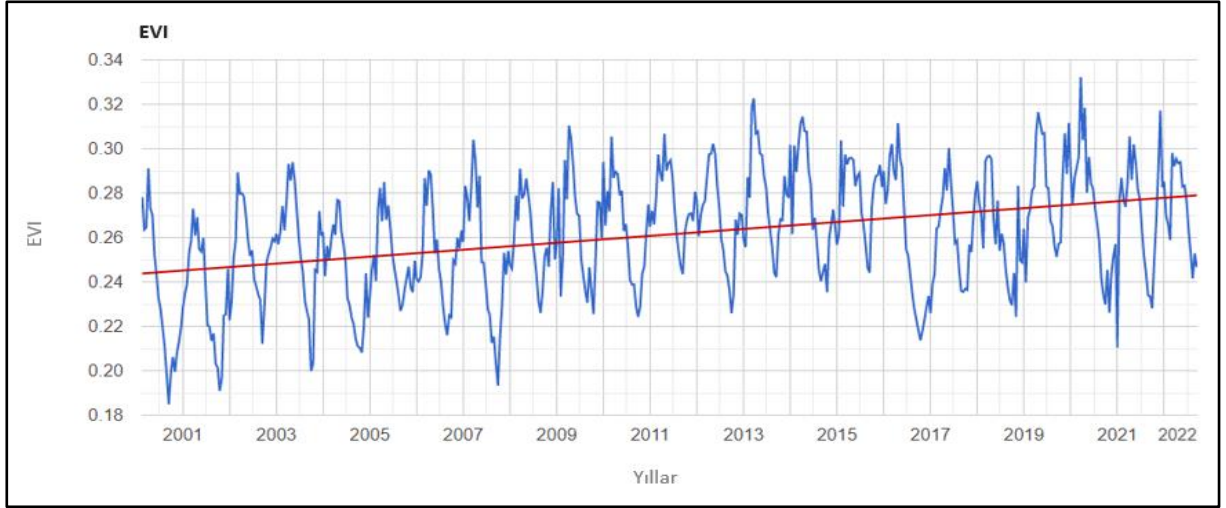
SVI İndeksinde oluşan eksili değerler bitki örtüsü eksikliğini doğrulamaktadır. Bu eksiklik ormansızlaşma ve çıplak arazi varlığından kaynaklanabilir. SVI değerleri yağış, sel, orman yangınları, bilinçsiz otlatma ve insan faaliyetlerinden etkilenebilir (Veneros and García 2021). Harita incelendiğinde, belirtilen tarihler arası kuraklığın yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin ani gelişen hava olayları veya bilinçsizce yapılan insan faaliyetlerinden olduğu düşünülmektedir.

Datça bölgesindeki bitki gelişimlerini değerlendirmek için MODIS'in Terra bitki örtüsü indeksleri kullanılarak 2000-2022 yılları arası EVI değerleri elde edilmiştir. Bu değerler ile arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimlerine etki eden, atmosferik etkileri azaltarak; bitki örtüsü gelişimi, bitkilerin biyokütle miktarı, kuraklık, yaprak alan İndeksi ve verim hakkında yorum yapılabilmektedir. Çalışmada EVI değerleri ilkbahar aylarında artış gösterirken yaz aylarında azalış göstermiştir. Çizelge 5.30'da elde edilen EVI İndeksi değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.30** Elde edilen EVI İndeksi değerleri.

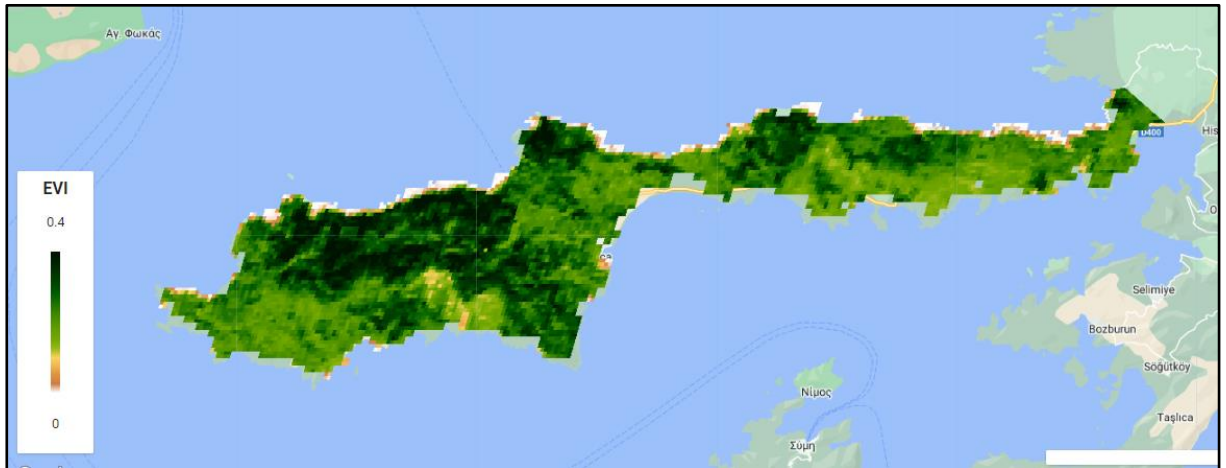
|             | Ocak | Şubat | Mart        | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül       | Ekim        | Kasım | Aralık | Ort. |
|-------------|------|-------|-------------|-------|-------|---------|--------|---------|-------------|-------------|-------|--------|------|
| <b>2000</b> | -    | 0.28  | 0.26        | 0.28  | 0.26  | 0.24    | 0.22   | 0.20    | <b>0.19</b> | 0.20        | 0.21  | 0.22   | 0.23 |
| <b>2001</b> | 0.23 | 0.25  | 0.27        | 0.27  | 0.25  | 0.25    | 0.22   | 0.22    | 0.20        | <b>0.19</b> | 0.21  | 0.24   | 0.23 |
| <b>2002</b> | 0.23 | 0.26  | 0.28        | 0.28  | 0.26  | 0.25    | 0.24   | 0.23    | 0.22        | 0.25        | 0.25  | 0.26   | 0.25 |
| <b>2003</b> | 0.26 | 0.27  | 0.27        | 0.29  | 0.29  | 0.27    | 0.25   | 0.23    | 0.21        | 0.20        | 0.25  | 0.27   | 0.25 |
| <b>2004</b> | 0.25 | 0.25  | 0.26        | 0.27  | 0.27  | 0.25    | 0.23   | 0.22    | 0.21        | 0.21        | 0.22  | 0.23   | 0.24 |
| <b>2005</b> | 0.24 | 0.25  | 0.28        | 0.28  | 0.27  | 0.26    | 0.24   | 0.23    | 0.23        | 0.24        | 0.24  | 0.24   | 0.25 |
| <b>2006</b> | 0.24 | 0.25  | 0.28        | 0.29  | 0.26  | 0.25    | 0.23   | 0.22    | 0.22        | 0.25        | 0.25  | 0.26   | 0.25 |
| <b>2007</b> | 0.27 | 0.27  | 0.29        | 0.28  | 0.27  | 0.24    | 0.23   | 0.21    | 0.20        | 0.22        | 0.24  | 0.25   | 0.25 |
| <b>2008</b> | 0.25 | 0.27  | 0.28        | 0.28  | 0.28  | 0.27    | 0.25   | 0.23    | 0.24        | 0.25        | 0.27  | 0.27   | 0.26 |
| <b>2009</b> | 0.27 | 0.24  | 0.29        | 0.31  | 0.29  | 0.27    | 0.25   | 0.23    | 0.24        | 0.23        | 0.26  | 0.27   | 0.26 |
| <b>2010</b> | 0.28 | 0.28  | 0.30        | 0.29  | 0.28  | 0.26    | 0.25   | 0.24    | 0.23        | 0.23        | 0.25  | 0.27   | 0.26 |
| <b>2011</b> | 0.27 | 0.27  | 0.29        | 0.30  | 0.29  | 0.29    | 0.27   | 0.25    | 0.25        | 0.27        | 0.27  | 0.27   | 0.27 |
| <b>2012</b> | 0.27 | 0.27  | 0.28        | 0.30  | 0.30  | 0.28    | 0.26   | 0.24    | 0.23        | 0.25        | 0.26  | 0.27   | 0.27 |
| <b>2013</b> | 0.26 | 0.28  | <b>0.32</b> | 0.31  | 0.30  | 0.29    | 0.27   | 0.25    | 0.25        | 0.27        | 0.28  | 0.28   | 0.28 |
| <b>2014</b> | 0.28 | 0.30  | 0.31        | 0.31  | 0.30  | 0.27    | 0.26   | 0.24    | 0.25        | 0.24        | 0.26  | 0.27   | 0.27 |
| <b>2015</b> | 0.26 | 0.29  | 0.30        | 0.30  | 0.29  | 0.29    | 0.27   | 0.25    | 0.26        | 0.28        | 0.29  | 0.29   | 0.28 |
| <b>2016</b> | 0.28 | 0.29  | 0.30        | 0.30  | 0.29  | 0.26    | 0.25   | 0.23    | 0.22        | 0.22        | 0.22  | 0.23   | 0.26 |
| <b>2017</b> | 0.23 | 0.25  | 0.27        | 0.28  | 0.29  | 0.28    | 0.26   | 0.24    | 0.24        | 0.24        | 0.26  | 0.28   | 0.26 |
| <b>2018</b> | 0.28 | 0.26  | 0.30        | 0.30  | 0.26  | 0.27    | 0.26   | 0.24    | 0.23        | 0.24        | 0.25  | 0.25   | 0.26 |
| <b>2019</b> | 0.25 | 0.27  | 0.28        | 0.31  | 0.31  | 0.30    | 0.27   | 0.26    | 0.25        | 0.26        | 0.30  | 0.30   | 0.28 |
| <b>2020</b> | 0.28 | 0.29  | 0.31        | 0.31  | 0.29  | 0.28    | 0.27   | 0.25    | 0.23        | 0.24        | 0.24  | 0.25   | 0.27 |
| <b>2021</b> | 0.24 | 0.28  | 0.28        | 0.30  | 0.30  | 0.28    | 0.26   | 0.24    | 0.23        | 0.25        | 0.28  | 0.30   | 0.27 |
| <b>2022</b> | 0.28 | 0.26  | 0.30        | 0.29  | 0.29  | 0.28    | 0.26   | 0.25    | 0.25        | -           | -     | -      | 0.27 |

Çalışmada elde edilen verilere göre 2000–2022 yılları arası en yüksek EVI değeri 0.32 ile 2013 yılında görülmektedir. Bu değer bölgede gelişmiş bitki yoğunluğunun ortalama yoğunlukta olduğunu göstermektedir. En düşük EVI değeri ise 0.19 ile 2000 ve 2001 yıllarında tespit edilmiştir. Bu değer bölgede gelişmiş bitki yoğunluğunun seyrek olduğunu göstermektedir. 22 yılın genel ortalamasına bakıldığında 0.26 gibi bir değerle karşılaşılmış ve bu değer de bölgedeki gelişmiş bitki yoğunluğunun ortalama yoğunlukta olduğunu göstermektedir. Şekil 5.48'de Datça yarımadasının 2000–2022 yılları ortalama EVI İndeksi zaman serisi grafiği gösterilmiştir.



**Şekil 5.48** 2000–2022 yılları arası EVI İndeksi zaman serisi grafiği.

2000-2022 yılları arası elde edilen EVI değerleri ile gelişmiş bitki örtüsü değerleri belirlenmiştir. İndeksin sıfırın altına düştüğü dönem gelişmiş bitki örtüsünün olmadığını yani kuraklığın yaşandığını veya çıplak arazinin olduğunu ifade ederken, sıfırın üzeri olduğu değerler gelişmiş bitki örtüsünün varlığını ve belirli değerlerden sonra yoğunlaştığını ifade eder. Grafikteki trend çizgisine bakıldığında artış yönünde olduğu ve bu durumun gelecekte bölgedeki gelişmiş bitki örtüsü varlığının artacağını, kuraklığın sebebi olmayacağını göstermiştir. Şekil 5.49’da 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası EVI İndeksi haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.49** GEE arayüzünde 2022.09.14 ila 2022.09.30 tarihleri arası EVI İndeksi haritası.

Harita incelendiğinde, gelişmiş bitki örtüsü varlığının kuzey kesimlerde yoğunlukta olduğu, bölgenin güneyine doğru yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Şekil 5.50’de 2000–2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası gösterilmiştir.

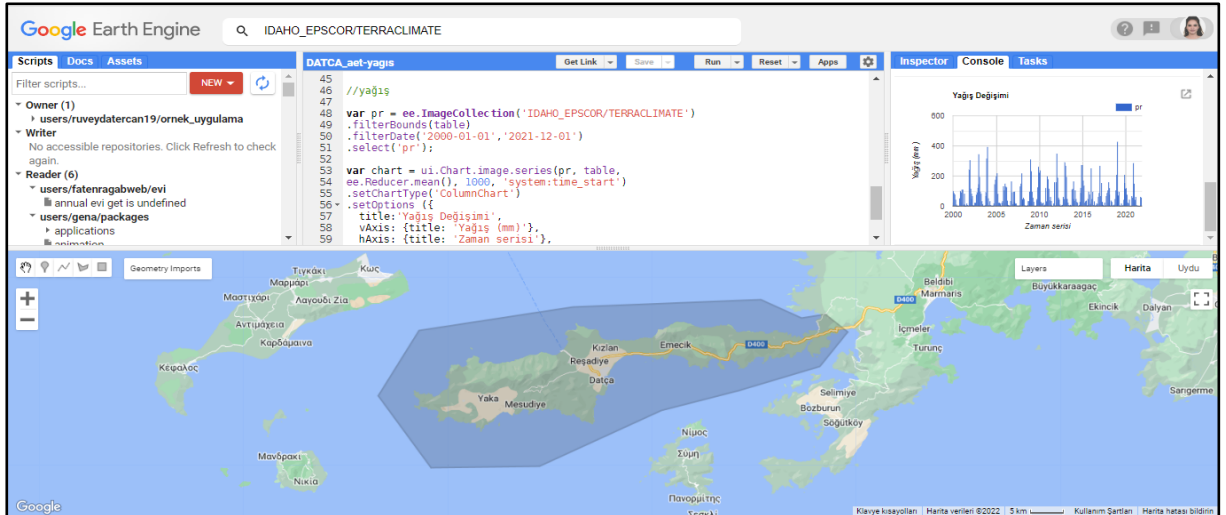


Şekil 5.50 2000–2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası.

2000-2022 yılları arası ortalama EVI İndeksi haritası incelendiğinde; EVI değerlerinin yarımadanın genelinde yüksek değerde olduğu görülmektedir. Denize kıyısı kesimlerde EVI değerlerinin azaldığı, kuraklık seviyelerine kadar indiği görülmektedir.

### 5.5.2 Beşinci Uygulamanın IDAHO verilerinden Elde Edilen Yağış ve AET Bulgularının değerlendirilmesi

Çalışmada IDAHO üniversitesinin TerraClimate verileri kullanılarak yağış ve evapotranspirasyon değerleri elde edilmiştir. Şekil 5.51 Yağış ve evapotranspirasyon indekslerinin GEE kod editörü gösterimi verilmiştir.



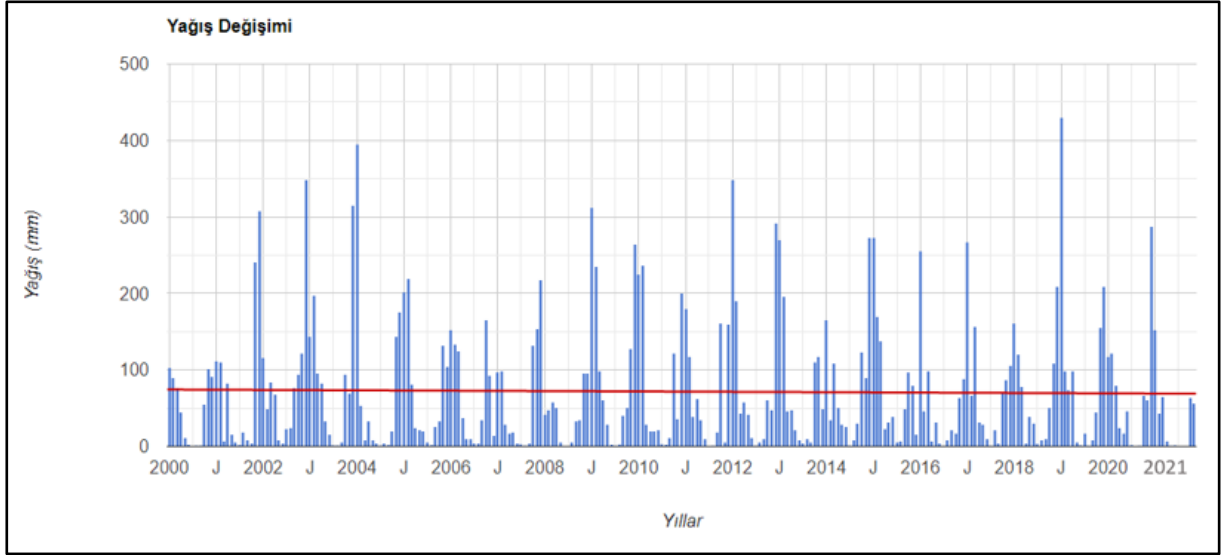
Şekil 5.51 Yağış ve evapotranspirasyon indekslerinin GEE kod editörü gösterimi.

2000-2021 yılları arasında yapılan çalışmalarda yağış değerleri bölgenin iklim özellikleri de göz önüne alındığında yaz aylarında oldukça düşüş göstermekte kış aylarında yükselmektedir. Çizelge 5.31’de mm’ ye düşen toplam yağış miktarları gösterilmiştir.

**Çizelge 5.31** IDAHO verilerinden elde edilen yağış değerleri.

|             | Ocak   | Şubat  | Mart   | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim   | Kasım  | Aralık | Toplam  |
|-------------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|
| <b>2000</b> | 103.46 | 89.86  | 76.78  | 45.33 | 11.19 | 2.61    | 0.06   | 1.14    | 1.15  | 54.64  | 101.21 | 91.88  | 579.30  |
| <b>2001</b> | 111.39 | 110.76 | 7.39   | 83.54 | 15.79 | 5.29    | 1.94   | 18.42   | 8.19  | 4.63   | 241.53 | 308.05 | 916.91  |
| <b>2002</b> | 115.66 | 49.51  | 83.60  | 68.86 | 9.32  | 4.15    | 23.87  | 24.58   | 77.17 | 93.94  | 121.49 | 348.64 | 1020.80 |
| <b>2003</b> | 144.30 | 197.39 | 96.45  | 82.70 | 33.10 | 16.46   | 1.44   | 1.21    | 5.96  | 94.14  | 70.37  | 315.30 | 1058.82 |
| <b>2004</b> | 395.73 | 53.59  | 8.72   | 33.45 | 8.00  | 4.10    | 1.03   | 4.12    | 2.02  | 20.29  | 143.95 | 176.50 | 851.50  |
| <b>2005</b> | 201.81 | 218.78 | 81.68  | 24.20 | 21.95 | 20.58   | 5.36   | 1.89    | 26.15 | 34.02  | 132.29 | 105.24 | 873.94  |
| <b>2006</b> | 152.38 | 133.44 | 125.39 | 38.48 | 9.60  | 10.17   | 4.65   | 4.32    | 34.49 | 165.91 | 93.09  | 15.21  | 787.12  |
| <b>2007</b> | 97.15  | 98.97  | 29.15  | 18.07 | 19.41 | 4.01    | 3.17   | 0.99    | 4.57  | 132.45 | 153.48 | 217.64 | 779.06  |
| <b>2008</b> | 42.55  | 48.24  | 57.79  | 50.81 | 6.19  | 0.22    | 0.29   | 6.28    | 33.92 | 35.44  | 95.66  | 95.90  | 473.29  |
| <b>2009</b> | 312.37 | 234.78 | 98.65  | 60.56 | 28.75 | 2.40    | 0.85   | 2.97    | 40.73 | 50.59  | 128.30 | 264.72 | 1225.68 |
| <b>2010</b> | 224.97 | 236.61 | 28.40  | 20.60 | 20.04 | 22.00   | 3.23   | 2.20    | 11.16 | 122.41 | 36.25  | 201.01 | 928.87  |
| <b>2011</b> | 180.61 | 117.91 | 39.24  | 62.32 | 35.27 | 10.32   | 0.31   | 0.89    | 19.55 | 161.91 | 5.47   | 160.30 | 794.11  |
| <b>2012</b> | 349.23 | 190.06 | 43.20  | 57.62 | 42.79 | 10.95   | 0.90   | 6.10    | 10.24 | 61.39  | 47.36  | 292.45 | 1112.28 |
| <b>2013</b> | 269.72 | 196.34 | 46.41  | 48.40 | 22.33 | 8.81    | 4.65   | 10.36   | 6.00  | 110.61 | 117.89 | 49.74  | 891.25  |
| <b>2014</b> | 165.25 | 34.20  | 108.35 | 50.77 | 28.98 | 26.53   | 1.11   | 8.12    | 30.81 | 123.97 | 89.81  | 273.56 | 941.45  |
| <b>2015</b> | 272.76 | 170.07 | 138.30 | 23.24 | 32.43 | 39.67   | 5.48   | 6.73    | 49.34 | 96.90  | 80.22  | 15.59  | 930.71  |
| <b>2016</b> | 255.34 | 46.46  | 98.72  | 7.92  | 31.79 | 4.29    | 0.65   | 8.92    | 21.18 | 16.87  | 63.31  | 89.39  | 644.83  |
| <b>2017</b> | 266.74 | 66.90  | 157.51 | 31.29 | 28.58 | 10.33   | 0.85   | 22.40   | 4.23  | 70.26  | 87.91  | 106.47 | 853.46  |
| <b>2018</b> | 160.72 | 120.80 | 77.92  | 4.06  | 38.89 | 30.96   | 3.54   | 8.59    | 10.69 | 50.68  | 108.70 | 208.66 | 824.19  |
| <b>2019</b> | 429.70 | 98.26  | 74.71  | 98.74 | 5.32  | 1.52    | 17.98  | 0.00    | 8.22  | 45.04  | 155.42 | 208.98 | 1143.90 |
| <b>2020</b> | 117.51 | 122.38 | 79.51  | 24.77 | 17.43 | 46.18   | 1.71   | 0.35    | 1.00  | 66.72  | 60.77  | 288.43 | 826.77  |
| <b>2021</b> | 152.41 | 43.26  | 65.50  | 7.66  | 0.00  | 1.45    | 0.04   | 0.10    | 0.16  | 63.78  | 56.68  | -      | 391.04  |

Çalışmada elde edilen verilere göre bölgede en az toplam yağış 391.04 mm ile 2021 yılında görülmüştür. En fazla toplam yağışın yaşandığı yıl ise 1225.68 mm ile 2009 yılıdır. 2000-2021 yılları arası toplam yağış ortalaması ise 856.79 mm ‘dir. 1991-2020 yılları arası Türkiye geneli yıllık ortalama alansal yağış miktarı 573.4 mm’dir (URL 31). Elde edilen yıllık ortalama alansal yağış miktarının Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu saptanmıştır. Şekil 5.52’de IDAHO aylık yağış verilerinden oluşan zaman serisi grafiği gösterilmektedir. 2000–2021 arasında verilen yıllık tahmini yağış grafiği aylık yağışların toplamından oluşturulmuştur.



**Şekil 5.52** IDAHO verilerinin 2000–2021 yılları arası yağış değişimi zaman serisi grafiği.

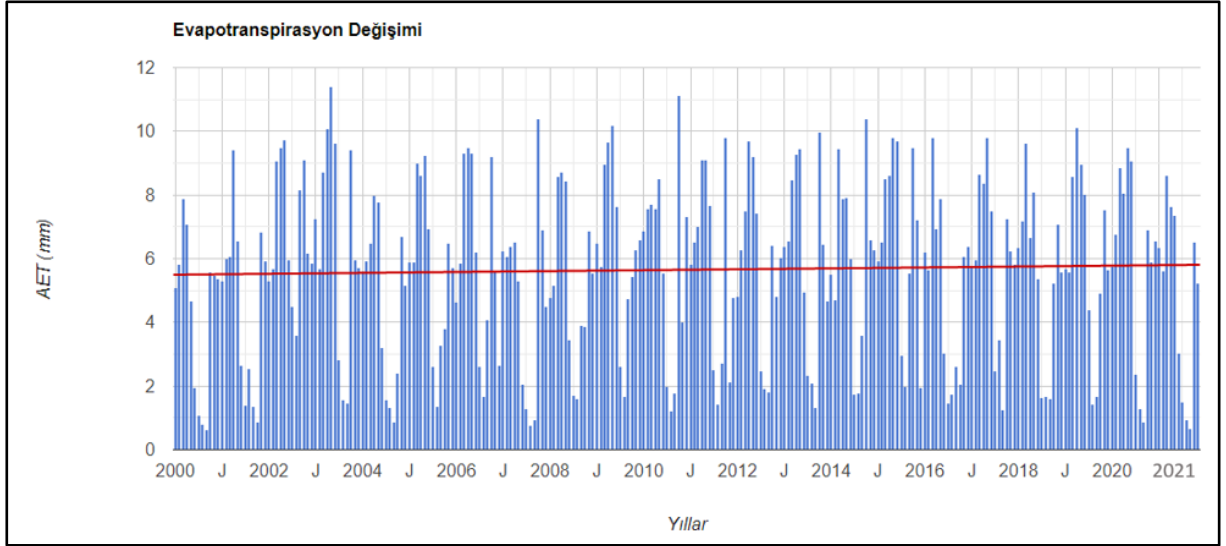
2000–2021 yılları arası yağış değişimi zaman grafiği incelendiğinde, yağış rejiminin düzensiz olduğu görülmüştür. Yağışın kış mevsiminde arttığı, yaz mevsiminde azaldığı görülmektedir. Trend çizgisi değerlendirildiğinde, yıllık baz da çok fazla sapmalar göstermediği yağışların her yıl dengeli bir şekilde devam ettiği görülmektedir.

AET değerlerine bakılarak bitkiler ve su yüzeyleri üzerindeki gerçek terleme ve buharlaşma hakkında yorum yapılabilir. Çalışmada aylık AET dağılımları incelendiğinde en yüksek AET değerlerinin Mart, Nisan ve Mayıs aylarında gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu da bitki örtüsünün sağlıklı bol yeşilliğin olduğu ve suyun fazla olduğu dönemi göstermektedir. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise kuraklık kendini gösterdiği için AET değerleri azalmaktadır. Çizelge 5.32’de IDAHO verilerinden elde edilen AET değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.32** IDAHO verilerinden elde edilen AET değerleri.

|             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs        | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül       | Ekim  | Kasım | Aralık | Toplam |
|-------------|------|-------|------|-------|--------------|---------|--------|---------|-------------|-------|-------|--------|--------|
| <b>2000</b> | 5.10 | 5.84  | 7.90 | 7.07  | 4.66         | 1.97    | 1.07   | 0.81    | <b>0.62</b> | 5.58  | 5.46  | 5.38   | 51.46  |
| <b>2001</b> | 5.30 | 6.02  | 6.08 | 9.43  | 6.57         | 2.67    | 1.41   | 2.56    | 1.34        | 0.87  | 6.84  | 5.92   | 54.99  |
| <b>2002</b> | 5.29 | 5.69  | 9.08 | 9.49  | 9.75         | 5.96    | 4.49   | 3.59    | 8.15        | 9.11  | 6.18  | 5.87   | 82.65  |
| <b>2003</b> | 7.25 | 5.67  | 8.71 | 10.09 | <b>11.41</b> | 9.62    | 2.83   | 1.56    | 1.46        | 9.43  | 5.96  | 5.74   | 79.72  |
| <b>2004</b> | 5.62 | 5.94  | 6.47 | 7.98  | 7.77         | 3.22    | 1.58   | 1.31    | 0.86        | 2.41  | 6.71  | 5.18   | 55.05  |
| <b>2005</b> | 5.90 | 5.90  | 9.01 | 8.62  | 9.24         | 6.96    | 2.60   | 1.37    | 3.28        | 3.80  | 6.49  | 5.71   | 68.88  |
| <b>2006</b> | 4.66 | 5.85  | 9.32 | 9.50  | 9.32         | 6.19    | 2.61   | 1.66    | 4.08        | 9.19  | 5.57  | 2.64   | 70.59  |
| <b>2007</b> | 6.24 | 6.08  | 6.38 | 6.53  | 5.31         | 2.05    | 1.30   | 0.75    | 0.93        | 10.39 | 6.92  | 4.50   | 57.37  |
| <b>2008</b> | 4.79 | 5.17  | 8.59 | 8.73  | 8.45         | 3.44    | 1.70   | 1.61    | 3.91        | 3.88  | 6.86  | 5.54   | 62.66  |
| <b>2009</b> | 6.50 | 5.75  | 8.95 | 9.65  | 10.17        | 7.63    | 2.63   | 1.67    | 4.76        | 5.43  | 6.29  | 6.59   | 76.03  |
| <b>2010</b> | 6.87 | 7.56  | 7.71 | 7.57  | 8.50         | 5.55    | 2.00   | 1.23    | 1.77        | 11.12 | 4.03  | 7.34   | 71.24  |
| <b>2011</b> | 5.81 | 6.53  | 7.03 | 9.11  | 9.10         | 7.66    | 2.50   | 1.41    | 2.73        | 9.82  | 2.12  | 4.78   | 68.59  |
| <b>2012</b> | 4.82 | 6.30  | 7.49 | 9.71  | 9.19         | 7.43    | 2.49   | 1.91    | 1.81        | 6.43  | 4.80  | 6.05   | 68.42  |
| <b>2013</b> | 6.39 | 6.56  | 8.47 | 9.26  | 9.46         | 4.96    | 2.34   | 2.10    | 1.33        | 9.97  | 6.46  | 4.66   | 71.95  |
| <b>2014</b> | 5.51 | 4.70  | 9.46 | 7.89  | 7.91         | 6.01    | 1.75   | 1.76    | 3.61        | 10.38 | 6.58  | 6.29   | 71.86  |
| <b>2015</b> | 5.93 | 6.52  | 8.53 | 8.62  | 9.79         | 9.70    | 2.95   | 1.98    | 5.55        | 9.50  | 7.21  | 1.94   | 78.23  |
| <b>2016</b> | 6.22 | 5.67  | 9.81 | 6.94  | 7.87         | 3.03    | 1.46   | 1.74    | 2.63        | 2.07  | 6.09  | 6.38   | 59.89  |
| <b>2017</b> | 5.76 | 5.95  | 8.67 | 8.38  | 9.79         | 7.51    | 2.48   | 3.46    | 1.27        | 7.25  | 6.26  | 5.83   | 72.60  |
| <b>2018</b> | 6.34 | 7.19  | 9.62 | 6.67  | 8.11         | 5.38    | 1.64   | 1.66    | 1.62        | 5.25  | 7.08  | 5.57   | 66.11  |
| <b>2019</b> | 5.70 | 5.57  | 8.57 | 10.11 | 8.97         | 8.03    | 4.38   | 1.44    | 1.68        | 4.91  | 7.54  | 5.66   | 72.55  |
| <b>2020</b> | 5.74 | 6.77  | 8.85 | 8.06  | 9.50         | 9.07    | 2.36   | 1.28    | 0.89        | 6.91  | 5.91  | 6.55   | 71.89  |
| <b>2021</b> | 6.37 | 5.62  | 8.62 | 7.62  | 7.36         | 3.05    | 1.52   | 0.96    | 0.67        | 6.53  | 5.22  | -      | 53.53  |

Çalışmada elde edilen verilere göre bölgedeki buharlaşma ve terleme; en fazla toplam AET değeri 82.65 mm ile 2002 yılında, En az toplam AET değeri ise 51.49 mm ile 2000 yılında gerçekleşmiştir. 2000-2021 yılları arası toplam AET ortalaması ise 67.56 mm'dir. En fazla buharlaşma ve terleme 11.41 mm ile 2003 yılında, en az terleme ve buharlaşma 0.62 mm ile 2000 yılında görülmüştür. Bu değerlerin bölgedeki iklim değişimine neden olabilecek bir sonuç doğurmadığı saptanmıştır. Şekil 5.53'de Datça Yarımadasında 2000-2021 yılları arasında IDAHO evapotranspirasyon verilerine göre AET'nin zamansal değişimi gösterilmiştir.



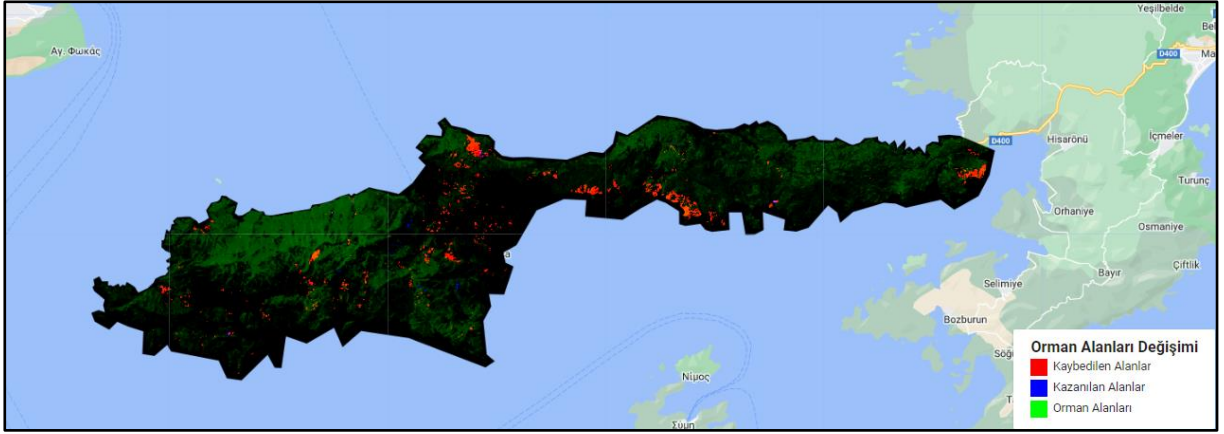
**Şekil 5.53** IDAHO verilerinin 2000-2021 yılları arası AET değişimi zaman serisi grafiği.

Çalışmada 2000-2021 yılları arası elde edilen AET değerleri zaman grafiği incelendiğinde, iklim değişimine neden olabilecek sapmalar görülmemektedir. Zaman içerisinde trend çizgisinin artış yönünde olduğu bu durumun ise gelecekte bölgedeki bitki örtüsü ve su yüzeylerinde artış yaşanabileceği öngörülmektedir.

### **5.5.3 Beşinci Uygulamanın Orman Alanları Kayıplarına ilişkin Bulgularının Değerlendirilmesi**

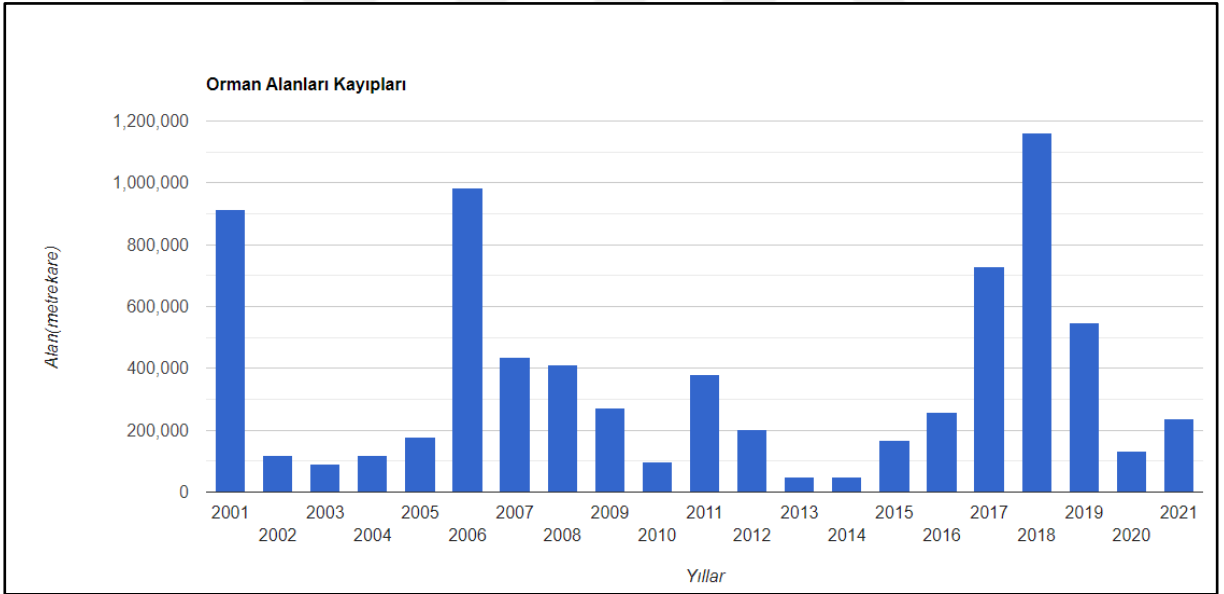
Orman alanları kayıplarında; orman yangınları, kaçak ağaç kesimi, aşırı otlatma, yatırım teşvikleri, bilinçsiz arazi kullanımı, nüfus artışı, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi birçok faktör etkili olmaktadır. Orman alanlarında yaşanan bu kayıpların etkileri, biyolojik çeşitliliğin bozulması, toprak erozyonu, sulak arazilerin zarar görmesi, ekonomik ve sosyal hayatı olumsuz etkilemesi sonuçlarını ortaya çıkarmaktadır (Korkmaz 2002).

Çalışmada Küresel orman kapsamını ve değişimini karakterize etmede Hansen Küresel Orman Değişimi çalışmasından yararlanılıp, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen zaman serisi analizi ile orman alanlarındaki değişimler incelenmiştir. Şekil 5.54 Datça Yarımadasının 2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.54** Datça Yarımadası 2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası.

2001-2021 yılları arası orman alanları değişim haritası incelendiğinde, yarımada'nın iç ve orta kesimlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durumun orman yangınlarından ve bilinçsizce yapılan insan faaliyetlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Şekil 5.55'de Datça Yarımadası'nın 2001-2021 yıllarına ait orman alanı kayıpları zaman serisi gösterilmiştir.



**Şekil 5.55** Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları zaman serisi grafiği.

Orman alanı kayıpları zaman serisi grafiği incelendiğinde, belirli dönemlerde büyük artışların yaşandığı görülmektedir. Çizelge 5.33'de Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları gösterilmiştir.

**Çizelge 5.33** Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı kayıpları.

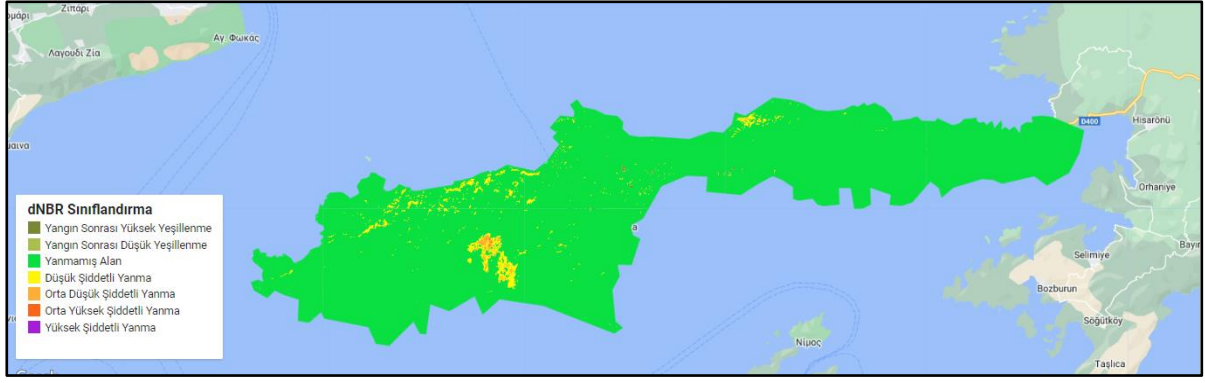
| Yıllar                            | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Orman Alanları Kayıpları (hektar) | 92   | 12   | 9    | 12   | 18   | 98   | 44   |
| Yıllar                            | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Orman Alanları Kayıpları (hektar) | 41   | 27   | 10   | 38   | 20   | 5    | 5    |
| Yıllar                            | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Orman Alanları Kayıpları (hektar) | 17   | 26   | 73   | 116  | 55   | 13   | 24   |

Çalışma sonuçlarına göre yıllık baz da orman alanı kayıpları incelendiğinde 2001-2021 yılları arası en büyük kayıp 116 hektar ile 2018 yılında, en az orman alanı kayıpları ise 5 hektar ile 2013 ve 2014 yıllarında görülmüştür. Bölgede meydana gelen orman kayıplarının nedeninin izinsiz kesilen ve tahrip edilen ağaçlardan olduğu veya bilerek ya da istem dışı olarak, insanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana geldiği öngörülmektedir.

#### **5.5.4 Beşinci Uygulamanın NBR İndeksi İle Orman Yangınlarının ve Yanan Alanların Bulgularının Değerlendirilmesi**

NBR yanmış alanları tespit etmek için kullanılan indekstir. Çalışmada yanan alanların tespiti için görüntülerden elde edilen yangın öncesi ve sonrası NBR arasındaki fark alınarak dNBR İndeksi hesaplanmıştır. dNBR İndeksi ise yanma şiddetini ifade eder ve bölgede yangın sonrası değişimleri gözlemek için kullanılmıştır.

Yanık şiddeti verileri kullanılarak yangın sonrası acil müdahale gerektiren alanlar belirlenebilir, yanma seviyelerine göre kaç hektar yanmış hesaplanabilir ve yangın alanlarının coğrafi konumuna karşın karşılaşılabilecek sel, heyelan ve erozyon gibi afetler henüz yaşanmadan önlem alınabilir. Datça Yarımadasında meydana gelen yangın olayı 2022.07.01-2022.07.31 tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Şekil 5.56'da dNBR İndeksi ile oluşturulan harita gösterilmiştir.



**Şekil 5.56** Datça Yarımadası dNBR haritası.

Datça Yarımadasına ait dNBR haritası incelendiğinde, bölgenin genelinde yanmamış alanlar hâkim iken yangın olayının meydana geldiği alanda orta düşük ve orta yüksek şiddetli yanmaların görüldüğü tespit edilmiştir. Çalışmada GEE ile elde edilen verilere göre dNBR sınıflandırması yanma verileri Çizelge 5.34’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.34** dNBR İndeksinden elde edilen yanma verileri.

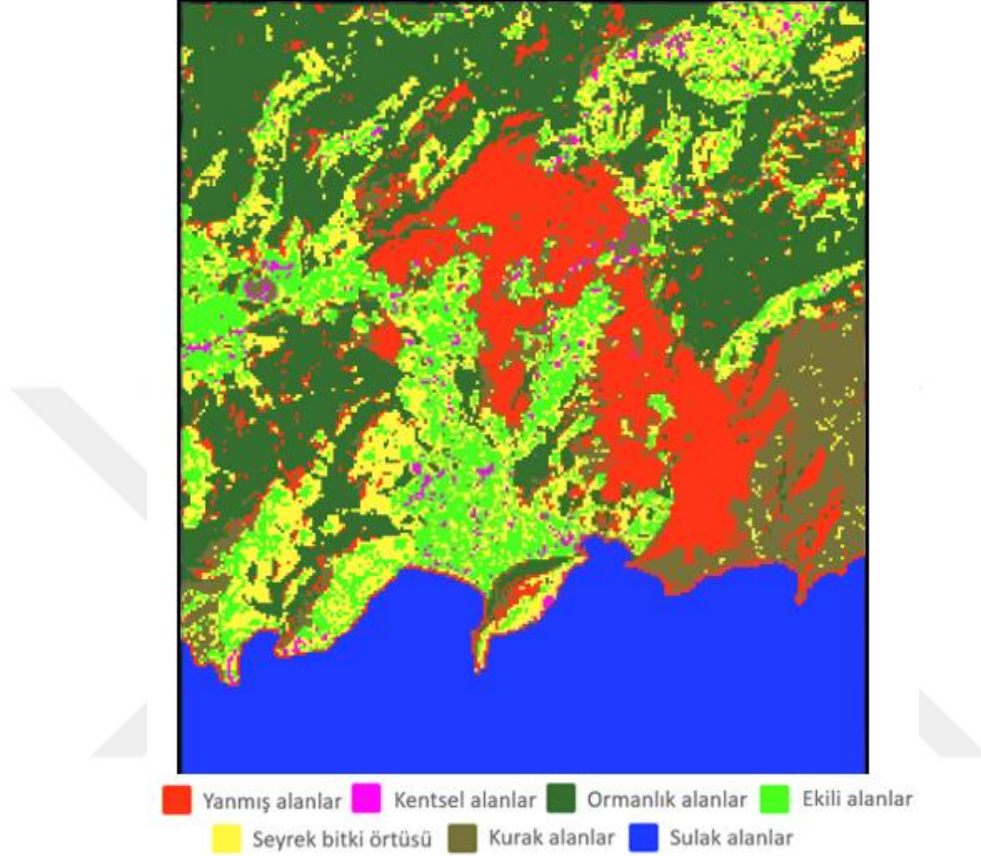
| Sınıf                            | Hektar | Yüzde  |
|----------------------------------|--------|--------|
| Yangın sonrası yüksek yeşillenme | 16     | %0.03  |
| Yangın sonrası düşük yeşillenme  | 80     | %0.13  |
| Yanmamış Alan                    | 58915  | %96.69 |
| Düşük Şiddetli Yanma             | 1610   | %2.64  |
| Orta-Düşük Şiddetli Yanma        | 296    | %0.49  |
| Orta-Yüksek Şiddetli Yanma       | 13     | %0.02  |
| Yüksek Şiddetli Yanma            | 0      | %0     |

2022.01.01-2022.10.24 tarihleri arası Datça yarımadası sınırlarında % 3.15’i (1919 hektar) alan yanmıştır. Yangınların %2.64’ünü (1610 hektar) düşük seviyede, %0.49’unu (296 hektar) orta-düşük seviyede, %0.02’sini (13 hektar) orta yüksek seviyede gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yüksek şiddetli yanma olayı gerçekleşmemiştir. Bu verilere dayanarak orman alanı kayıplarında orman yangınlarının etkisi ortadadır.

#### 5.5.5 Beşinci Uygulamanın Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk Bulgularının Değerlendirmesi

Bu çalışmada 13 Temmuz 2022 tarihinde meydana gelen orman yangınından en çok etkilenen alan üzerinde Landsat-8 uydusu kullanılarak, bulutluluk oranı %10 un altında en uygun görüntü seçilip yedi adet tematik sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar; yanmış alanları, kentsel alanlar,

ormanlık alanlar, ekili alanlar, seyrek bitki örtüsü, kurak alanları ve sulak alanlardır. Bu işlemin ardından RF makine öğrenme algoritması kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.57’de 2022 yılına ait RF sınıflandırma algoritması ile oluşturulan görüntüye yer verilmiştir.



**Şekil 5.57** 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı sonuç görüntüsü.

2022 yılında RF sınıflandırıcısı ile elde edilen görüntü incelendiğinde, RF sınıflandırıcısının seçilen sınıfları birebir yansıttığı görülmektedir. RF sınıflandırıcısı ile oluşturulan görüntüde orman yangınının meydana geldiği alanın büyüklüğü net olarak anlaşılmaktadır.

Sınıflandırma sonucunda elde edilen görüntüye doğruluk analizi işlemi uygulanarak hata matrisi oluşturulup doğruluk değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Genel doğruluk, kappa değeri, üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu gibi değerler elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 5.35’de gösterilmiştir.

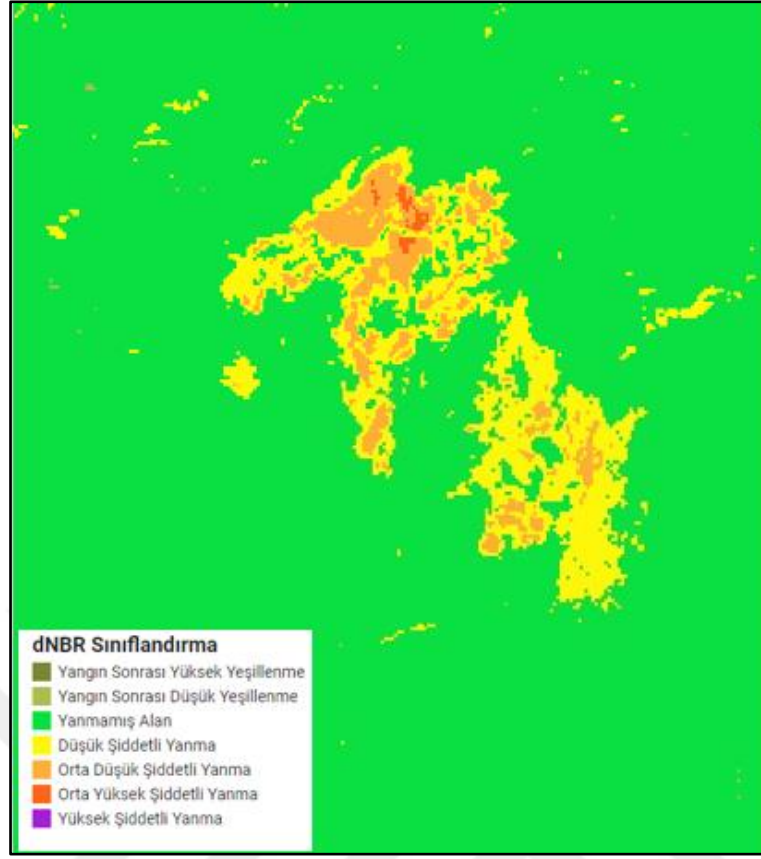
**Çizelge 5.35** Landsat-8 2022 yılına ait RF sınıflandırıcısı doğruluk değerlendirmesi sonuçları.

| RF                  | Kullanıcı Doğruluğu | Üretici Doğruluğu | Genel Doğruluk | Kappa Değeri |
|---------------------|---------------------|-------------------|----------------|--------------|
| Yanmış alanlar      | 0.99                | 0.94              | 0.90           | 0.88         |
| Kentsel alanlar     | 0.83                | 0.67              |                |              |
| Ormanlık alanlar    | 0.98                | 0.98              |                |              |
| Kurak alanlar       | 0.86                | 0.94              |                |              |
| Ekili alanlar       | 0.77                | 0.86              |                |              |
| Sulak alanlar       | 1.00                | 0.99              |                |              |
| Seyrek bitki örtüsü | 0.67                | 0.55              |                |              |

2022 yılına ait sınıflandırılan görüntülerden elde edilen bulgular incelendiğinde:

- RF sınıflandırıcısının ortalama genel doğruluğu %90'dır. Sınıflandırma işleminde genel doğruluk oranlarının %60'ın üzerinde oransal değerlere sahip olması sınıflandırmanın doğru yapıldığını ifade eder. Bu durumda RF sınıflandırıcısının %90 ile yüksek doğrulukla iyi performans gösterdiği belirlenmiştir.
- RF sınıflandırıcısının kappa değeri 0.88 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin ise 0.40'dan küçük çıkması halinde zayıf derecede kabul edildiği 0.60'dan yüksek değerlerin iyi, çok iyi, mükemmel şeklinde kabul edildiği ifade edilir. Bu durumda RF sınıflandırıcısıyla elde ettiğimiz Kappa istatistiği değerlerinin 0.88 seviyelerine ulaşarak çok iyi veya neredeyse mükemmel seviye diyebileceğimiz değerlere ulaştığı görülmektedir.
- Sonuçlara bakıldığında RF makine öğrenme algoritmasının Landsat-8 uydu görüntüleri üzerinden arazi örtüsü ve kullanımının sınıflandırılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve yüksek sınıflandırma doğruluğu elde edilebileceğini göstermiştir.

13 Temmuz 2022 deki yangına en çok maruz kalan alan üzerine dNBR İndeksi uygulanarak yangın şiddeti belirlenmiştir. Şekil 5.58'de dNBR haritası gösterilmiştir.



**Şekil 5.58** dNBR haritası.

Yangının yaşandığı bölge üzerinde dNBR analizi yaparak bölge daha detaylı çalışılmıştır. Yangının meydana geldiği alanlar düşük, orta düşük ve orta yüksek yanma şiddetine maruz kalırken, yangının ulaşmadığı yerler yanmamış alan olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.36’de dNBR İndeksinden elde edilen yanma verileri gösterilmiştir.

**Çizelge 5.36** dNBR İndeksinden elde edilen yanma veriler.

| Sınıf                            | Hektar  | Yüzde |
|----------------------------------|---------|-------|
| Yangın sonrası yüksek yeşillenme | 0.00    | %0.00 |
| Yangın sonrası düşük yeşillenme  | 1.98    | %0.03 |
| Yanmamış Alan                    | 6198.66 | %88.7 |
| Düşük Şiddetli Yanma             | 593.01  | %8.49 |
| Orta-Düşük Şiddetli Yanma        | 185.58  | %2.66 |
| Orta-Yüksek Şiddetli Yanma       | 8.82    | %0.13 |
| Yüksek Şiddetli Yanma            | 0.00    | %0.00 |

13 Temmuz 2022 yılında Datça yarımadası sınırlarında % 11.28’i (787.41 hektar) alan yanmıştır. Yangınların %8.49’u (593.01 hektar) düşük seviyede, %2.66’sı (185.58 hektar) Orta-Düşük seviyede, %0.13’ü (8.82 hektar) Orta-Yüksek seviyede gerçekleştiği tespit edilmiştir. Yüksek şiddetli yanma olayı gerçekleşmemiştir. Bu verilere dayanarak orman alanı kayıplarında orman

yangınlarının etkisi ortadadır. Muğla Orman Bölge Müdürlüğü verilerine göre Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı yangın verileri Çizelge 5.37’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.37** Muğla Orman Bölge Müdürlüğü verilerine göre Datça Yarımadası 2001-2021 yılları orman alanı yangın verileri (Döner 2007; Erdemli 2011; İşçi 2021).

| İŞLETME<br>MÜDÜRLÜĞÜ | İŞLETME<br>ŞEFLİĞİ | YILLAR |      |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |      |
|----------------------|--------------------|--------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
|                      |                    | 2001   |      | 2002 |      | 2003 |       | 2004 |      | 2005 |       | 2006 |      | 2007 |      |
| MARMARİS             | DATÇA              | Adet   | Ha   | Adet | Ha   | Adet | Ha    | Adet | Ha   | Adet | Ha    | Adet | Ha   | Adet | Ha   |
|                      |                    | 2      | 1.6  | 2    | 1.1  |      |       | 3    | 27.1 | 6    | 26.5  | 5    | 95.5 | 3    | 1.2  |
|                      |                    | 2008   |      | 2009 |      | 2010 |       | 2011 |      | 2012 |       | 2013 |      | 2014 |      |
|                      |                    | Adet   | Ha   | Adet | Ha   | Adet | Ha    | Adet | Ha   | Adet | Ha    | Adet | Ha   | Adet | Ha   |
|                      |                    | 5      | 6.4  | 5    | 2.8  | 4    | 1.8   | 4    | 16.1 | 16   | 24.9  | 8    | 6.3  | 7    | 2.6  |
|                      |                    | 2015   |      | 2016 |      | 2017 |       | 2018 |      | 2019 |       | 2020 |      | 2021 |      |
|                      |                    | Adet   | Ha   | Adet | Ha   | Adet | Ha    | Adet | Ha   | Adet | Ha    | Adet | Ha   | Adet | Ha   |
|                      |                    | 9      | 0.28 | 8    | 0.76 | 5    | 79.82 | 3    | 3.1  | 3    | 21.61 | 4    | 0.97 | 3    | 0.45 |

Muğla Büyükşehir Belediyesi Datça Raporuna göre 13-14 Temmuz 2022 tarihinde yaşanan orman yangınlarında ise 728 hektar alan kaybedilmiştir (URL 32). Muğla Orman Bölge Müdürlüğü verilerine göre ise 2001-2021 yılları arası Datça da 105 adet yangın çıkmış olup 320 hektarlık alan kaybedilmiştir. En büyük kayıp 95.5 ha alan ile 2006 yılında meydana gelen yangında yaşanmıştır (Döner 2007; Erdemli 2011; İşçi 2021).

Bu çalışmada Datça Yarımadasının orman kayıpları, iklim kuraklığı hakkında önemli bulgular elde edilmiştir. Bundan sonraki yaşanabilecek afetlerde hem hızlı müdahale hem de yangın sonrası elde edilen uydu görüntüleriyle dakikalar içerisinde yangın şiddeti haritalarının üretilebileceği gösterilmiştir.

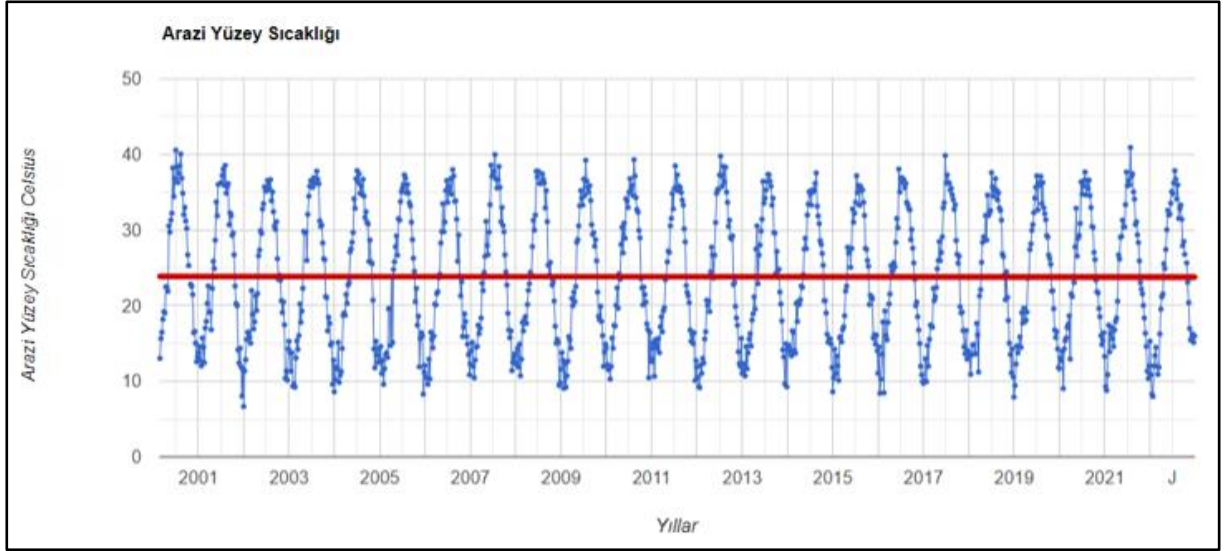
#### 5.5.6 Beşinci Uygulamanın AYS Bulgularının Değerlendirmesi

Bu çalışma da MODIS uydusunun MOD11A1. 061 modülü kullanılarak 2000-2022 yılları arası Datça Özel Koruma Bölgesinin Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST\_Day\_1km) verileri elde edilmiştir. Çizelge 5.38’de elde edilen AYS değerlerinin yıllara ve aylara göre değişimi gösterilmiştir.

**Çizelge 5.38** Elde edilen AYS değerleri.

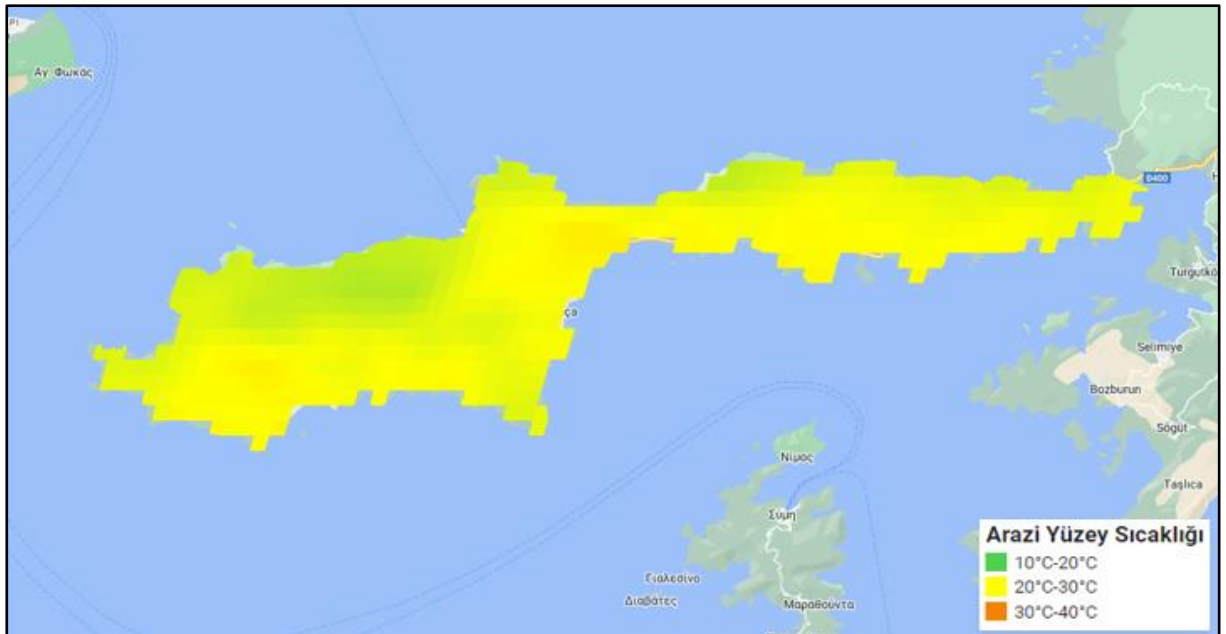
|      | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Agustos | Eylül | Ekim  | Kasım | Aralık | Ort.  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2000 | -     | 13.33 | 17.38 | 21.47 | 30.52 | 35.41   | 38.15  | 37.55   | 31.60 | 24.95 | 20.14 | 14.36  | 25.90 |
| 2001 | 13.30 | 14.92 | 19.98 | 19.41 | 28.28 | 33.94   | 36.85  | 36.31   | 31.04 | 26.30 | 16.71 | 11.46  | 24.04 |
| 2002 | 11.60 | 15.95 | 18.90 | 20.74 | 28.34 | 34.27   | 35.76  | 34.49   | 29.48 | 23.61 | 19.42 | 11.55  | 23.68 |
| 2003 | 13.54 | 10.31 | 16.45 | 19.78 | 28.78 | 34.71   | 36.31  | 36.71   | 30.15 | 24.50 | 18.46 | 13.05  | 23.56 |
| 2004 | 10.58 | 11.77 | 17.70 | 21.89 | 27.67 | 33.36   | 36.60  | 35.44   | 31.47 | 26.45 | 15.59 | 13.88  | 23.53 |
| 2005 | 12.75 | 12.13 | 16.76 | 21.23 | 27.36 | 32.89   | 36.42  | 34.86   | 29.79 | 22.44 | 15.89 | 12.97  | 22.96 |
| 2006 | 10.67 | 13.81 | 17.67 | 22.37 | 28.91 | 33.14   | 35.32  | 35.90   | 30.12 | 22.80 | 17.47 | 13.80  | 23.50 |
| 2007 | 13.36 | 13.09 | 17.27 | 23.12 | 28.08 | 34.69   | 37.92  | 36.56   | 31.11 | 24.63 | 17.04 | 12.70  | 24.13 |
| 2008 | 12.70 | 14.08 | 17.75 | 22.37 | 27.70 | 34.19   | 36.56  | 35.81   | 28.92 | 23.81 | 17.64 | 12.46  | 23.67 |
| 2009 | 11.80 | 11.21 | 16.67 | 20.77 | 27.53 | 33.97   | 36.74  | 35.11   | 29.40 | 25.47 | 18.63 | 14.19  | 23.46 |
| 2010 | 12.46 | 13.08 | 19.27 | 22.45 | 29.08 | 32.47   | 35.75  | 36.31   | 30.99 | 22.01 | 20.49 | 14.19  | 24.04 |
| 2011 | 13.17 | 15.11 | 16.51 | 20.80 | 25.96 | 32.42   | 36.72  | 35.37   | 31.45 | 21.90 | 17.17 | 13.55  | 23.35 |
| 2012 | 10.20 | 12.15 | 18.22 | 23.00 | 25.67 | 34.13   | 37.49  | 37.02   | 31.11 | 25.97 | 18.56 | 13.47  | 23.92 |
| 2013 | 11.37 | 13.90 | 16.98 | 22.72 | 27.03 | 32.80   | 35.81  | 35.70   | 29.43 | 25.30 | 18.53 | 11.77  | 23.45 |
| 2014 | 14.30 | 15.15 | 18.11 | 21.17 | 25.72 | 32.00   | 34.60  | 35.55   | 29.84 | 24.29 | 17.76 | 14.48  | 23.58 |
| 2015 | 11.08 | 12.81 | 16.29 | 21.06 | 26.83 | 30.89   | 35.42  | 34.89   | 30.14 | 23.77 | 19.78 | 15.30  | 23.19 |
| 2016 | 11.06 | 14.79 | 17.37 | 23.99 | 26.39 | 33.72   | 36.66  | 34.68   | 31.06 | 24.17 | 18.59 | 11.94  | 23.70 |
| 2017 | 10.67 | 14.91 | 19.36 | 22.80 | 26.85 | 33.86   | 36.49  | 34.86   | 30.37 | 23.99 | 17.36 | 14.33  | 23.82 |
| 2018 | 12.80 | 14.22 | 16.57 | 25.39 | 29.61 | 32.84   | 35.73  | 35.24   | 30.91 | 23.78 | 19.66 | 12.37  | 24.09 |
| 2019 | 11.07 | 14.65 | 18.59 | 20.28 | 27.32 | 33.21   | 35.50  | 34.94   | 30.45 | 26.13 | 20.06 | 14.61  | 23.90 |
| 2020 | 12.85 | 13.60 | 16.55 | 22.39 | 29.06 | 31.34   | 36.17  | 35.82   | 32.08 | 24.58 | 19.93 | 15.67  | 24.17 |
| 2021 | 10.56 | 16.19 | 16.22 | 21.88 | 28.91 | 32.96   | 37.31  | 35.91   | 29.87 | 23.72 | 19.07 | 12.08  | 23.72 |
| 2022 | 10.60 | 12.97 | 14.64 | 22.74 | 28.73 | 33.18   | 36.39  | 33.61   | 30.28 | 26.21 | 18.98 | 15.75  | 23.67 |

Çizelge 5.38 değerlendirildiğinde, 2000-2022 yılları arası elde edilen yıllık ortalama arazi yüzey sıcaklığı 23.78°C dir. Çalışmanın gerçekleştirildiği yıllar içerisinde, yıllık en yüksek AYS ortalamasının 25.90°C ile 2000 yılında, yıllık en düşük AYS ortalamasının ise 22.96°C ile 2005 yılında hesaplandığı görülmüştür. Çalışmanın gerçekleştirildiği aylar göz önüne alındığında en yüksek arazi yüzey sıcaklığı değerinin 38.15°C ile 2000 yılının Haziran ayında, en düşük AYS değerinin 10.20 °C ile 2012 yılının Ocak ayında olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen verilere göre 2000-2022 yılları arası aylık ortalama AYS zaman serisi grafiği Şekil 5.59’da gösterilmiştir.



**Şekil 5.59** Datça Yarımadası 2000-2022 yılları ortalama AYS zaman serisi grafiği.

AYS zaman serisi grafiği incelendiğinde, değerlerde zamanla artış ve azalışlar yaşandığı görülmektedir. Bölgedeki AYS değerlerinin 40 °C gibi yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Grafikte belirtilen trend çizgisi, 22 yıl boyunca sabit düzeyde kaldığı ve gelecekte kuraklığın nedenleri arasında olmayacağını göstermektedir. Şekil 5.60'da GEE ile elde edilen 2000-2022 yılları arası ortalama AYS haritası gösterilmiştir.

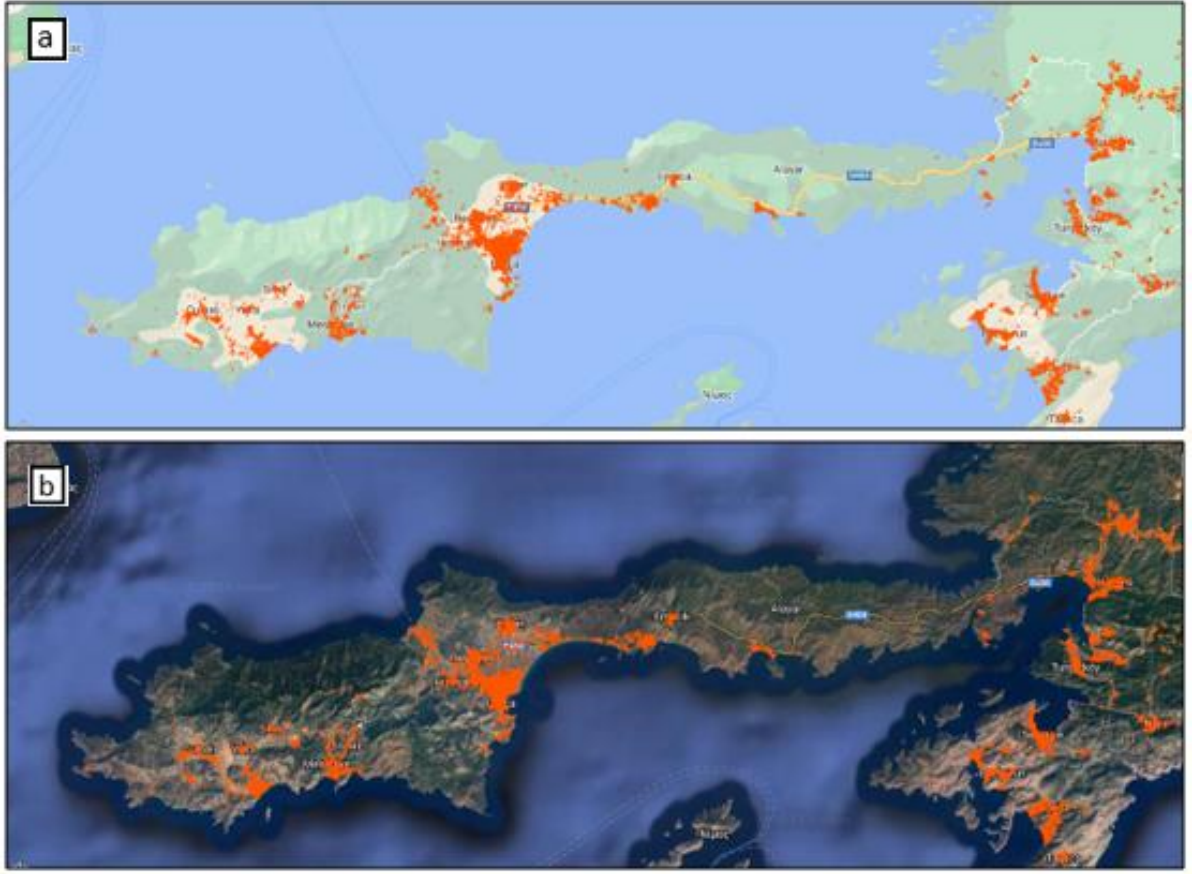


**Şekil 5.60** Datça Yarımadası 2000-2022 yılları ortalama AYS haritası

İlgili haritalar değerlendirildiğinde bölgede kuraklığa neden olabilecek bir tehdit oluşmadığı, 22 yılın ortalamasının iklim değişimine etki edecek büyüklükte sıcaklık farkı oluşturmadığı, haritanın genelinde 20°C ve 30°C arası sıcaklığın hakim olduğu görülmektedir.

#### 5.5.7 Beşinci Uygulamanın Bina Ayak İzleri Bulgularının Değerlendirmesi

Bu çalışmada GEE platformu üzerinden MSBuildings veri kümesi kullanılarak Datça Özel Koruma Bölgesinin bina ayak izleri elde edilmiştir. Şekil 5.61’de bina ayak izleri gösterilmiştir.



**Şekil 5.61** Datça Yarımadasına ait; (a) harita ve (b) uydu görüntüleri üzerinde bina ayak izleri gösterimi.

Harita incelendiğinde bina ayak izlerinin Datça, Eski Datça, Reşadiye, Mesudiye, Hızırşah, Karaköy, Yazılıköy, Sındı, Yaka mahallelerinde yoğunlukta olduğu görülmektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Farklı arazi kullanımı içeren bölgelerin Google Earth Engine bulut platformu ile izlenmesi ve değerlendirilmesi başlıklı bu tez çalışmasında;

- a) Havza yapısı, Filyos Havzası örneğinde incelenmiştir.
- b) Coğrafi bölgelerin yapısal özellikleri, bölgeye ilişkin iklim değişikliği, hava kirliliği gibi konular Batı Karadeniz Bölgesi örneğinde incelenmiştir.
- c) Orman arazileri bu arazilerdeki orman kayıpları, yangınlar ve iklim parametreleri Datça Özel Koruma Bölgesi kapsamında incelenmiştir.
- d) Arazi kullanımı ve değişiklikleri Zonguldak, Filyos Serbest bölgesi kapsamında kentsel ve kırsal arazi kullanımı ve değişiklikleri üzerinde incelenmiştir.
- e) Tarım bitkilerindeki değişimlerin incelenmesi, Çorum tarım arazileri kapsamında değerlendirilmiştir.

Belirtilen beş farklı uygulamaya ve GEE'nin performansına ilişkin sonuçlar aşağıda verilmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

- Ele alınan uygulamalar için UA ve CBS'nin birlikte kullanılması, farklı arazi kullanım özelliklerinin ve ilgili parametrelerin kolaylıkla elde edilebildiği görülmüştür. Geliştirilmeye açık olan bu platform sayesinde büyük veri depolamalarının önüne geçildiği, çok sayıda verinin ve uydu görüntülerinin hızlı bir şekilde elde edildiği, bunlar üzerinden farklı analizin gerçekleştirilebildiği tespit edilmiştir. Bu platformun kullanımının yaygınlaştırılması birçok alana katkı sunacağı gibi kullanıcılara da zaman ve maliyet açısından çok önemli katkılar sağlayacağı tespit edilmiştir.

- GEE platformu üzerinden yapılan analizlerden elde edilen bilgilerin, arazi yönetimi için büyük bir öneme sahip oldukları görülmüştür. Özellikle orman kayıpları, orman yangınlarının kontrolü, denetimi ve sürdürülebilir orman yapısı açısından ayrıca özel koruma bölgeleri ile milli parklar açısından önemli bilgiler elde edilebildiği görülmüştür. Ayrıca havza modelleri açısından taşkın ve sel kayıpları, tarım arazileri açısından verimlilik, sürdürülebilir tarım politikaları geliştirilmesi açısından önemli bulgular sağlamaktadır. Bu nedenle kentsel ve kırsal alanların sürdürülebilir arazi yönetimi için GEE gibi gelişmiş teknolojileri takip etmesi ve yeniliklere açık olması gerektiği önerilmektedir. Böylece arazi ile ilgili çözümlerin bir plan ve sistem dâhilinde yapılması sağlanmış olacaktır.
- Günümüzde arazi yönetiminde karşılaşılan sıkıntıları yönetmek ve bu sıkıntılara çözüm yolu aramak, ilgili kişiler için bir zorunluluktur. Bu sıkıntıların başlıca nedenleri arasında hava kirliliği, ormansızlaşma, hızlı ve çarpık kentleşme, iklim değişimi, nüfus artışı, arazi kullanımı ve arazi değişimi gibi sorunlar yer almaktadır. GEE bulut platformu üzerinden bu sıkıntılara neden olan tüm parametre ve verilerin güvenilir bir şekilde elde edilebildiği belirlenebilmiştir. Bu platformun sağladığı bilgiler ve analizler sürdürülebilir arazi yönetimi açısından ülkemiz için özellikle kamu kurumlarının böyle bir platformu kullanımı son derece önemli olduğu görülmüştür. Ancak GEE platformu bilimsel araştırmalar için tamamen açık kaynak kodlu olmasına rağmen ticari uygulamalar için, ticari lisanslama gerekmektedir. Bu durumun arazi yönetiminin paydaşları tarafından değerlendirilmesi önerilmektedir.
- Türkiye'deki GEE platformu kullanılarak yapılan çalışmalar, diğer ülkelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında yetersiz olduğu ve yeni öğrenilmeye başlanan bir platform olduğu gözlenmektedir. GEE, uydu görüntülerini ve jeo-uzamsal verileri bulut ortamında analiz eden güçlü bir platform olduğu, bu platform geniş veri arşivine sahip olduğu, her gün güncellenen ve genişletilen yapısı ile 40 yılı aşkın geçmiş görüntüleri ve bilimsel veri kümelerini içerdiği tespit edilmiştir. Ve ayrıca, bulut tabanlı bir platform olduğu için depolama sorunu bulunmamaktadır. Tüm bu özelliklere rağmen platformun bir dezavantajı olarak JavaScript ve Python programlama dilleri ile kod yazmadan uygulama yapılamamaktadır. Bu durum platformun yaygın kullanımını engellediği görülmüştür. Gelecek yıllarda tamamen program kütüphanesi üzerinden kullanıcı dostu bir uygulama haline dönüştürüleceği öngörülmektedir.

- Bu platformun yaygın kullanımına ilişkin, Arazi Yönetiminin paydaşları olan kamu ve özel sektördeki ilgili kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanıp, amaç ve stratejilerin belirlenmesi önerilmektedir. Bu platform üzerinden coğrafi veri ve bilginin üretilerek kullanılması, güncel tutulması, paylaşılması, erişiminin ve güvenliğinin sağlanması için yasal ve idari düzenlemelerin ivedi bir şekilde gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Gerçekleştirilen Yüksek Lisans tez çalışmasının kamu ve özel sektördeki ilgili kurum ve kuruluşlara örnek teşkil edecek ve önemli katkılar sağlayacağı belirlenmiştir.
- Beş farklı arazi kullanım yapısı için elde edilen bitki spektral indeks değerleri, bitki örtüsü yapısı, kuraklık ve iklim değişikliğine ilişkin parametreler, nüfus yoğunluk dağılımı ve bina yoğunluk analizleri sağlıklı bir şekilde GEE platformu kullanılarak tespit edilebilmiş ve ayrıca kısa ve uzun dönem periyotlar açısından zaman serileri analizleri yapılabilmektedir. Örneğin; birinci arazi kullanımına ilişkin tarım arazilerinin değerlendirilmesinde, gerek AYS sıcaklık verilerinde ve gerekse de iklim verilerinde yaşanan ani düşüş ve yükselişlerin nedenleri arasında çıplak arazi varlığının artmasının sağlıklı bitki örtüsüne sahip tarım arazileri varlığının, bu alanlarda bitki yetiştirme dönemlerinde bitkinin erken evre döneminde olmasının, toprak tuzluluğundaki artışın bitkilerde strese neden olduğu, arazi sınıflama çalışmaları ve spektral indeksler, IDAHO üniversitesi veri kütüphanesinin GEE üzerinden kullanımı sayesinde açıkça belirlenmiştir.
- Arazi kullanım yapısı için büyük öneme sahip iklim değişimine ilişkin bulgular, orman arazileri, havza ve coğrafi bölge yapısı GEE platformu üzerinden sağlıklı bir şekilde belirlenebilmiş, farklı kullanım bölgelerindeki iklim şartları değerlendirilerek dönemsel düşüş ve yükselişlere ilişkin zaman serileri analizleri yapılmıştır. Örnek olarak özellikle Filyos havzasında ve Batı Karadeniz coğrafi bölgesinde yapılan değerlendirme sonuçlarından sel felaketlerinin bölgesel iklim değişikliğinden kaynaklanmadığı, küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olduğu tespit edilmiştir.
- Bölgelerin kuraklık koşullarını belirlemede kullanılan spektral indekslerin; bitkilerdeki yanma oranları, bitkilerdeki su oranları ve su alanları ile canlı ve sağlıklı bitki örtüsü açısından değerlendirmeleri GEE platformu üzerinden etkin bir şekilde belirlenebilmiştir. Özellikle Datça Özel Koruma Bölgesine ilişkin kuraklığın göstergesi

olarak SVI ve EVI indekslerinin normalin üzerinde bir değerde elde edilmesinin olumlu bir özellik olduğu belirlenmiş ve bölgelerde kuraklığa veya çıplak arazi varlığına neden olabilecek olumsuz bir etki tespit edilememiştir.

- Farklı arazi kullanımları için elde edilen AYS değerleri GEE platformu kullanılarak MODIS görüntüleri zaman serileri ile hem sayısal veri hem de zamansal değişim şeklinde elde edilebilmiştir. Özellikle birinci uygulamadaki Çorum ili tarım arazileri ve beşinci uygulamadaki Datça Özel Koruma Bölgesindeki arazi kullanım yapısı için AYS verileri ve zaman değerleri incelendiğinde eğilim göstergesinin tarım arazileri ve ormanlık alanlarda tehlike oluşturacak sıcaklık boyutuna ulaşılmadığı ve yakın gelecekte de ulaşmayacağı tespit edilmiştir.
- Farklı arazi kullanımları için GEE’de ele alınan hava kalitesine etki eden ve hava kalitesini belirleyen AOD parametreleri MODIS görüntüleri zaman serileri ile elde edilebilmiştir. Özellikle iki numaralı uygulama bölgesi olan Batı Karadeniz coğrafi bölgesi için belirlenen değer ortalamaları bölgenin genelde temiz atmosfere sahip hava kalitesi olduğunu göstermiştir. Ancak bazı dönemlerde yüksek seviyelere ulaşarak aerosol kirlilik gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumun bölgede meydana gelen toz taşınımı veya yerel kaynaklı aerosollerden kaynaklandığı tespit edilmiştir.
- Arazi kullanım yapısında etkili olan AET değerleri ile bitki yüzeyindeki terleme ve buharlaşma oranları farklı arazi kullanım bölgeleri için GEE platformu kullanılarak başarılı bir şekilde belirlenebilmiştir. Özellikle Çorum ili tarım arazileri, Filyos havzası ve Datça Özel Koruma Bölgesi uygulamalarında, bu değerlerin bölgedeki iklim değişimine neden olabilecek bir sonuç doğurmayacağı tespit edilmiştir. AET değerlerinin zaman serisi grafiklerinde eğilim çizgisinin artış yönünde olduğundan gelecekte bölgedeki bitki örtüsü ve su yüzeylerinde artış yaşanabileceğini söylenebilir. Bu nedenle belirtilen arazi kullanım bölgelerinde sürdürülebilir arazi yönetimi açısından konunun paydaşları olan kurumlar tarafından önlemlerin alınması ivedilikle önerilir.
- Farklı arazi kullanım yapıları için ele alınan sınıflandırma çalışmalarına yönelik GEE platformu üzerinden Sentinel-2 ve Landsat-8 uydusu görüntüleri için makine öğrenme algoritmaları kullanılmış, RF ve CART algoritmaları ile istatistiksel olarak yüksek düzeyde sonuçlar üretmiştir. Bu algoritmalar çalışılan alanın büyüklüğüne göre farklılık

göstermekte olup, RF algoritması CART algoritmasına göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Kappa istatistiği değerleri de benzer sonucu göstermiştir. Bu bağlamda arazi yönetimi açısından yapılan arazi sınıflama çalışmalarında RF ve CART makine öğrenme algoritmalarının arazi örtüsü ve kullanımının sınıflandırılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve yüksek sınıflandırma doğruluğu elde edilebileceği gösterilmiştir.

- Landsat-8 uydusu kullanılarak elde edilen arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflandırma çalışması sonucu oluşturulan tematik harita, MODIS ve CORINE arazi örtüsü sınıflandırma sistemi kullanılarak elde edilen arazi kullanımı ve arazi örtüsü veri tabanına göre oluşturulmuş arazi örtüsü haritalarıyla karşılaştırılmıştır. MODIS verisi kullanılarak elde edilen arazi örtüsü ve arazi kullanımına ait sınıfların, Landsat-8 uydusu ile elde ettiğimiz sınıflardan farklı olduğu tespit edilmiştir. MODIS uydusundan elde edilen sınıfların daha çok bitki örtüsü özelliklerine göre sınıflandırıldığı görülmüştür. CORINE verilerinden elde edilen arazi verilerine ait sınıfların, Landsat-8 uydusu ile elde ettiğimiz sınıflarla benzerlik gösterdiği ve oluşturulan görüntülerin birbirine görsel açıdan benzer olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle arazi kullanım sınıflaması çalışmalarında GEE görüntü arşivindeki Landsat serisi görüntülerin kullanılması önerilir.
- Farklı uygulama bölgelerinden özellikle Filyos havzasında; dönemsel olarak şiddetli yağışlar ve orta derece kuraklık yaşandığı görülmüştür. Bölgede genel ortalamayı etkilemeyecek düzeyde dönemsel olarak şiddetli kuraklıkların yaşandığı tespit edilmiştir. Gelişmiş bitki yoğunluğunun orta ve seyrek seviyede olduğu dönemlerde belirlenmiştir. GEE ile elde edilen trend çizgisi artış yönünde belirlenmiştir. Ve bu durumun olumlu bir gösterge olduğu, gelecekte gelişmiş bitki örtüsü varlığında artış yaşanabileceği belirlenmiştir.
- GEE platformu yeryüzünde meydana gelen taşkın ve sel boyutlarını belirlemede de önemli sonuçlar sağlamıştır. Özellikle Filyos havzasında 11 Ağustos 2021 ve 27 Haziran 2022 tarihlerinde yaşanan aşırı yağışın bölgede taşkın ve sel durumuna neden olduğu belirlenmiştir. Yaşanan afet olayının büyüklüğü, olaydan önce ve olaydan sonra alınan GEE görüntü zaman serileri arasında fark alınarak belirlenmiştir. 11 Ağustos 2021 tarihinde Batı Karadeniz bölümünde yaşanan aşırı yağış, sel, taşkın ve

heyelanların Filyos havzasının güneybatı kesiminde etkili olduğu, 27 Haziran 2022 tarihindeki olayda da aynı bölgede yaşanan aşırı yağış, sel, taşkın ve heyelanların Filyos havzasının güneydoğu ve kuzeydoğu kesimlerinde etkili olduğu haritalanarak belirlenmiştir.

- GEE platformu üzerinden farklı arazi kullanım haritalarının da üretilebileceği tespit edilmiştir. Orman kayıp alanları haritası, yanan orman alanları haritası, tarım arazileri kullanım haritası, mekânsal kullanım haritaları, nüfus dağılım haritası, bina izleri haritası vb. birçok harita platformdan başarıyla üretilebilmiştir. Ancak, GEE genel anlamda orta ve düşük çözünürlüklü görüntü arşivi kullandığı için yüksek çözünürlüklü harita veri üretememektedir.
- GEE platformu üzerinden nüfus verileri de kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Özellikle Filyos Havzası arazi kullanım yapısında etkili olan faktörlerden biri olan nüfus verileri ile bölgenin nüfus değişimi incelendiğinde, nüfusun zamanla arttığı tespit edilmiş olup bu artışların daha çok kentsel alanlarda olduğu saptanmıştır. Bölgede, kentsel alanlardaki artışa paralel olarak sanayileşme de de artış görülmüştür. Sanayileşmenin artması atmosferdeki temiz hava kalitesini azaltabileceğinden iklim değişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceği öngörülmektedir.
- GEE platformu ile herhangi bir alanda meydana gelen yangın verilerinin hem mekânsal hem de zamansal analizi sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir. Özellikle Datça Özel Koruma Bölgesi arazi kullanımında etkili olan yangın verilerinin daha çok ilçe merkezlerine yakın yerlerde olduğu saptanmıştır. Bu durumun nedeninin ise ihmal, kaza, bilgisizlik gibi konulardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Oluşturulan zaman serisi grafiğinde trend çizgisinin artış yönünde olması, bölgede meydana gelebilecek yangınlar için acil önlemlerin alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu durum, 13 Temmuz 2022 ve 30 Haziran 2023 yangınları göz önüne alındığında ne kadar önemli olduğunun bir göstergesi olmuştur. Ülkemizde arazi yönetimine ilişkin kamu kurum ve kuruluşları ile ilgili bakanlıkların özellikle bu bölge için ciddi yaptırımlar uygulayarak ve koruma önlemleri alarak bölgenin yapılaşmasının önüne geçmesi önerilmektedir.

- GEE platformu görüntü kütüphanesinde yer alan Landsat uydu görüntülerinden elde edilen orman alanı kayıpları ile orman alanlarındaki değişimler alansal olarak belirlenebilmektedir. Çalışılan bölgelerde meydana gelen orman kayıplarının önemli bir nedeni yangınlar olsa da ikincil nedenleri arasında izinsiz kesilen ve tahrip edilen ağaçlardan olduğu veya bilerek ya da istem dışı olarak, insanların çeşitli etkinlikleri sonucu ormansızlaşmaya neden olduğu düşünülmektedir. Bu durum GEE üzerinden yapılan spektral yanma indeksi dNBR, NDVI, EVI, SVI uygulamaları ve bina izleri Bing haritaları ve spektral bina indeksi NDBI spektral indeksleri ile tespit edilebilmiştir.
- Datça Özel Koruma Bölgesinde 13 Temmuz 2022 tarihinde meydana gelen orman yangının yaşandığı alanda aşırı kuraklık yaşandığı GEE platformu üzerinden belirlenmiştir. Bölge üzerinde bulunan yanmış alanlar NBR İndeksine göre hesaplanmıştır. Yangın öncesi ve yangın sonrası fark alınarak dNBR İndeksi hesaplanmıştır. 13 Temmuz 2022 tarihinde meydana gelen orman yangını şiddeti belirlenmiştir. dNBR haritasına göre, bölgenin genelinde yanmamış alanlar hâkim iken yangın olayının meydana geldiği alanda orta düşük ve orta yüksek şiddetli yanmaların görüldüğü tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin Muğla Büyükşehir Belediyesi Datça raporunda yayınlanan hektar ile neredeyse aynı değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Böylelikle GEE platformunun doğruluğu kanıtlanmıştır.
- GEE platformunun çok sayıda düşük, orta ve yüksek çözünürlüklü görüntülerle, farklı arazi kullanımlarına ilişkin veri, hazır kod ve algoritmalara erişim sağlaması birçok alanda hızlı analiz olanağı sağlamıştır.
- Farklı arazi kullanımlarının GEE platformu üzerinden izlendiği bu çalışma yersel arazi gözlemleri ile desteklenerek arazi yönetimine yönelik kesin sonuçlar elde edilebileceği önerilmektedir.
- Bu çalışma alanlarına yönelik daha detaylı araştırmaların yapılması gerektiği ortadadır. Çalışmada kullanılan tüm uzaktan algılanan veriler sayesinde elde edilen bulgular dikkate alınarak, arazi kaynaklarının sürdürülebilir planlaması ile arazi yönetimi çerçevesinde yerel yönetimlerce alınacak kararlarda ve yapılacak diğer çalışmalarda somut sonuçların analizine ulaşılabilir olması ile yol gösterici altlık bir envanter olması hedeflenmektedir. Özellikle sürdürülebilir arazi yönetimi kapsamında ve UA

sistemleriyle yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmaların sınırlı sayıda olmasına alternatif olarak GEE platformu içerisinde bulundurduğu zengin veri kütüphanesi ve bu verilerin analizinde kullanılan algoritmalar ile çalışma yapacak kullanıcılara geniş imkân sağladığı belirlenmiştir. Türkiye küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinden en çok zarar görebilecek ölkeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle ölkemiz küresel ısınmaya karşı yapılan çalışmalarda daha çok yer almalı ve bu çalışmalar doğrultusunda ulusal seviyede politika ve stratejiler uygulanmalıdır. Yapılacak olan çalışmalarda farklı indeksler ve algoritmalar kullanılarak arazi yönetimi desteklenebilir. Bu çalışmanın, gelecekte GEE platformu kullanarak yeni çalışmalar gerçekleştirecek araştırmacılara, çalışılacak bölgeye uygun uydu, algoritma ve ürün seçiminde yol göstereceği düşünölmektedir.



## KAYNAKLAR

- Abatzoglou J T, Dobrowski S Z, Parks S A and Hegewisch K C** (2018) Terraclimate, A High-Resolution Global Dataset of Monthly Climate and Climatic Water Balance From 1958-2015. *Scientific Data*, 5: 1–12.
- Abutaleb K, Ngie A, Darwish A, Ahmed M, Arafat S and Ahmed F** (2015) Assessment of Urban Heat Island Using Remotely Sensed Imagery Over Greater Cairo, Egypt. *Advanced in Remote Sensing*, 4: 35-47.
- Acar H H ve Gümüş S** (2011) The Use Of Geographical Information Systems In The Query And The Production Of Multiple Purpose Forest Maps. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1 (1) , 34-44.
- Aksu A** (2007) Kentsel Dönüşümde Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılması-Üsküdar İlçesi Örnek-Esatpaşa- Ünalın Mahalle Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alkan M ve Can E** (2009) Tapu Ve Kadastro Bilgi Sisteminin (Takbis) Geçmişi Ve Gelişim Sürecinin Dünya Perspektifi Bazında İrdelenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11-15 Mayıs, Ankara.
- Aria Q A** (2021) Yüzey Sıcaklığı ve İklimsel Veriler Kullanılarak Zamansal Değişimin Belirlenmesi (Kabil Şehri Örneği). *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir, 187 s.
- Atasever Ü H** (2016) Uzaktan Algılama Teknolojileri Kullanarak Evapotranspirasyonun Belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, 88 s.
- Atış E ve Çelikoğlu Ş** (2019) Sosyo-Ekonomik ve Çevresel Yönleriyle Filyos Vadi Projesi. *International Social Sciences Studies Journal*, 5(29): 49-68.
- Avcı M** (2018) Ekosistem Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Coğrafya Lisans Programı, İstanbul.
- Avdan U and Javanovska G** (2016) Algorithm For Automated Mapping Of Land Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Data. *Advances in Remote Sensing*, 10(4): 1-8.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- AÇA (Avrupa Çevre Ajansı)** (2019) Avrupa’da Arazi ve Toprak. *Avrupa Birliği Yayın Ofisi*, ISBN: 978-92-9480- 164-7,ISSN: 2443- 7689,doi: 10.2800/85429, 60s. Lüksemburg.
- Ayazlı İ E, Emem O ve Batuk F** (2007) Üç Boyutlu Mülkiyet Veri tabanı Tasarımı Üzerine Bir Çalışma. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu (TUFUAB)*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Banger G ve Doğan S** (1998) Arazi Toplulaştırması Projelerinde Arazi Bilgi Sisteminin Kurulması. *HKMO Dergisi*, (83-84).
- Başaran N** (2021) Orman Alanları Değişimlerinin Google Earth Engine İle İncelenmesi: Akdeniz Bölgesi Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir.88s.
- Bilgin C** (2017) Kadastronun Arazi Yönetimindeki Etkileri. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
- Cover M L and Chang L C** (1999) MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 5.0. *MODIS Documentation*, 42-47.
- Çağlayan E B, Erel F, Samur E B, Deniz M, Mobariz M A ve Kaplan G** (2020) Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü’ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi, *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2); 70-76.
- Çelik M A** (2016) Bitki İndeks Modelleri (NDVI, EVI, VCI) Kullanılarak Akdeniz Bölgesi’nde Kuraklık Analizi. *Doktora Tezi*, T.C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş, 264.
- ÇÇŞİM (ÇED Ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü 2020)**. *Çorum İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu*. Türkiye Cumhuriyeti Çorum Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çorum.
- ÇMUSEP** (2019) *Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, CRN Tanıtım Basım, ISBN: 978-605-7599-44-5, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 128s.
- Çolak E ve Sunar F** (2018) Yüzey Sıcaklığı Ve Spektral Yanma İndekslerinin Orman Yangını Analizinde Kullanımı. *Vu. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2018)*, 18-21 Eylül 2018, Eskişehir, DOI: 10.15659/uzalcbs2018.6119.
- Çölkesen İ** (2015) Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelerin Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 245.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dağ M M ve Akbay C** (2022) Sürdürülebilir Tarımsal Uygulamalar ile Küresel Gıda Krizine Karşı Alternatif Çözümler. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 8 (2) , 101-113.
- Demirel Z ve Gür M** (2008) Arazi Yönetimi ve Mesleğimizdeki Değişime Etkileri. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98:5-11.
- Dikmen A Ç** (2017) Madencilik Ve İklim Değişikliği. *Mining And Climate Change*. ISME2017, 27-29.09.2017, Bodrum / Türkiye, 195-205.
- Dinçel S** (2022) Bölüm X. Türkiye’de Ve Dünya’da Nüfus Üzerine Bir Veri Araştırması Ve Durum Değerlendirmesi. *Ekonomi, İdari ve Sosyal Bilimler Araştırmaları*, 175.
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)** (1998) *Filyos Çayı Rüsubat Etüdü Raporu*. DSİ Kastamonu 23. Bölge Müdürlüğü, Kastamonu.
- DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)** (2017) *Taşkın Yönetimi*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yayınları, 228s.
- Döner Ü** (2007) *2007 Yılı Orman Yangınları Değerlendirme Raporu*. Muğla, Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Muğla, 40s.
- Eisenbeiss H** (2009) UAV Photogrammetry. *Dissertation Institute of Geodesy and Photogrammetry*, ETH Zurich, Switzerland, 201.
- El-tantawi A M, Bao A, Chang C and Liu Y** (2019) Monitoring And Predicting Land Use / Cover Changes İn The Aksu-Tarim River Basin, Xinjiang-China (1990-2030), *Environmental monitoring and assessment*, 191: 1–18.
- Erdemli F** (2011) *2011 Yılı Orman Yangınları Değerlendirme Raporu*. Muğla, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Muğla, 44s.
- Erdoğan G ve Şahin S** (2018) Kırsal Kalkınmada Mekânsal Model Akıllı Köy Kümeleri: Datça Örneği. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 3-6 Ekim 2018, Ankara, S. 1468-1477.
- Erkan H, Seylam S G ve Yaşayan A** (2011) Arazi Yönetimi Kavramı Ve Türkiye Gereksinimi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- Erpul G ve Topçu P** (2016) Arazi Koruma Ve Kullanım Politikası. *Ders Notu*, Ankara Üniversitesi Açıkders Yayınları, Fen Bilimleri Enstitüsü Taşınmaz Geliştirme Anabilim Dalı, Ankara, 123s.
- Gitelson A A, Kaufman Y J and Merzlyak M N** (1996) Use Of A Green Channel İn Remote Sensing Of Global Vegetation From EOS-MODIS. *Remote sensing of Environment*, 58(3): 289-298.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Gençer M ve Başayığıt L** (2010) Isparta İli Mera Tahdit Çalışmaları Bitirilmiş Parsellerin CBS Ortamında Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (2):1-8, Isparta.
- Hansen M C, Potapov P V, Moore R, Hancher M, Turubanova S A, Tyukavina A and Townshend J** (2013) High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850-853.
- Hatfield J L, Kanemasu E T, Asrar G, Jackson R D, Pinter Jr P J, Reginato R J and Idso S B** (1985) Leaf Area Estimates From Spectral measurements Over Various Planting Dates Of Wheat, *International Journal of Remote Sensing*, 6(1): 167–175.
- Huete A R** (2012) Vegetation Indices, Remote Sensing and Forest Monitoring. *Geography Compass* 6 (9), 513–532.
- Işık M** (2019) Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşınmaz Değerlemesi. *Yapı Bilgi Modelleme Dergisi*, 1 (1) , 21-26.
- İban M C** (2020) Türkiye Kırsal Arazi Kullanımına Yönelik Bir Konumsal Veri Altyapısının Modellenmesi. *Geomatik*, 5 (3) , 209-227.
- İnan H İ ve Yomralıoğlu T** (2011). Arazi İdaresi İçin Konumsal Modelleme, *HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 104: 21- 29.
- İşçi M** (2021) *2021 Yılı Orman Yangınları Değerlendirme Raporu*. Muğla, Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Muğla, 55s.
- Jagannath V** (2020) Random Forest Template for TIBCO Spotfire®. *TIBCO Community*. Erişim Adresi: <https://community.tibco.com/wiki/random-forest-template-tibco-spotfire>
- Kandemir E** (2010) Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri ile Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, İzmir, 60.
- Karlı S ve Baz İ** (2018) Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Sürecinde Mülkiyet Kavramının Rolü: Başbüyük Ve Gülsuyu Mahalleleri Örneği. *Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, Cilt 1, No 1, 37-52s.
- Kavzoglu T** (2009) Increasing The Accuracy Of Neural Network Classification Using Refined Training Data. *Environmental Modelling & Software*, 24(7): 850-858.
- Khan N M, Rastoskuev V, Sato Y and Shiozawa S** (2005) Assessment of Hydro saline Land Degradation by Using a Simple Approach of Remote Sensing Indicators. *Agricultural Water Management*, 77 (1-3):96-109.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Koçak ve Farshad** (2020) Uydulardan Elde Edilebilen Aerosol Optik Derinlik Verilerini Kullanarak Zemin Seviyesi İnce Partikül Konsantrasyonlarını Tahmin Etmek İçin Doğrusal Olmayan Bir Model Geliştirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(3): 119-127
- Korkmaz M** (2002) Ormanlık Alanlar Ve Orman Ekolojisi Üzerine Bir Değerlendirme. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3: 99-106.
- Kumar L and Mutanga O** (2018) Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential. *Remote Sensing*, 10(10):1509.
- Kundakçı A ve Ergönül B** (2005) 1945'ten Bu Yana Orman Kadastro Uygulamaları ve Toprak Mülkiyeti İlişkileri, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı Kurultay Kitabı* (Cilt 2): 385-397.
- Kurowska K and Kowalczyk C** (2022) Rural Space Modeling—Contemporary Challenges. *Land*, 11(2):173.
- Liu H Q, Huete A R** (1995) A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 33: 457-465.
- Liu Y, Wang Y and Zhang J** (2012) New machine learning algorithm: Random Forest. *Information Computing and Applications: Third International Conference, ICICA 2012*, Chengde, China, September 14-16, 2012. Proceedings 3 (pp. 246-252).
- Lutes D, Keane R E, Caratti J F, Key C H, Benson N C, Sutherland S, and Gangi L J** (2006) FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System. *General Technical Report*, RMRS-GTR-164. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 1 CD, 164.
- McKee T.B, Doesken N.J and Kleist J** (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. *8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January 1993, Anaheim, California, 179-184.
- McKee T B, Doesken N J and Kleist J** (1995) Drought monitoring with multiple time scales. *In Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology*, 15-20 January 1995, Dallas, 233-236.
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)** (2020) Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi. İklim Ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2020-iklim-raporu.pdf> (Ziyaret tarihi: 15.04.2022).
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)** (2022) Buharlaştırma, Evapotranspirasyon Ve Yakalama, <https://www.mgm.gov.tr/genel/buharlasma.aspx?s=3> (Ziyaret tarihi: 28.12.2022).

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)** (2023) Kuraklık İzleme Yöntemleri ve Çeşitleri. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif#sfB> (Ziyaret tarihi: 21.05.2023).
- Miller J D and Thode A E** (2007) Quantifying Burn Severity in A Heterogeneous Landscape with A Relative Version of The Delta Normalized Burn Ratio (RdNBR). *Remote Sensing of Environment*, 109(1): 66–80.
- Mukul İ** (2004) Datça Yarımadası'nın Coğrafyası. *Türk Coğrafya Dergisi*, 43:109-138.
- Nedkov R** (2017) Normalized Differential Greenness Index for vegetation dynamics assessment. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 70(8): 1143-1146.
- Oruç A** (2010) Deniz Koruma Alanlarının Etkili Yönetimi: Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi Örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve İşletmeciliği Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, 80s.
- Özdemir K ve Güngör Ö** (2019) Filyos Çayı Havzasında SWAT Modelinin Uygulaması. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1 (2) , 90-102.
- Özgün G, Vaheddoost B ve Aras E** (2020) Standart Yağış İndeksi(SPI) Metodu Kullanılarak Kuraklık Analizi ve Bursa Doğancı Barajı ile İlişkilendirilmesi. *Published in 4th International Symposium on Natural Hazards*, 24-25 October 2020, Bursa-Türkiye, Academic Platform, 3 (2): 876-885.
- Partal T ve Yavuz E** (2020) Batı Karadeniz Bölgesinde Kuraklık İndisleri Üzerine Trend Analizi Uygulanması. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 6(2): 345-353.
- Peters A J, Walter-Shea E A, Ji L, Vliia A, Hayes M, Svoboda M** (2002) Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68 (1), 71-75.
- Perović V, Jakšić D, Jaramaz D, Koković N, Čakmak D, Mitrović M and Pavlović P** (2018) Spatio-Temporal Analysis Of Land Use/Land Cover Change And Its Effects On Soil Erosion (Case Study In The Oplenac Wine-Producing Area, Serbia). *Environ Monit Assess*, 190:675.
- Praticò S, Solano F, Di Fazio S and Modica G** (2021) Machine Learning Classification Of Mediterranean Forest Habitats In Google Earth Engine Based On Seasonal Sentinel-2 Time-Series And Input Image Composition Optimisation. *Remote Sensing*, 13(4): 586.
- Rouse J W, Haas R H, Schell J A and Deering D W** (1973) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). *Proceedings of 3rd Earth Resources Technology Satellite Symposium*, Greenbelt, 10-14 December, SP-351, 309-317.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rwanga S., Ndambuki J., (2017)** "Accuracy assessment of **Rwanga S and Ndambuki J** (2017) Accuracy Assessment Of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing And GIS. *International Journal Of Geosciences*, 8(04): 611-622.
- Sabuncu A ve Özener H** (2019) Uzaktan Algılama Teknikleri ile Yanmış Alanların Tespiti: İzmir Seferihisar Orman Yangını Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2):317-326.
- Samset B H** (2016) Aerosols and Climate. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press USA.
- Sönmez N K, Aslan G E ve Kurunç A** (2014) Farklı Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkisinin Spektral Yansıma İlişkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(4): 585-595.
- Suhet** (2013) Sentinel-2 User Handbook. *European Space Agency Agence spatiale européenne* 1: 9-64.
- Şener E Ve Şener Ş** (2023) Farklı Zaman Ölçeklerinde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Kullanılarak Alanya İlçesinin Kuraklık Değerlendirmesi. In *International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences*, April 4-6, 2023, Konya, Turkey, 1: 382-388.
- Talebpour B** (2016) Şeker Pancarı Tarımında Değişken Oranlı Gübreleme Olanakları. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 106s.
- Taloor A K, Manhas D S ve Chandra Kothyari G** (2021) Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. *Applied Computing and Geosciences*, 9:100051.
- Tolunay D** (2021) Türkiye’de Ekosistem Tahribat Faktörü Olarak Habitat Ve Arazi Kullanım Değişiklikleri. *Memleket Siyaset Yönetim*, 16 (36): 279-304.
- Türkeş M** (2021) Türkiye’nin su iklimi, iklim değişikliği ve 2019-2020 kuraklığı. *EKOIQ*, 92:90-97.
- UN ve FIG** (1999) Report of the Workshop on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development. *Prepared by the International Federation of Surveyors*, Bathurst-Australia, 54.
- URL-1** < <https://turkiye.un.org/tr/sdgs>>, Ziyaret tarihi: 01.11.2021.
- URL-2** <<https://unece.org/housing/working-party>>, Ziyaret tarihi: 09.08.2022.
- URL-3**<<https://www.gidahatti.com/haber/11522375/saglikli-arazi-yonetim-modeli-nasil-olmalı>>, Ziyaret tarihi: 10.08.2022.
- URL-4** < <https://earthengine.google.com/>>, Ziyaret tarihi: 25.08.2022.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- URL-5** < <https://code.earthengine.google.com/>>, Ziyaret tarihi: 15.04.2022.
- URL-6** < <https://earthengine.google.com/timelapse/>>, Ziyaret tarihi: 15.04.2022.
- URL-7** < <https://explorer.earthengine.google.com/>>, Ziyaret tarihi: 15.04.2022.
- URL-8** < <https://explorer.earthengine.google.com/#index>>, Ziyaret tarihi: 26.05.2023.
- URL-9** < <https://www.esa.int.> >, Ziyaret Tarihi: 26.05.2023.
- URL-10** <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>>, Ziyaret Tarihi: 29.12.2022
- URL-11**<[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/The\\_Sentinel\\_missions](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/The_Sentinel_missions) >, Ziyaret Tarihi: 28.05.2023.
- URL-12**<<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>>, Ziyaret Tarihi: 07.12.2022.
- URL-13** < <https://landsat.gsfc.nasa.gov/> Ziyaret Tarihi: 28.05.2023.
- URL-14** < <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/> Ziyaret Tarihi: 28.05.2023.
- URL-15** < <https://www.usgs.gov/>>, Ziyaret Tarihi: 14.11.2022.
- URL-16** < <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>>, Ziyaret Tarihi: 14.11.2022.
- URL-17**<[https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/CIESIN\\_GPWv411\\_GPW\\_UNWPP-Adjusted\\_Population\\_Density#description](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/CIESIN_GPWv411_GPW_UNWPP-Adjusted_Population_Density#description) >, Ziyaret Tarihi: 07.12.2022.
- URL-18** <<https://chc.ucsb.edu/data/chirps>>, Ziyaret Tarihi: 07.12.2022.
- URL-19** < <https://www.climatologylab.org/terraclimate.html> Ziyaret Tarihi: 28.05.2023.
- URL-20** < <https://www.un-spider.org/node/11416> >, Ziyaret Tarihi: 15.12.2022.
- URL-21**<<https://www.soft.farm/en/blog/vegetation-indices-ndvi-evi-gndvi-cvi-true-color-140>>, Ziyaret tarihi: 04.11.2022.
- URL-22**<<https://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-drought-monitoring-spi/in-detail> >, Ziyaret Tarihi: 15.12.2022.
- URL-23** <[https://en.wikipedia.org/wiki/Decision\\_tree\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree_learning) .>, Ziyaret tarihi: 10.10.2022.
- URL-24**<<https://www.bakka.gov.tr/bolgemiz/bati-karadeniz/sanayisiyle-bati-karadeniz.>>, Ziyaret tarihi: 10.11.2022.
- URL-25** <<https://lpdaac.usgs.gov/products/mod16a2v006/>>, Ziyaret Tarihi: 20.12.2022.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- URL-26** <<https://www.hydrosheds.org/>>, Ziyaret Tarihi: 20.12.2022.
- URL-27** <<https://global-surface-water.appspot.com/>>, Ziyaret Tarihi: 20.12.2022.
- URL-28**<<https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v4-population-density-adjusted-to-2015-unwpp-country-totals-rev11>>, Ziyaret Tarihi: 21.12.2022.
- URL-29**<<https://www.un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/burn-severity-earth-engine>>, Ziyaret Tarihi: 21.12.2022.
- URL-30**<<https://gee-community-catalog.org/projects/msbuildings/>>, Ziyaret Tarihi: 18.06.2023.
- URL-31**<[https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yagis-i-85728#:~:text=T%C3%BCrkiye%20geneli%20y%C4%B1ll%C4%B1k%20ortalama%20alansal,dir%20\(1991%2D2020\).](https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yagis-i-85728#:~:text=T%C3%BCrkiye%20geneli%20y%C4%B1ll%C4%B1k%20ortalama%20alansal,dir%20(1991%2D2020).>)>, Ziyaret Tarihi: 25.05.2023.
- URL-32**<<https://www.mugla.bel.tr/haber/datcadaki-orman-yangini-kontrol-altina-alindi>>, Ziyaret Tarihi: 10.11.2022.
- Yıldırım V** (2021) Kent Bilgi Sistemleri. *Ders Notu*, İstanbul Üniversitesi Açık Ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri Önlisans Programı, 262s.
- Yılmaz Y** (2021) Filyos Deltası Kumul Vegetasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Entitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Karabük.
- Yomralıoğlu T ve Çete M** (2005) Türkiye İçin Sürdürülebilir Bir Arazi Politikası İhtiyacı. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita ve Bilimsel Teknik Kurultayı*, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
- Yomralıoğlu T** (2019a) Arazi Yönetimi. *Ders Notu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 220s.
- Yomralıoğlu T** (2019b) Kadastro. *Ders Notu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 81s.
- Yılmaz M** (2019) Collect Earth Metodolojisi Kullanılarak Çok Amaçlı Arazi İzleme Ve Değerlendirme: Bartın Çayı Havzası Örneği, Türkiye. *Yüksek Lisans Tezi*, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 53.
- Qu L A, Chen Z, and Li M** (2019) CART-RF Classification with Multifilter for Monitoring Land Use Changes Based on MODIS Time-Series Data: A Case Study from Jiangsu Province, China. *Sustainability*, 11(20):5657.
- Wan Z** (2014) New refinements and validation of the collection-6 MODIS land-surface temperature/emissivity product. *Remote sensing of Environment*, 140: 36-45.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

**Wilson E H and Sader S A** (2002) Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80(3), 385-396.



## BİBLİYOGRAFYA

**Atalay İ** (2011) *Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği*. 8.Baskı, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.

**Dale P F and McLaughlin J D** (1988) *Land information management: an introduction with special reference to cadastral problems in third world countries*. Clarendon Press, 266s.

**Key C H and Benson N C** (2000) Measuring and remote sensing of burn severity. *Joint Fire Science Conference and Workshop Proceedings*, 284–285.

**TÜBİTAK-MAM (2013)** *Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Batı Karadeniz Havzası Proje Nihai Raporu*. Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Kocaeli.



## ÖZGEÇMİŞ

Rüveyda TERCAN KÖSE, İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Çorum'da tamamladı. 2012-2016 yılları arasında Bülent Ecevit Üniversite'nin Geomatik Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimi aldı. 2017-2018 yılları arası MRT Haritada, 2018 yılında ACAR-GİS Haritada Sakarya'da görev aldı. 2019-2020 yılları arası Soyut Haritada Çorum'da görev aldı. 2021 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine ve Proland Grup'ta çalışmaya başladı.