

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

**SENTINEL-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK AYÇİÇEĞİ BİTKİSİ**  
**FENOLOJİK EVRESİNİN İZLENMESİ VE VERİM TAHMİN ÇALIŞMASI**

**GEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÖMER GÖKBERK NARİN**

**MAYIS 2019**

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

**SENTINEL-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK AYÇİÇEĞİ BİTKİSİ**  
**FENOLOJİK EVRESİNİN İZLENMESİ VE VERİM TAHMİN ÇALIŞMASI**

**GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ömer Gökberk NARİN**

**DANIŞMAN: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN**

**ZONGULDAK**

**Mayıs 2019**

**KABUL:**

Ömer Gökberk NARİN tarafından hazırlanan “Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak Ayçiçeği Bitkisi Fenolojik Evresinin İzlenmesi ve Verim Tahmin Çalışması” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 06/05/2019

**Danışman:** Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik  
Mühendisliği Bölümü

.....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik  
Mühendisliği Bölümü

.....

**Üye:** Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü

.....

---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../20....

.....

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN  
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.”*

Ömer Gökberk NARİN  


## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### SENTINEL-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK AYÇİÇEĞİ BİTKİSİ FENOLOJİK EVRESİNİN İZLENMESİ VE VERİM TAHMİN ÇALIŞMASI

Ömer Gökberk NARİN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

Mayıs 2019, 67 sayfa

Dünyanın nüfusunun artışıyla birlikte, şehirleşme artmakta ve tarım arazileri azalmaktadır. Bu sebeple tarım arazilerinin izlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, Sentinel-2 optik görüntüleme uyduları ile ayçiçeği bitkisinin fenolojik evresini Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry (BBCH) kod ölçeğinde incelenmesi ve verim tahmini çalışmaları için uygunluğunun analiz edilmesidir.

Çalışma kapsamında; Ayçiçeği üretiminde önemli yeri olan Tokat ili Zile ilçesinde ayçiçeği parselleri tespit edilmiştir. Tespit edilen parsellerin tapu sınırları öğrenilmiş ve fenolojik evresi sürecinde dört kez araziye çıkılarak bitkinin evre takibi gerçekleştirilmiştir. Uydudan takibi için 5 gün zamansal çözünürlüğe ve 13 adet bant ile geniş spektral çözünürlüğe sahip, ücretsiz olarak erişimi sağlayan Sentinel-2 optik görüntüleme uyduları tercih edilmiştir.

## ÖZET (devam ediyor)

Çalışmada, Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index), Normalize Fark Bitki İndeksi kırmızı-kenar 1 (NDVIre1: Normalized Difference Vegetation Index red-edge 1), Basit Oran kırmızı-kenar 1 (SRre1: Simple Ratio red-edge) bitki indeksleri ile evre takibi ve parsel bazlı verim hesabı yapılmıştır.

Çalışmada, ayçiçeği bitkisi fenolojik evresi sürecinde 23 adet görüntü kullanılmış ve her görüntüde parsellerin yansıtım değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, bitki indeks değerleri ile verim arasındaki korelasyonlara bakılmıştır. Güvenilirlik ölçütü olarak Karesel Ortalama Hata (KOH) dikkate alınmıştır.

Çalışmanın sonucunda, BBCH kod ölçeğinde korelasyonun en yüksek olduğu evre çiçek tablası oluşumu evresi olduğu görülmüştür. Hesaplanan verim değerlerinin KOH'a göre 30 Haziran tarihinde NDVI 22.63 Kg, 8 Temmuz tarihinde SRre1 29.99 Kg ve 10 Temmuz tarihinde SRre1 29.12 Kg ile en iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sentinel-2 verisinin ücretsiz imkanıyla ve kırmızı-kenar bölgede bulunan bantlarıyla, ayçiçeği bitkisinin izlenmesinde güvenilirliği yüksek oranda verim tahmini yapılabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sentinel-2, NDVI, NDVIre1, SRre1, Ayçiçeği, Verim Tahmini

**Bilim Kodu:** 616.02.04

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **MONITORING OF PHENOLOGICAL STAGE AND YIELD ESTIMATION OF SUNFLOWER PLANT USING SENTINEL-2 SATELLITE IMAGES**

**Ömer Gökberk NARİN**

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

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Saygın ABDİKAN**

**May 2019, 67 pages**

With the increase of the world's population, urbanization is increasing while farmland is decreasing. For this reason, monitoring of agricultural lands is important. The main aim of this study is to investigate the phenological stage of sunflower plant with Sentinel-2 images in the scale of the code of the Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry (BBCH). In addition, suitability for yield estimation was analyzed.

To this aim, sunflower parcels were identified in Zile district of Tokat province, where sunflower production is important. Boundary of the parcels were defined and four field-work was conducted to check the phenological phase of the sunflower. Sentinel-2 images were preferred due to free access acquisition of 5 days temporal resolution and 13 multi-spectral band data.

## **ABSTRACT (continued)**

Parcel based yield estimation was calculated with Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Vegetation Index red-edge 1 (NDVI<sub>re1</sub>), and Simple Ratio red-edge 1 (SR<sub>re1</sub>).

In the study, 23 images were acquired and the reflectance values of the parcels in each image were calculated for the sunflower phenological stage analysis. In addition, correlations between vegetation indices and yield were investigated. The Root Mean Square Error (RMSE), was taken into account as reliability measure.

As a result, the stage inflorescence emergence in the BBCH code scale achieved the highest correlation. According to RMSE, the calculated yield values were found to be best with NDVI 22.63 Kg on June 30, SR<sub>re1</sub> 29.99 Kg on July 8 and SR<sub>re1</sub> 29.12 Kg on July 10th. Free-of-charge Sentinel-2 images that have red-edge bands provided high rate of reliable sunflower yield estimation.

**Keywords:** Sentinel-2, NDVI, NDVI<sub>re1</sub>, SR<sub>re1</sub>, Sunflower, Yield Estimation

**Science Code:** 616.02.04



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek, bu çalışmanın tamamlanabilmesi için bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli Hocam Sayın Doç. Dr. Saygın ABDİKAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimi sırasında olduğu kadar yüksek lisans çalışmalarım boyunca da beni yönlendirerek beni sürekli olarak cesaretlendiren ve destekleyen, Hocam Sayın Arş. Gör. Ahmet DELEN'e çok teşekkür ederim. Yüksek lisans arazi çalışmalarına destek olan ve tez içeriğimin olgunlaşması için tecrübeleri ile destek olan Hocam Sayın Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI'ya ve Arş. Gör. Dr. Alihsan ŞEKERTEKİN'e teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Mustafa AKÇAKOCA'ya, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Harita Mühendisliği lisans öğrencileri Hamdi SARI'ya ve Emrecan TÜRKMEN'e teşekkürü borç bilirim. Ayrıca, çalışmam sürecinde yardımını esirgemeyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü'nün tüm akademik ve idari çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında bizleri bölge hakkında bilgilendiren Zile İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nün kıymetli personellerine, Zile Ticaret Borsası'na, Fatih köyü muhtarı ve halkına teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her döneminde sağlamış oldukları maddi ve manevi destekleri ile bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan annem Nesrin NARİN'e, babam Mustafa NARİN'e ve abim Yasin Ayberk NARİN'e teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimimin her döneminde beni cesaretlendiren, çalışmanın bitmesi için bana sürekli verdiği desteklerden ve yüksek lisans eğitimimi başarılı şekilde bitireceğimi her fırsatta dile getiren Sevgili Arkadaşım Cansu İNANÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasında Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: 2018-47912266-02) kapsamında maddi destek sağlayan Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'ne teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 OPTİK UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL ESASLARI .....	5
2.1 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM .....	5
2.2 ATMOSFERDEKİ ENERJİ ETKİLEŞİMLERİ .....	6
2.3 YERYÜZÜNÜN ELEKTROMANYETİK ENERJİ İLE ETKİLEŞİMİ.....	7
2.4 SPEKTRAL YANSITMA ÖZELLİKLERİ .....	8
2.4.1 Bitki Örtüsünün Spektral Yansıtma Özellikleri.....	9
2.4.2 Toprağın Spektral Yansıtma Özellikleri .....	10
2.4.3 Suyun Spektral Yansıtma Özellikleri.....	11
BÖLÜM 3 OPTİK UZAKTAN ALGILAMANIN TARIMDA KULLANIMI.....	13
3.1 OPTİK UZAKTAN ALGILAMADA KULLANILAN BİTKİ İNDEKSLERİ.....	15
BÖLÜM 4 UYGULAMA .....	17

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.1 ÇALIŞMA ALANI.....	17
4.2 ARAZİ ÇALIŞMASI VE KULLANILAN VERİ.....	19
4.2.1 Ayçiçeği Bitkisi ve Fenolojik Evreleri .....	22
4.2.2 Sentinel-2 Optik Görüntüleme Uyduları.....	24
4.3 YÖNTEM .....	26
4.3.1 Sentinel-2 Uydu Görüntülerinden İndeks Değeri Hesaplama .....	27
4.3.2 Ayçiçeği Parsellerinin Verim Bilgilerinin Elde Edilmesi.....	32
4.3.3 İndeks Değerleri ve Verim Arasındaki Korelasyon Analizi .....	33
BÖLÜM 5 BULGULAR.....	37
BÖLÜM 6 SONUÇ .....	47
KAYNAKLAR.....	49
EK AÇIKLAMALAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Uzaktan algılama süreci ve bileşenleri.....	5
Şekil 2.2 Elektromanyetik spektrum .....	6
Şekil 2.3 Optik sistemlerde atmosfer etkisi.....	7
Şekil 2.4 Elektromanyetik enerji ile yeryüzü arasındaki etkileşim.....	8
Şekil 2.5 Bitki, toprak ve suyun genelleştirilmiş yansıtım özellikleri .....	9
Şekil 2.6 İğne ve geniş yapraklı ağaç türlerine ilişkin yansıtım özellikleri .....	10
Şekil 2.7 Toprağın nem miktarına göre yansıtım eğrisi .....	10
Şekil 2.8 Bulanık nehir suyu ve durgun göl suyunun ortalama yansıtım eğrisi.....	11
Şekil 3.1 Farklı tarihli Sentinel 2 uydusu 4,3,2 (doğal renk gösterimi) bant dizilimi.....	14
Şekil 3.2 Farklı tarihli Sentinel 2 uydusu 8,3,2 (yanlış renk gösterimi) bant dizilimi. ....	15
Şekil 4.1 Tokat ili Zile ilçesi. ....	18
Şekil 4.2 Tarım arazileri Google Earth görüntüsü (kırmızı poligonlar). Görüntü Tarihi: 9 Ekim 2017. ....	18
Şekil 4.3 Kırmızı poligonlar çiftçi kayış sistemi verileri beyaz poligonlar tespit edilen parseller. ....	19
Şekil 4.4 Tapu sınırından farklı olarak kullanılan ayçiçeği ekili parselin alan tespiti Google Earth görüntüsü. Görüntü Tarihi: 9 Ekim 2017.....	20
Şekil 4.5 Ayçiçeği ekili arazilerin bölgemizde tarihlere göre gösterimi.....	21
Şekil 4.6 Arazi Çalışmaları. ....	21
Şekil 4.7 Türkiye geneli en çok ayçiçeği tarımı yapılan 10 il.....	23
Şekil 4.8 Ayçiçeği bitkisinin her bir evresindeki görünümü.....	24
Şekil 4.9 a) Üst atmosfer düzeltmeli Level-1C b) Alt atmosfer düzeltmeli Level-2A görüntüleri [URL-18]. ....	25
Şekil 4.10 Uydu Görüntüsü üzerinden verim tahmini için iş akış şeması.....	27
Şekil 4.11 SNAP programı ara yüzü. ....	28
Şekil 4.12 Yeniden örnekleme modülü ve parametre ayarları. ....	29
Şekil 4.13 Yeniden boyutlandırma modülü ve parametre ayarları.....	30
Şekil 4.14 Piksel eşleme modülü ve parametre ayarları.....	31
Şekil 4.15 Bazı parsellere ait seçilen piksel örnekleri.....	32
Şekil 4.16 Oluşturulan bitki indeks görüntüsü örnekleri a) NDVI b) NDVIre1 c) SRre1 görüntü tarihi:18 Temmuz 2018.....	32
Şekil 4.17 On adet bitki indeksinin ayçiçeği verimi ile 30 Haziran'a ait korelasyonları.....	34
Şekil 4.18 Modelin KOH değerinin elde edilmesi. ....	35
Şekil 5.1 Ayçiçeği biktisi, bitki indeksi yansıtım grafiği. ....	37

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.2 Yağmur sebebiyle yansıtım değerindeki grafikte görülen azalma.....	38
Şekil 5.3 Evrelere karşılık gelen Sentinel-2 uydularına ait görüntü sayısı. ....	38
Şekil 5.4 Her bir grup için KOH değerleri. ....	44



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 Optik uydu görüntüsü sağlayan uyduların özellikleri. ....	14
Çizelge 3.2 Sentinel-2 uydusu için bitki indeksleri.....	16
Çizelge 4.1 Bölgeyi temsil edecek şekilde alınmış toprak örneklerine ait özellikler. ....	22
Çizelge 4.2 Türkiye geneli ve Tokat ili Zile ilçesinde 2015, 2016, 2017 yılına ait yağlık ayçiçeği ekim alanı (da), üretim (ton), verim (kg/da). ....	23
Çizelge 4.3 Sentinel-2 uyduları görüntü seviyeleri. ....	25
Çizelge 4.4 Sentinel-2A ve Sentinel -2B uyduları bant özellikleri. ....	26
Çizelge 4.5 Sentinel-2 uydusu görüntü tarihleri.....	27
Çizelge 5.1 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki korelasyonlar. ....	39
Çizelge 5.2 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki gerçek verim ile indeks yansıtım değeriyle elde edilmiş verim arasındaki farklar. ....	39
Çizelge 5.3 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki ortalama KOH.....	45





## EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK 1: Bitki İndeksleri ile Üretilmiş Ayçiçeği Parsellerinin 23 Uydu Görüntüsü İçin Yansıtım Değeri (a) NDVI (b) NDVIre1 (c) SRre1 .....	55
EK 2: Bitki İndekslerinin Ayçiçeği Bitkisi ile Korelasyonları .....	59
EK 3: Bitki İndekslerinden Oluşturulan Doğrusal Fonksiyonlar .....	61





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

°	: Derece
'	: Dakika
°C	: Santigrat Derece
”	: Saniye

### KISALTMALAR

<b>BBCH</b>	: Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry
<b>CIre</b>	: Chlorophyll Index red-edge
<b>Da</b>	: Dekar
<b>ESA</b>	: European Space Agency
<b>EVI</b>	: Enhanced Vegetation Index
<b>GEOTIFF</b>	: Geostationary Earth Orbit Tagged Image File Format
<b>GNDVI</b>	: Green Normalized Difference Vegetation Index
<b>İHA</b>	: İnsansız Hava Aracı
<b>KOH</b>	: Karesel Ortalama Hata
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>M</b>	: Metre
<b>NDI45</b>	: Normalized Difference Index 45
<b>NDVI</b>	: Normalized Difference Vegetation Index
<b>NDVIre1</b>	: Normalized Difference Vegetation Index red-edge 1
<b>NDVIre2</b>	: Normalized Difference Vegetation Index red-edge 2
<b>NDVIre3</b>	: Normalized Difference Vegetation Index red-edge 3
<b>NIR</b>	: Near Red Infrared
<b>NOAA</b>	: National Oceanic and Atmospheric Administration
<b>Nm</b>	: Nanometre

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

<b>SRre1</b>	: Simple Ratio red-edge 1
<b>SRre2</b>	: Simple Ratio red-edge 2
<b>SRre3</b>	: Simple Ratio red-edge 3
<b>SNAP</b>	: Sentinel Application Platform
<b>TM</b>	: Thematic Mapper



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Bilgi çağı olarak nitelendirdiğimiz içinde bulunduğumuz zamanda bilgiye ulaşmaktan ziyade bilgiye hızlı, güvenilir ve ucuz şekilde ulaşmak hedeflenmektedir. Elimizde ham bilgi olarak nitelendirebileceğimiz verileri, doğru işlem adımlarını izleyerek doğru bilgiye en kestirme yoldan ulaşabilmek oldukça önemlidir. Günümüzde, gelişen uzay teknolojileri sayesinde yörüngede gezen uydular dünyayı kısa periyodik zamanlarda gözlemleyebilmektedir. Böylece sık alınan uydu verilerini arşivlemek mümkün hale gelmiştir. Arşivlenen uzaktan algılama verileri tarım uygulamalarından hayvanların göç yollarına, yüzey deformasyonundan arkeolojik çalışmalara kadar birçok alanda geniş bir yelpazede bilgiye hızlı şekilde ulaşmamızı sağlayan altyapıyı sunmaktadır.

Dünyadaki nüfus artışı ve insanların gelişen teknoloji ile birlikte yükselen hayat standartları kısıtlı doğal kaynaklar üzerinde büyük sorunlar oluşturmaktadır. Dünya üzerinde kalabalıklaşan nüfus için enerji kaynağı bulmada büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Kısıtlı doğal kaynaklar üzerinde tasarruf uygulaması, kullanımın en optimum düzeyde olması dışında pek bir etkide bulunamasa da nüfusun gereksinim duyduğu enerjiye yani yiyecek üretimindeki ham maddelerin kısıtlı tarım arazilerinde üretimini artırmaya yönelik akıllı tarım uygulamalarına dünyanın dört bir tarafında geçilmeye başlanmıştır [URL-1].

Akıllı tarım uygulamalarında uzaktan algılama yöntemleri giderek önem kazanmaktadır. Dünyadaki uygulamalara paralel olarak tarımda kullanıma yavaş yavaş geçilmeye başlanmıştır. Bu sayede tarımsal uygulamalarda rekolte tahmini, sulu tarım yapılan arazilerin tespiti, ürün deseninin oluşturulması, hasar tespitleri, ürün veriminin arttırılmasına yönelik çalışmalar gibi birçok alanda kullanılmaktadır [1].

Uzaktan algılamanın tarımda kullanımı 20. Yüzyılın ikinci çeyreğinden itibaren yürütülmektedir. 1937 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Doğal Kaynaklar Koruma

Hizmeti (NCRS) tarafından üretilen ilk geniş alanlı hava kaynaklı fotogrametrik uygulamalar, bölgede bulunan bitkilerin büyüme mevsimleri boyunca bilgi edinmesinde katkıda bulunmuştur [1]. 1950'li yıllarda mikrodalga bölgesinde tarım ürünlerinin incelenmesi ile devam eden çalışmalar, 1972 yılında yeryüzünde bulunan kaynakların incelenmesi için Landsat-1 uydusunun uzaya fırlatılmasıyla bu konu özelinde yeni bir çağ açılmıştır [2].

İlk başlarda dünya ölçeğinde ya da daha büyük alanlarda bitkisel ürün anlamında genel bilgiler verilirken uydu teknolojilerinin gelişmesiyle mekansal çözünürlüğün artmasıyla parsel bazlı çalışmalar yapılmaya başlamıştır. European Space Agency (ESA) tarafından 2015 yılında Fransa'dan fırlatılan Sentinel-2A uydusu, tarımsal uygulamalardan risk ve felaket haritalanmasına kadar birçok alanda fayda sağlamaktadır. Sentinel-2A uydusunun bitki örtüsü durumunda önemli bilgiler veren "red-edge" bölgesinde üç bant bulundurması tarım uygulamalarında büyük avantaj sağlamaktadır. Mekansal çözünürlüğün görünür bantlarda (RGB) ve Yakın Kıızıl Ötesi (Near Red Infrared - NIR) bantta 10 metre olması parsel bazlı çalışmaları mümkün kılmaktadır. Zamansal çözünürlüğünün 10 gün olması sayesinde de bitkinin gelişim evresini izlemektedir [URL-2].

Bitki verim tahmini çalışmalarında, birçok ülkede geleneksel olarak saha raporlarına dayanan verim tahmini yapılmaktadır. Geleneksel yöntemler maliyetli, zaman alıcı ve eksik veri sonucu oluşacak büyük hatalara eğilimlidir. Bu sebepten tahminler yanıltıcı olmaktadır. Çoğu ülkede, gıda sıkıntısını önlemede alınacak uygun eylemler için veriler çok geç kalmaktadır. Uzaktan algılama verilerinin daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir [3]. [4] çalışmasında geleneksel verim tahmini yöntemleri ve uzaktan algılama yönteminin avantajlarını ve dezavantajlarını incelemişler ve birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları olmasına rağmen uzaktan algılamanın daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. [5], Kuzey Çin'de yer alan Hebei eyaletinin bir kısmında uzaktan algılama veri kullanarak bölgesel ürün verimini, su tüketimini ve su tüketim verimliliğine yönelik çalışma yapmışlardır. Mısır ve buğday bitkileri ile yaptıkları çalışmalarda ürün verim aralıklarını oluşturdukları model neticesinde belirlemişlerdir ve başka bölgelerde kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Uydu görüntülerinin özellikle tarım alanlarında kullanılmasının başlıca nedeni, geniş alanları kapsayarak tarım ürünlerine ait bilgilerin hızlı bir şekilde elde edilmesidir. Hasat öncesi tarım ürünlerinin alansal olarak dağılımlarının elde edilmesi ve rekolte tahminlerinin yürütülmesi ekonomik açıdan pazarın yönlendirilmesinde ve yiyecek güvenliği açısından önemlidir [6,7].

Tarım ürünlerine ait verimlilik hesaplarının yapılmasında bitki indeksleri yüksek oranda doğru sonuçlar sağladığı için kullanılmaktadır. Bunların başında Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) gelmektedir [7,8]. [9], Konya ilinde mısır verimi tahmini çalışmalarında uçurtmaya entegre edilmiş kamera sistemi ile elde edilen NDVI değerleri ile verim değerlerini karşılaştırmış ve mısır bitkisinin çiçeklenme döneminde bu ilişkinin çok yüksek olduğunu ( $R^2=0.945$ ) tespit etmiştir. Kırmızı kenar bant kullanımının pamuk tarla verimi tahmin doğruluğunu artırmadaki katkısını araştırmak için RapidEye görüntüleri kullanılmıştır. 2010-2014 yılları arası alınan görüntüler üzerinde, NIR ve kırmızı kenar bantlarının yansıma değerleri ile pamuk ürünü verim değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışma sonunda, kırmızı kenar bandın pamuk ürün verimi ile doğrusal bir ilişki içinde olduğu ve NIR ile birlikte kullanılması durumunda verim tahmin doğruluğunun artıracakları sonucuna varmışlardır. Bu sonucun sadece pamuk bitkisi değil diğer bitkiler için de katkı sağlayabileceğini ifade etmişlerdir [10]. [8] çalışmasında spektro radyometre ile ölçtükleri NDVI değerlerini, buğday bitkisinin gelişim evreleri ile ilişkilendirmiş ve olgunluk evresinde tahıl verimi ile daha yüksek korelasyona sahip olduğunu bulmuşlardır. [7], üç bölgede pirinç, buğday ve mısır bitkilerinin büyüme evreleri ile düşük çözünürlüklü (1 km) MODIS uydusundan elde edilen NDVI verileri arasındaki korelasyon ilişkisine bakmış ve en iyi periyotların baş verme, çiçeklenme ve tane doldurma olduğunu belirtmişlerdir.

[11], Batı Anadolu Bölgesinde bulunan 2002 yılı pamuk ekili alanları ve pamuk ürün rekoltesi belirleyebilmek için 2002 yılına ait mayıs ve ağustos aylarında Landsat 7 Thematic Mapper (TM) uydusu görüntülerini kullanmışlardır. Sonucunda kolay, ekonomik, yüksek doğruluk ve hızlı olması sebebiyle uydusu verileri kullanılarak pamuk ekili alanların ve pamuk ürün rekoltesinin belirlenmesinde daha sağlıklı olacağı ifade edilmiş ve gelişen tekniklerin kullanılmasıyla bölgesel ve ülkesel bazda daha önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. [12] Ankara ili Şereflikoçhisar ilçesinde yaptıkları çalışmada buğday ve arpa ürünlerinin ekili alan tespiti ve rekolte tahmini yapmak için Landsat verisi kullanmıştır. Yapılan çalışmada üç farklı indeks kullanarak karşılaştırılma yapılmış, üç indeksler de %90 üzerinde doğruluk elde edildiği belirtilmiştir. [13] Çin genelinde Landsat TM, yer örnekleri ve National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) verileri ile yaptığı çalışmada geniş alanlarda farklı tarım ürünlerinin izlenmesi ve verim tahmini yapmak için doğru sonuçlar elde edildiğini belirtmiştir. Çoklu kaynak verileri için entegrasyon teknikleri, karmaşık coğrafi koşulların etkisi altında modelleme ve dikim alanlarının belirlenmesi, verim tahmini için uzman sistemin oluşturulması, yer örneklerinin azaltılması, verim tahmini doğruluğunu geliştirmek vb. gibi sorunların

araştırılması ve geliştirilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. [14] Macaristan'da yaptıkları çalışmada iki farklı yöntemi karşılaştırmış ve kesin metot olarak adlandırdıkları metodun iyi çıktığını belirtmişler ve başka ülkelerde de uygulanabileceğini belirtmişlerdir. [15] Daha geniş ülke bazlı bir çalışmada mısır verimlilik değerinin kestiriminde Enhanced Vegetation Index (EVI) sonucunun NDVI dan daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. [16] Edirne'de ayçiçeği verim tahmini yapmak için SPOT verilerinden piksel tabanlı sınıflandırma ile ayçiçeği üretim alanları belirlenmiş ve verim tahmini için düşük çözünürlüklü NOAA NDVI bitki indeksi görüntüleri ile agrometeorolojik veriler ele almışlardır. [17] Kuzey İspanya'da Cordaba yakınlarında seçilmiş parsellerde gerçekleştirilen çalışmada İnsansız Hava Aracı (İHA) ile çok zamanlı görüntü elde edilmiş verimin yükseklik ve hastalık ile ilişkisi incelenmiş. Sonuç olarak çok spektrumlu verilerin regresyon modelleri geliştirmek için kullanılabileceği ve diğer mekânsal bilgilerle gelişebileceği ayçiçeği tarlalarının özel olarak ve hassas tarım yöntemiyle yönetilmesi için stratejilerin geliştirilmesi sonucuna varmışlardır. [18] Ürünlerin ekimden hasada kadar yeterli sayıda optik görüntülerle (Landsat, SPOT, Formosat ve Rapideye) izlenmesinin nadir olduğunu belirtmiştir. Çeşitli tarım bitkilerinin verimlilik oranlarının tespit edilmesinde çoğunlukla optik verilerden üretilen NDVI verilerinin kullanıldığı görülmektedir. Optik uyduların tekrarlı geçiş sürelerinden dolayı yeterli sayıda görüntü vermediği ifade etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, literatür taramasında görülen eksiklikler ve diğer uydulara göre yeni veri toplamaya başlamış Sentinel-2 optik görüntüleme uydularının ayçiçeği bitkisi özelinde performansının incelenmesidir. Bu doğrultuda çeşitli bitki indislerinin oluşturulması ve ayçiçeği bitkisinin büyümeden hasat evresine kadar geçen zaman boyunca Sentinel-2 verileri alınarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İkinci aşamada hasat sonunda belirlenen tüm parseller için verim değerlerinin elde edilmesi ve bitkinin büyüme evreleri ile olan ilişkisinin analiz edilmesi hedeflenerek bitkinin hangi evrede daha çok korelasyona sahip olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez aşamasında hipotez aşağıdaki maddeler şeklinde kurulmuştur;

- Çok zamanlı Sentinel-2 verisi kullanılarak ayçiçeği bitkisinin zamansal gelişimi izlenebilir.
- Ayçiçeği bitkisi için kırmızı kenar bant kullanıldığında indeks ile verimlilik arasındaki korelasyon artar.
- Ayçiçeği bitkisinin hasat öncesi verim tahmini Sentinel-2 verisi ile yüksek doğrulukla belirlenebilir.

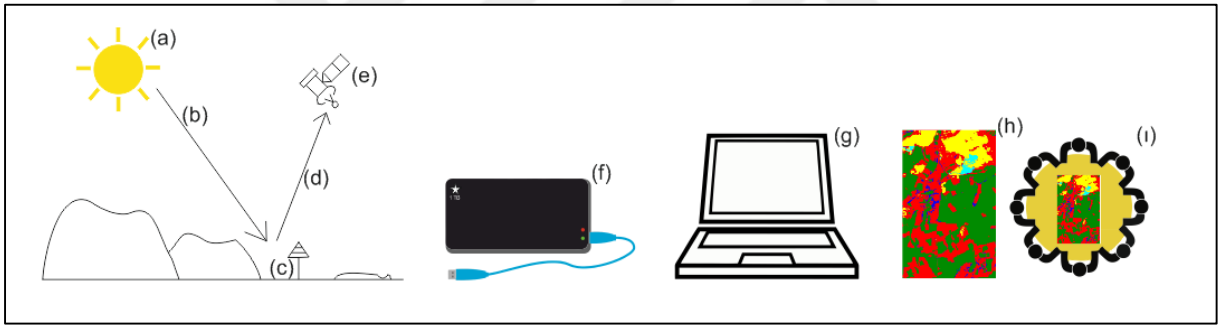


## BÖLÜM 2

### OPTİK UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL ESASLARI

İncelemeyi düşündüğümüz bir bölge, olay ya da cisme temas etmeksizin algılayıcılar tarafından şekli, boyutu, rengi gibi fiziksel özellikleri hakkında bize bilgi temin eden bilime uzaktan algılama denmektedir [1].

Şekil 2.1 şematik olarak incelenecek bölge, olay ya da cisimden elde edilecek bilgilerin sürecini ve bileşenlerini göstermektedir.



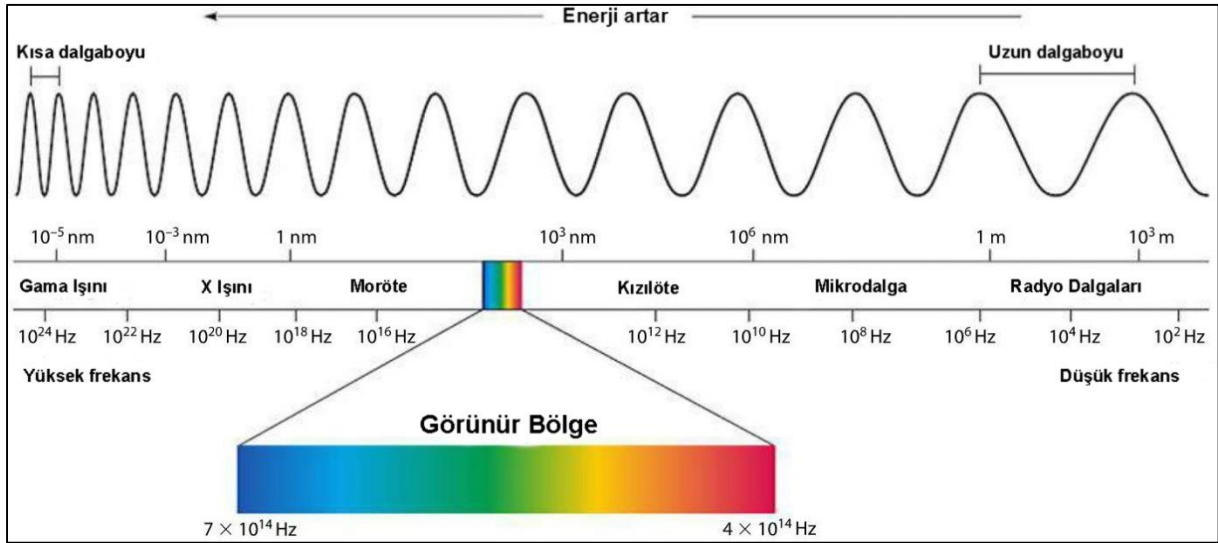
**Şekil 2.1** Uzaktan algılama süreci ve bileşenleri.

Enerji kaynağı (a), enerjinin ilerlemesi (b), incelenen bölge (c), yeryüzünden yansıyan enerji (d), algılama sistemi (e), ürünün arşivlenmesi (f), görüntünün yorumlanması ve işlenmesi (g), sonuç ürün (h), kullanıcı (i).

### 2.1 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Elektromanyetik spektrum, mikrodalga fırınlar sayesinde yiyeceğimizi ısıtmak için mikrodalga ışınları, cep telefonları ile görüşme yapmamızı sağlayan radyo dalgaları, röntgen çekiminde kullanılan ya da güvenlik amacı ile yapılan bagaj kontrolünde kullanılan x-ışınından, gökkuşağında gördüğümüz kırmızıdan maviye kadar uzanan bütün renkler elektromanyetik

spektrumun birer parçasıdır. Elektromanyetik spektrumda 7 temel dalga boyu aralığı vardır (Şekil 2.2).



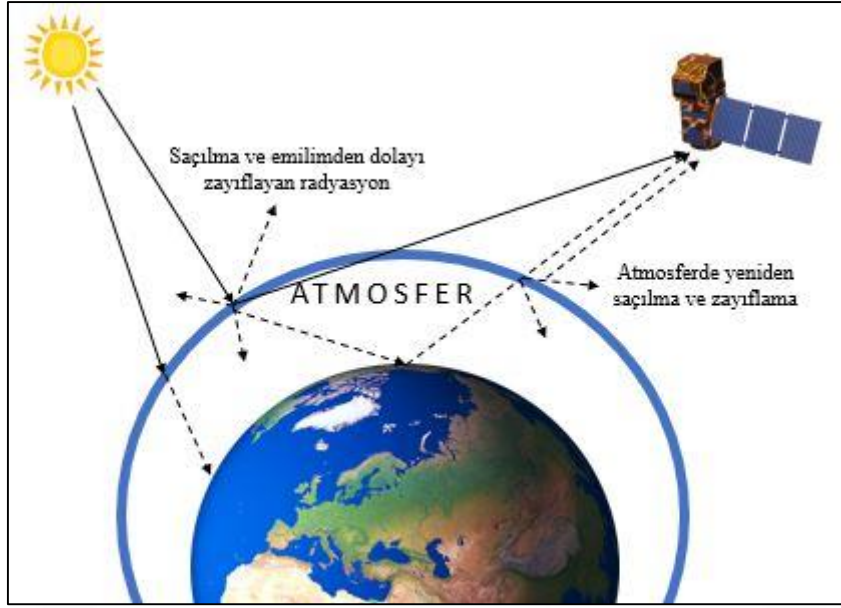
Şekil 2.2 Elektromanyetik spektrum [URL-3].

Elektromanyetik spektrumda bilmemiz gereken temel iki kavram vardır. Birincisi frekans, dalganın saniyede yaptığı salınım sayısı, ikincisi dalga boyu yani dalganın iki tepe iki çukur noktası arasındaki mesafedir.

Elektromanyetik spektrumda görünür bölge diye adlandırılan kısım insan gözünün algılayabildiği bölgedir. Kızılötesi bölge ise klorofille duyarlı olduğu için bitki çalışmalarında önemlidir ve sıklıkla kullanılmaktadır.

## 2.2 ATMOSFERDEKİ ENERJİ ETKİLEŞİMLERİ

Elektromanyetik enerji, uzaktan algılama sisteminde bulunan bir algılayıcı tarafından algılanmadan önce atmosferden geçer. Elektromanyetik enerjinin optik sistemlerde izlediği yol, Güneşten yayılan enerjinin hedefe çarpana kadar ve geri döndükten sonra atmosferin içerisinde yol katettiği yoldur ve atmosfer içerisindeki bu hareketine “iz uzunluğu” adı verilmektedir. İz uzunluğu atmosferin kalınlığına ve hedef dünya üzerindeki konumuna göre değişebilir. İz uzunluğundaki bu değişimine bağlı olarak frekansında, yoğunluğunda, doğrultusunda ve hızında belirli bazı değişimler meydana gelmektedir [1,12] (Şekil 2.3).



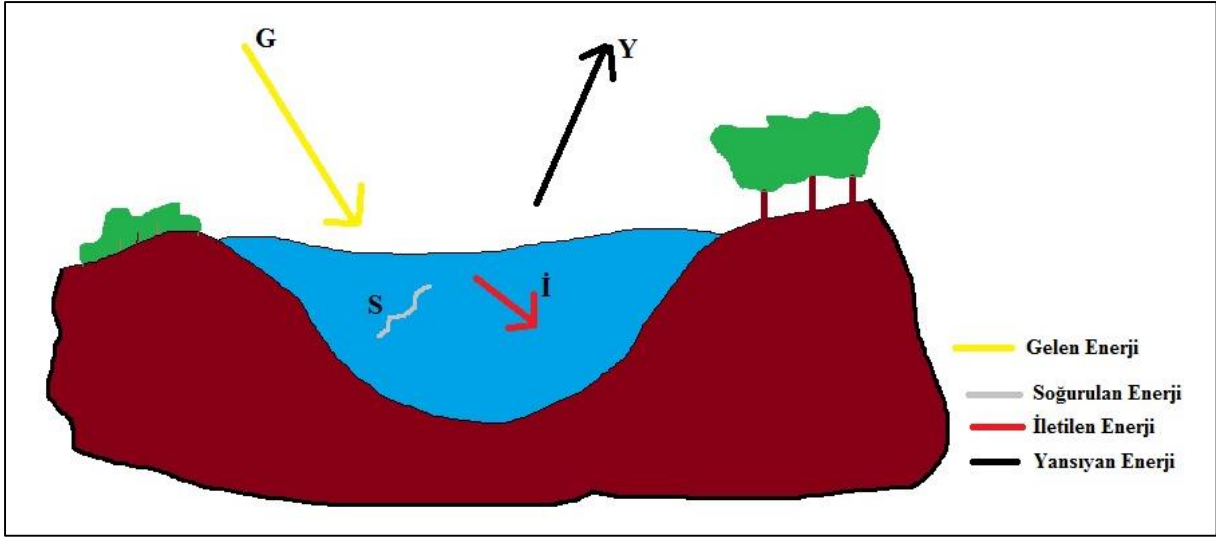
**Şekil 2.3** Optik sistemlerde atmosfer etkisi.

Atmosferde bulunan su buharı, karbondioksit ve ozon gibi bileşenler yüzünden iz uzunluğu sürecinde enerji kaybı oluşmaktadır ve bu enerji kaybına “soğurma“ adı verilmektedir. Soğurma sürecinde büyük frekanslı enerjiler küçük frekanslı enerjilere dönüşmektedir.

Atmosferdeki duman, toz ve yağmur damlaları gibi parçacıklar yüzünden öngörülemeyen yön değişimlerine “saçılma“ denir. Atmosferin 9-10 km’lik kısmında ışığın dalga boyundan küçük olan enerjinin gaz moleküllerine çarpıp saçılmasına “rayleigh saçılması“ denir. Gökyüzünün mavi görülmesi rayleigh saçılmasının sonucudur. Atmosferin 5 km’lik kısmına kadar bulunan su buharı ve toz gibi maddeciklerin enerji dalga boyuna eşit olduğu durumlarda görülen saçılmaya “mie saçılması“ denir. Mie saçılması rayleigh saçılmasına göre daha az baskındır.

## 2.3 YERYÜZÜNÜN ELEKTROMANYETİK ENERJİ İLE ETKİLEŞİMİ

Yeryüzüne gelen enerji, yeryüzüne ya da yeryüzü üzerinde bulunan herhangi bir cisme çarptıktan sonra gelen enerji (G) yansıtılır (Y), soğurular (S) veya iletilir (İ) (Şekil 2.4).

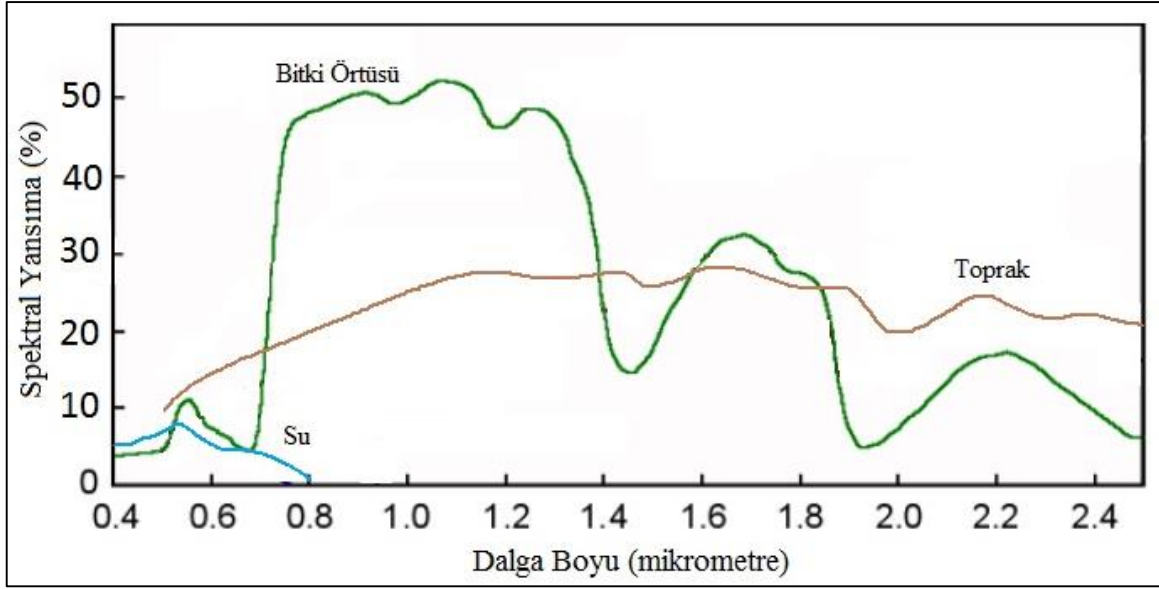


**Şekil 2.4** Elektromanyetik enerji ile yeryüzü arasındaki etkileşim.

Cisme gelen bütün enerji yön değiştirebilir ama enerjinin korunumu ilkesi gereğince yansıtılan, soğurulan ve iletilen enerjinin toplamı gelen enerjiye eşit olmak zorundadır [19]. Cisme gelen enerjinin yansıyan, iletilen ve soğurulan oranı değiştiğinden dolayı cisimlerin çeşitliliğini ve özelliklerini belirleyebiliyoruz. Bunun dışında dalga boyunda aynı cisim üzerinde farklılıklar olabilir. Dolayısıyla dalga boylarındaki değişim spektral görünür bölgesinde bizim karşımıza “renk” olarak çıkmaktadır.

## 2.4 SPEKTRAL YANSITMA ÖZELLİKLERİ

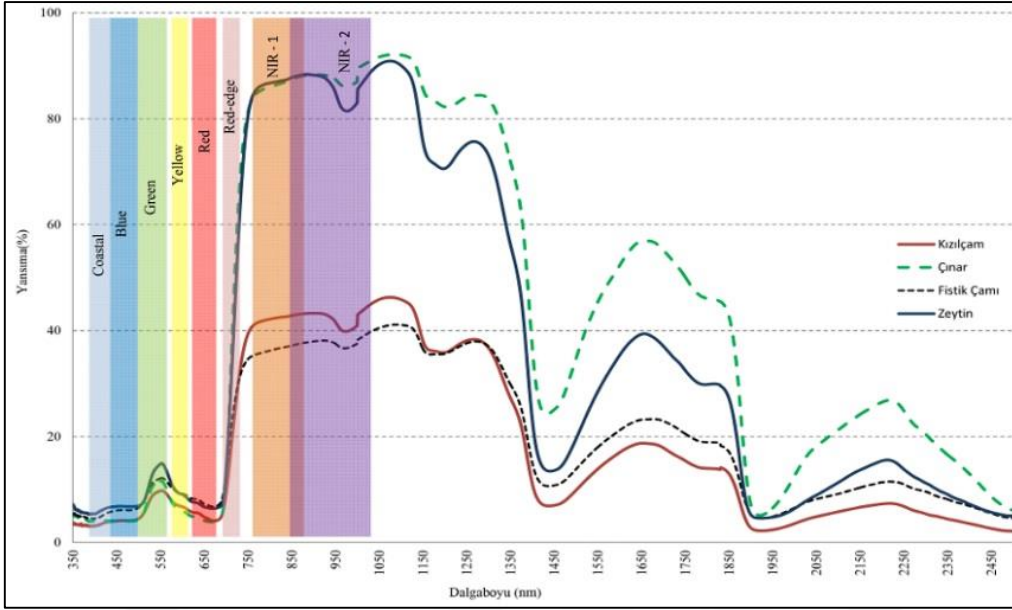
Gözümüz ya da algılayıcılar yeryüzünün farklı bölgeleri ve yeryüzü üzerindeki cisimleri ayırt etmek için yansıyan enerjinin dalga boyu ve enerjisindeki farklılıklardan yararlanır. Kısaca yeryüzünün farklı bölgeleri ya da cisimler gelen enerjiyi farklı oranlarda yansıtır, yutar ya da geçirir. Spektral özelliklerin farklılık göstermesi sayesinde yeryüzü özelliklerini ya da cisimleri tanımlayabiliriz. Uzaktan algılama sistemlerinde bulunan algılayıcılar da yansıtılan enerjinin dalga boyuna ve enerjisine göre algılama yaptığı için yeryüzü özelliklerini ya da cisimleri ayırt etmekte çok önemlidir [20]. Şekil 2.5’de bitki, toprak ve suyun genelleştirilmiş yansıtım özellikleri grafik şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Bitki, toprak ve suyun genelleştirilmiş yansıtım özellikleri [URL-4].

#### 2.4.1 Bitki Örtüsünün Spektral Yansıtma Özellikleri

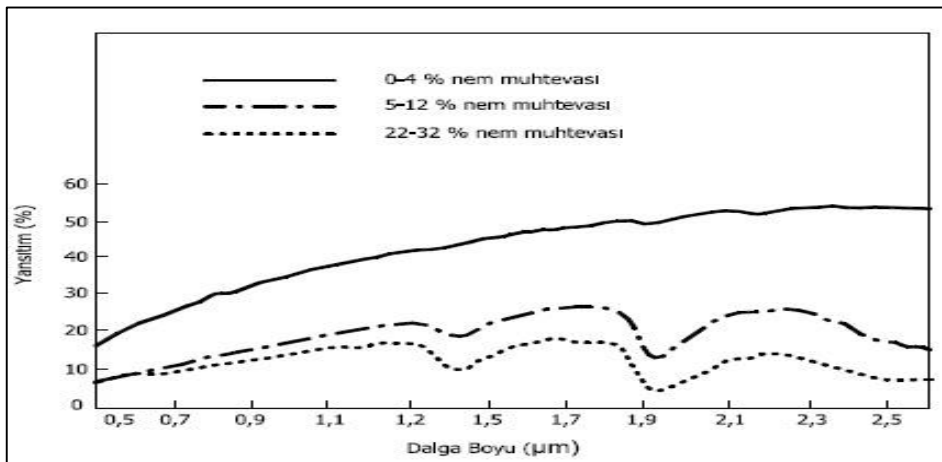
Bitkiler, kimyasal yapıları gereğince elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde kırmızı ve mavi dalga boylarındaki enerjiyi fotosentezde besin elde etmek için soğurmaktadır. Yeşil dalga boyunda ise yansıtım gerçekleşmektedir. Bu yansıtımın sonucu olarak bitkileri yeşil renkte görürüz. Bitkiler yaprak alanı, toprağı örtme oranı, yaprakların şekline, hücre tipine ve toprak üzerinde duruşuna göre özellikle kızıl ötesi ışıklarda en büyük yansıtma değeri oluşturur. Her bitkinin kendine has hücre yapısı olduğu için uzaktan algılama tekniğı ile belirlenebilmektedir [21]. Şekil 2.6'da iğne ve geniş yapraklı ağaçların ortalama yansıtım eğrileri grafik olarak verilmiştir. Grafik bize bitkilerin spektral özelliklerine göre nasıl sınıflandırıldığını göstermektedir.



Şekil 2.6 İğne ve geniş yapraklı ağaç türlerine ilişkin yansıtım özellikleri [22].

## 2.4.2 Toprağın Spektral Yansıtma Özellikleri

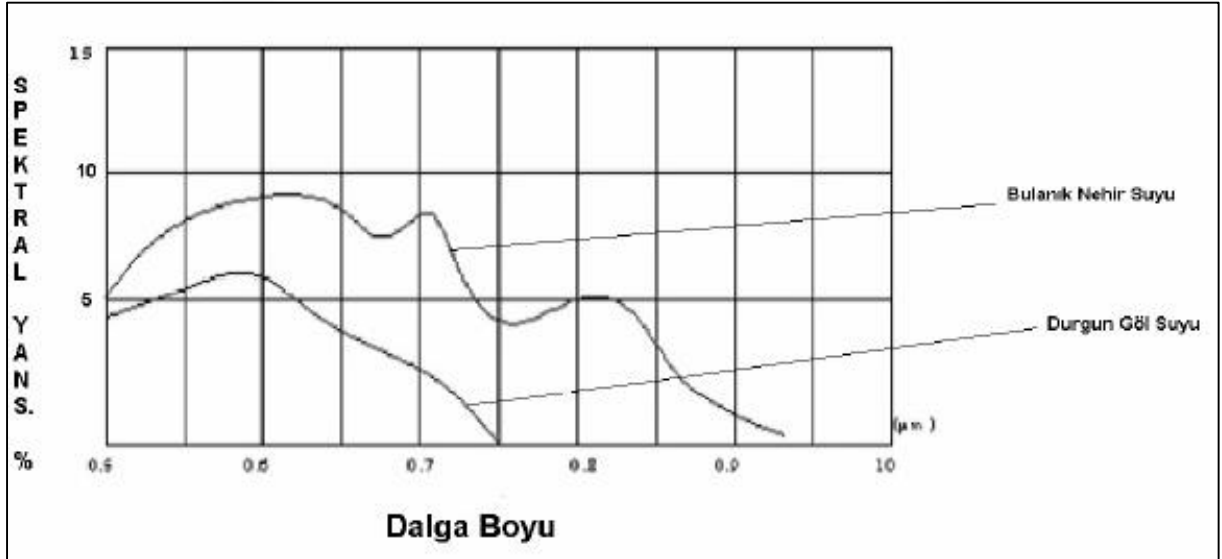
Toprağın spektral yansıtım eğrisi bitkinin spektral yansıtımı kadar karmaşık değildir. Topraktaki spektral yansıtım dalga boyuyla doğru orantılıdır. Toprağın bünyesi, içeriğindeki organik madde miktarı, nemli ya da kuru olma durumu, yüzeyinin pürüzlülüğü ve dokusuna bağlı olarak spektral yansıtma özelliği değişkenlik göstermektedir. Toprağın nemi arttıkça yansıtma özelliği düşmektedir (Şekil 2.7). Toprak içerisindeki organik maddenin artması yansıtımı olumsuz etkilemektedir ve koyu renkli görünmesine neden olur.



Şekil 2.7 Toprağın nem miktarına göre yansıtım eğrisi [23].

### 2.4.3 Suyun Spektral Yansıtma Özellikleri

Suyun yansıtması diğer nesnelere göre daha fazla iletilir ve yutulur. Su yüzeyindeki dalgalanma ve su kütlesi içerisindeki organik ve inorganik maddeler yansıtmayı etkiler. Özellikle kızıl ötesini kapsayan dalga boylarında suyun yutma özelliği mevcuttur. Yansıtma çok azdır o yüzden çevresinde bulunan diğer yeryüzü özelliklerine göre koyu renk tonunda olması suyu ayırt edilir yapmaktadır. Su kütleleri arasındaki farkları ayırt etmek için su içerisindeki petrol, kanalizasyon atığı gibi yabancı maddelerin varlığı, su içerisinde bulunan klorofil miktarına göre yosun varlığı ve suyun durgun ya da dalgalı olması önemlidir. Şekil 2.8’de bulanık nehir suyu ve durgun göl suyunun ortalama yansıtım eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Bulanık nehir suyu ve durgun göl suyunun ortalama yansıtım eğrisi [24].





## BÖLÜM 3

### OPTİK UZAKTAN ALGILAMANIN TARIMDA KULLANIMI

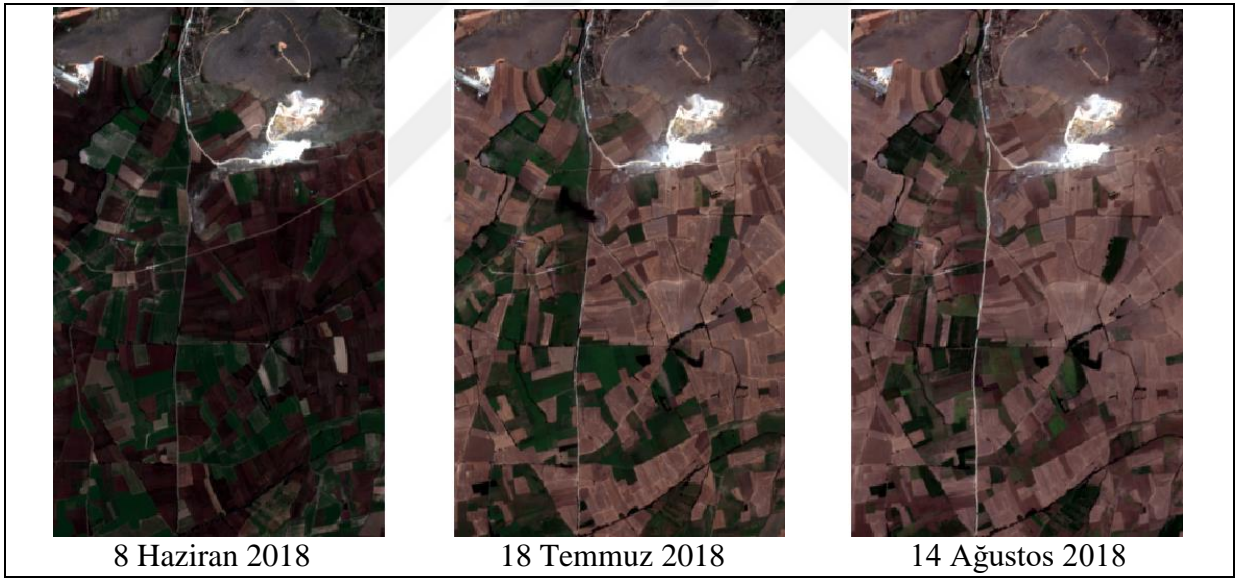
Tarım alanlarının ve durumunun haritalarının üretilmesi, ulusal ve uluslararası düzeyde gıda politikalarının geliştirilmesinin temel unsurunu oluşturmaktadır. Türkiye gibi ekonomisinin büyük kısmını tarımsal faaliyetlerin oluşturduğu ve tarımın başlıca geçim kaynaklarından olan ülkelerde, dünyanın artan nüfusu, tarım alanlarının azalması, toprak kirliliği, küresel ısınmanın sonuçlarından biri olan yağış rejimlerinin düzensizliği ve su kaynakları rezervinin azalması gibi sorunlar tarımsal faaliyetlerde kötü etkiye sebep olmaktadır. Bu kötü etkileri azaltmak için tarımsal faaliyetlerde gelişen teknolojiye faydalanma süreci başlamıştır. Gelişen teknoloji ile tohumların ıslahı, sulama sistemlerinin gelişmesi, tarım aleti kullanımı, tarım arazilerinin toplulaştırılması gibi çalışmalar ile birlikte uzaktan algılama teknolojisi ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır.

Uzaktan algılama tarımda ilk kullanılmaya başlandığı zamanlarda uydu teknolojisinin yetersizliklerinden dolayı geniş alanlarda ekili alanların tespiti, ürün deseninin belirlenmesi gibi çalışmalarda kullanılırken, gelişen uydu teknolojileri ile birlikte mekansal, zamansal ve spektral çözünürlüğün artması bunun yanı sıra algılayıcılarda artan bant sayısı bizlere parsel bazlı çalışmalarda, bitkilerin gelişim dönemi izlenilmesi, farklı indeksler ile daha hassas ürün belirleme, verim tahminlerinde doğruluğun artması, hastalık tespiti gibi uygulamalarda yersel verilerin de yardımıyla doğruluğun artmasına yardımcı olmaktadır. Günümüzde tarımsal amaçlar için de kullanılan bazı optik görüntü sağlayan uydular çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

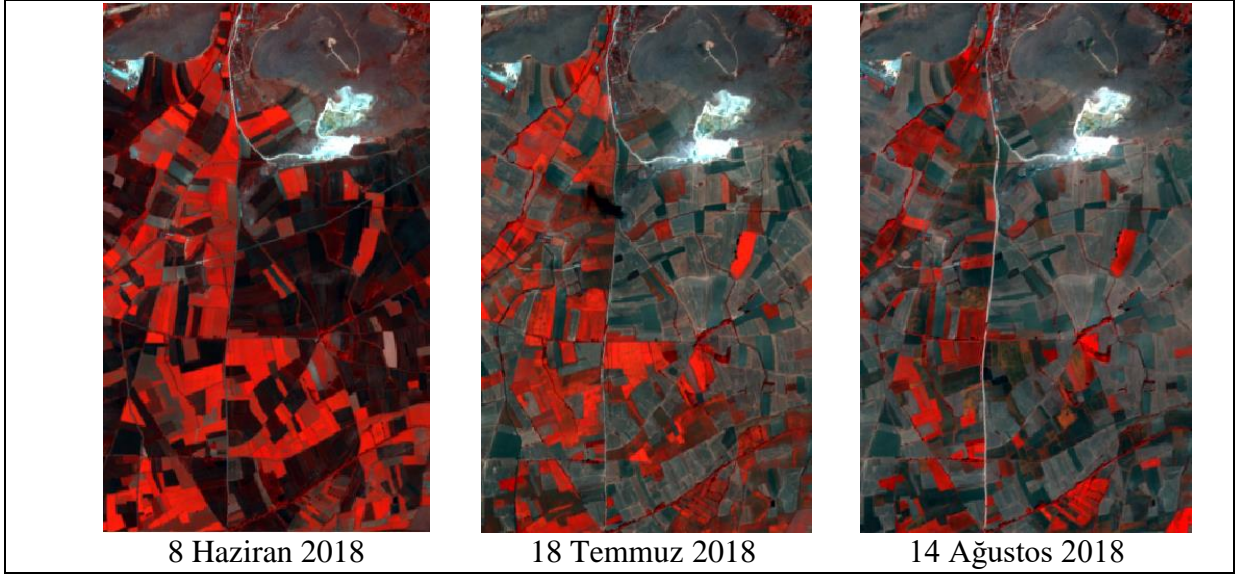
**Çizelge 3.1** Optik uydu görüntüsü sağlayan uyduların özellikleri.

Uydu	Özellikler				
	Spektral Çözünürlük	Konumsal Çözünürlük	Zamansal Çözünürlük	Radyometrik Çözünürlük	Referanslar
Aster	14 bant	15-30-90 m	16 gün	8-12 bit	[URL-5]
Göktürk-2	5 bant	2,5-5 m	2.5 gün	11 bit	[URL-6]
Landsat 8	11 bant	15-30-100 m	16 gün	12 bit	[URL-7]
Modis	36 bant	250-500-1000 m	1-2 gün	12 bit	[URL-8]
Pleiades-1A	5 bant	0.5-2 m	1 gün	12 bit	[URL-9]
Sentinel 2	13 bant	10-20-60 m	10 gün	12 bit	[URL-10]
Spot 6	4 bant	1.5-6 m	2 gün	12bit	[URL-11]

Şekil 3.1’de doğal renkli gösterimi ve şekil 3.2’de yanlış renk gösterimi verilerek uydu görüntüleri yardımıyla bitki tespitin daha doğru şekilde yapıldığı gösterilmiştir.



**Şekil 3.1** Farklı tarihli Sentinel 2 uydusu 4,3,2 (doğal renk gösterimi) bant dizilimi



Şekil 3.2 Farklı tarihli Sentinel 2 uydusu 8,3,2 (yanlış renk gösterimi) bant dizilimi.

### 3.1 OPTİK UZAKTAN ALGILAMADA KULLANILAN BİTKİ İNDEKSLERİ

Bitki ekili alanlarının optik olarak uzaktan algılanmasında bitkinin sağlık durumu hakkında bilgi verici olarak genelde bitki indeksleri kullanılmaktadır. İndeksler her bir bitkinin spektral imzasına dayanarak üretilmiştir. Spektral imza yaprak pigmentlerinin ve yapısının temsil etmekte kullanılmaktadır.

İlk indeks çalışması, Simple Ratio (SR) yaprak alan indeksinin kırmızı bant ile NIR bandın yansıtımının orantısından üretilmiştir [25]. SR indeksi, kırmızı bandın NIR banta göre daha fazla emilim göstermesi mantığıyla geliştirilmiştir, böylece daha fazla yaprak ile SR oranı daha fazla olacaktır. En popüler bitki indeksi olan NDVI [26], SR indeksinin geliştirilmesi ile üretilmiştir. Kırmızı banttaki ışınım ile NIR bandındaki ışınım arasındaki farkın, toplamına oranının, indeksi daha genel hale getirdiği kabul edilmiştir. NDVI indeksinin atmosferik zayıflamanın ve mevsimsel güneş açısı değişimlerinin etkisini ortadan kaldırdığı kabul edilmiştir [27].

Kırmızı ve mavi dalga boyundaki enerjinin çok az kısmının yansıdığını, yeşil ve NIR banttaki enerjinin çoğunun emildiği bilinmektedir. Kırmızı kenar bantları bitkinin azot miktarı, bitki dokusuyla ve klorofil içeriği ile yoğun ilişkilidir [28,29]. Sonraki çalışmalarda NDVI değerinin bitkinin ilerleyen fenolojik evrelerinde azot miktarıyla olan korelasyonunun düştüğü gözlemlenirken, kırmızı kenar bantlarının korelasyonunun devam ettiği görülmüştür [30,31].

Optik uydularda spektral çözünürlüğün artmasıyla birlikte kırmızı kenar bantlı uydular ile hesaplanan bitki indeksleri kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle Sentinel-2 uydusunda kırmızı kenar bölgede üç adet bantın bulunması kırmızı kenar bantları ile oluşturulan bitki indekslerini daha da kullanılabilir hale getirmiştir. Geçmiş çalışmalarda Sentinel-2 uydusu için kullanılan bazı bitki indeksleri eşitlikleri çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2** Sentinel-2 uydusu için bitki indeksleri.

Eşitlik	Bitki İndeks İsmi	Referans
$(B8-B4)/(B8+B4)$	NDVI	[26]
$(B8-B5)/(B8+B5)$	NDVIre1	[32]
$(B8-B6)/(B8+B6)$	NDVIre2	[32]
$(B8-B7)/(B8+B7)$	NDVIre3	[32]
$(B5-B4)/(B5+B4)$	NDI45	[27]
B8/B5	SRre1	[33]
B8/B6	SRre2	[33]
B8/B7	SRre3	[33]
$(B7/B5)-1$	CIre	[34]
$(B8-B3)/(B8+B3)$	GNDVI	[35]

## BÖLÜM 4

### UYGULAMA

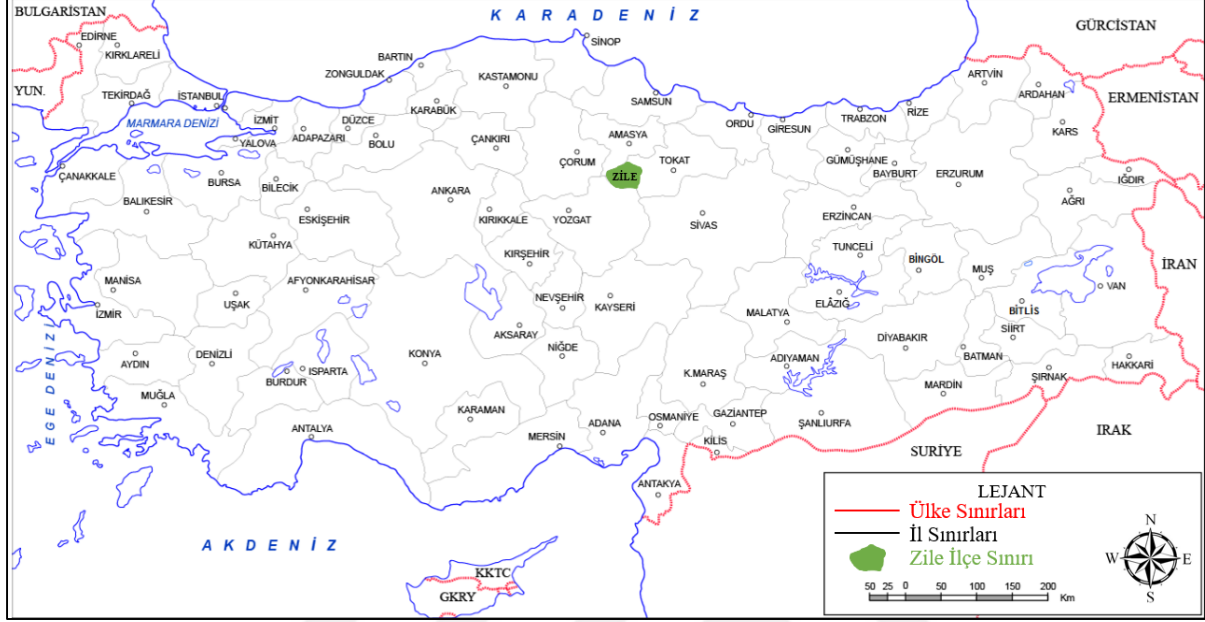
Bu çalışmada ayçiçeği bitkisinin uydu görüntüleri yardımıyla farklı bitki indeksi kullanılarak verim ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışma alanı olarak Tokat ili Zile ilçesinin güney kısmında kalan 48 adet ayçiçeği parseli üzerinde yapılmıştır. Parsel sınırlarının belirlenmesi için kadastro sınırları kullanılmış ve yerinde kontrol edilmiştir. Sentinel-2 uydusu çok bantlı görüntüleri 2018 yılı içerisinde ekim-hasat mevsimi olan Nisan-Eylül ayları arasında görüntü alımları yapılmıştır. 23 adet çok bantlı uydu görüntüsünden her bir parsel için piksel örnekleri alınmıştır. Verim ile ilişkisine bakmak için seçilecek piksellerin, parsel sınırlarına yakın olarak seçmeyerek yanında bulunan parsellerden gelen yansıtımı en aza indirmeye çalışılmıştır. Seçilen pikseller ile verim arasında korelasyona bakılmıştır ve doğrusal denklem oluşturulmuştur. Oluşan denklem ile gerçek verim ile hesaplanan verim arasında karesel ortalama hesaplanarak kullanılması en uygun bitki indeksi belirlenmiştir.

#### 4.1 ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Tokat ili Zile ilçesi Fatih ve Kurşunlu köyü içerisinde kalan tarım arazisinde yapılmıştır. Zile ilçesi Tokat merkezin 70 km batısında olup,  $35^{\circ} 25'$  ve  $36^{\circ} 6'$  doğu boylamları  $40^{\circ} 4'$  ve  $40^{\circ} 26'$  kuzey enlemleri arasında kalmaktadır ve ortalama deniz seviyesinden yüksekliği 710m dir. (Şekil 4.1). Zile ilçesinde birçok gölet bulunmaktadır ve tarım arazileri açık ve kapalı sulama sistemleri ile sulama imkanı mevcuttur. Zile ilçesinin batısında Yozgat iline bağlı Çekerek ilçesinde inşaa edilen ve 2011 yılında su tutulmaya başlanan Türkiye'nin 9. Büyük barajı Süreyya Bey Barajı Zile ilçesi tarım arazileri için alternatif sulama kanalları getirecektir [URL-12]. Fatih ve Kurşunlu köyü içerisinde seçili 48 adet tarım arazisi Google Earth görüntüsü üzerinden kadastral sınırları ile şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Zile ilçesi coğrafi bölge olarak Orta Karadeniz Bölgesi'nin güneyinde İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeyine komşu olması sebebiyle her iki bölgenin de iklim koşullarını taşımaktadır. Yazlar

sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. İlkbahar ve sonbahar ayları ise yağmur yağışlı geçmektedir. Zile ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 11.7°C, yıllık ortalama yağış 436mm'dir [URL-13].



Şekil 4.1 Tokat ili Zile ilçesi.

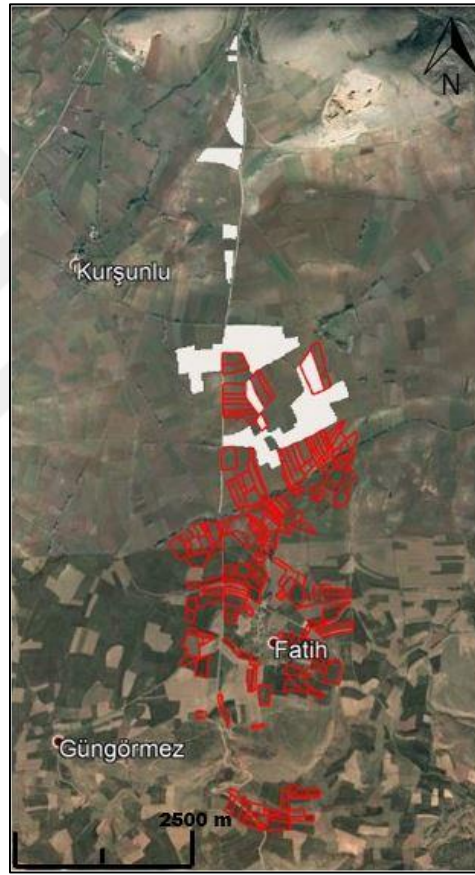


Şekil 4.2 Tarım arazileri Google Earth görüntüsü (kırmızı poligonlar). Görüntü Tarihi: 9 Ekim 2017.



## 4.2 ARAZİ ÇALIŞMASI VE KULLANILAN VERİ

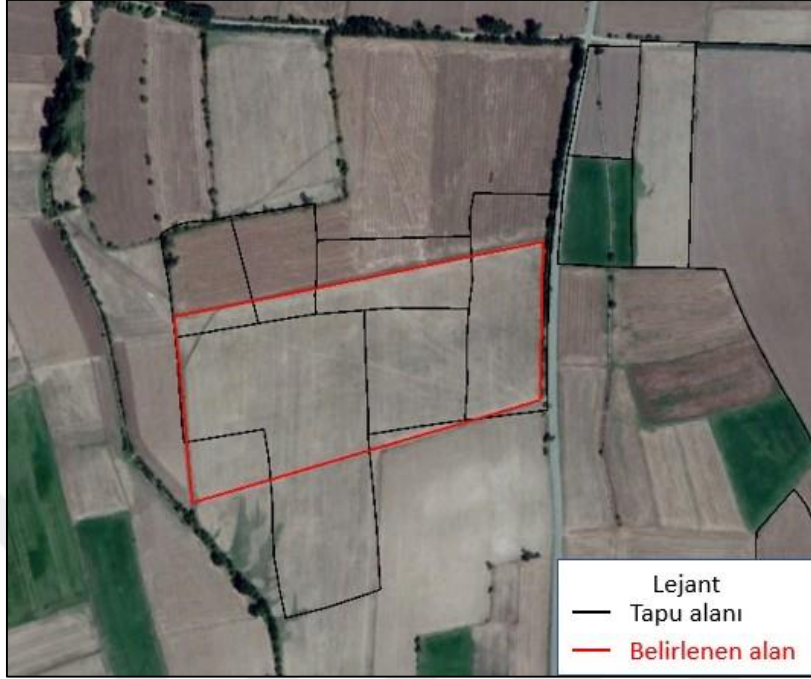
Arazi çalışmalarına başlanmadan önce Zile İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğüne gidilerek Zile ilçesinde yoğun olarak ayçiçeği tarımı yapılan köylerin bilgisi alınmıştır. Müdürlük bünyesinde çalışan ziraat mühendisleri ve yöre halkından çiftçiler ile yapılan görüşmelere neticesinde Zile ilçesinin güneyinde yer alan Zile Ovası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. çiftçi kayıt sistemi verilerine göre arazi çalışmaları başlamıştır. Fakat arazi ile örtüşmediği görülmüştür. Bu sebeple tekrardan arazi gezilip ayçiçeği parselleri tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3** Kırmızı poligonlar çiftçi kayıt sistemi verileri beyaz poligonlar tespit edilen parseller.

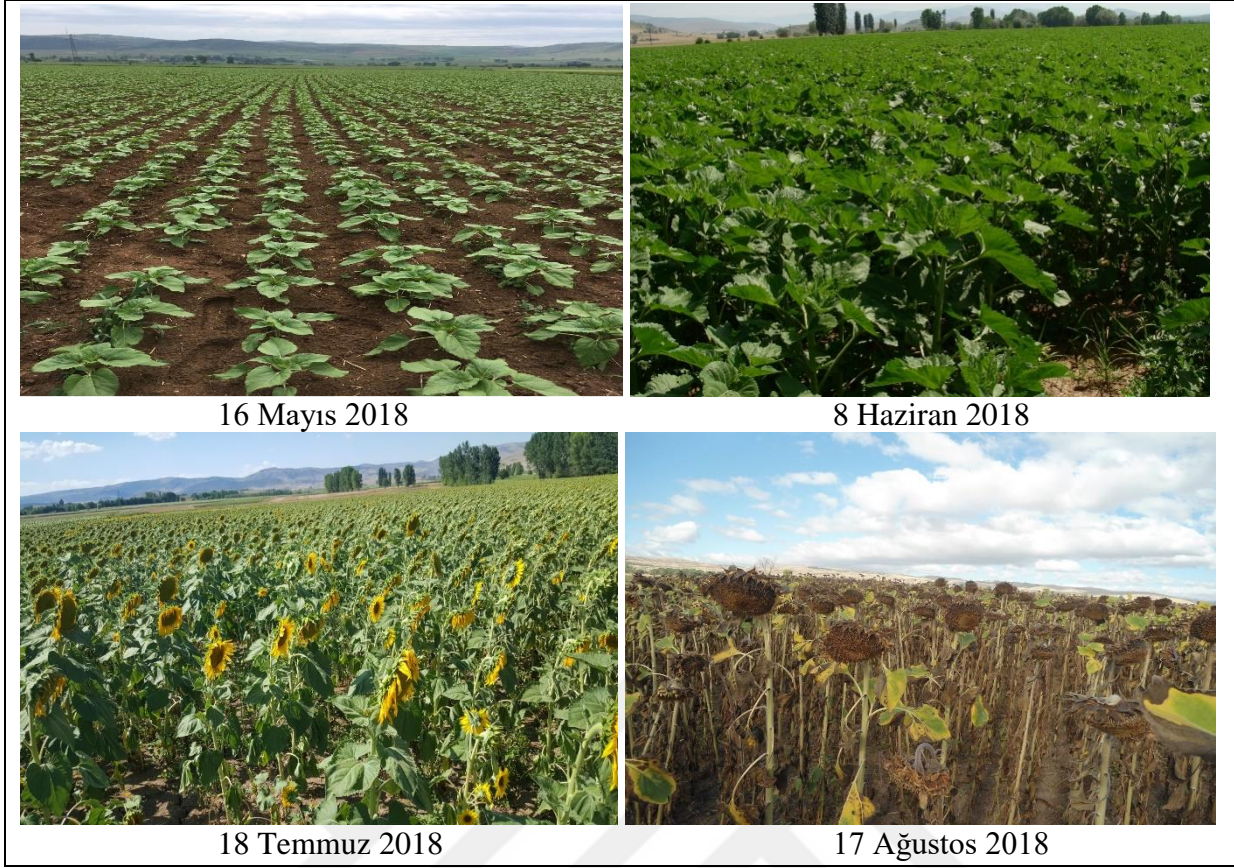
Ayçiçeği bitkisi ekili olduğu tespit edilen parsellerin, 3402 sayılı Kadastro Kanununun 22'nci maddesine bağlı olarak kadastro paftaları yenilendiği için tekrardan parsel sınırları belirlenmemiştir. Tespit edilen parsellerin kontrolü sırasında bir adet parselin tapu sınırlarından farklı olarak tarım yaptığı belirlenmiştir (Şekil 4.4). Tespit edilen parsel özelinde tekrardan ayçiçeği ekili alan belirlenmiştir. Ayçiçeği ekili araziler hasat edilene kadar olan süreçte dört

kez araziye gidilip kontrol edilmiş ve fotoğraflanmıştır (Şekil 4.5). Şekil 4.6’de arazi çalışmalarına ait görüntü verilmiştir.



**Şekil 4.4** Tapu sınırından farklı olarak kullanılan ayçiçeği ekili parselin alan tespiti Google Earth görüntüsü. Görüntü Tarihi: 9 Ekim 2017.





**Şekil 4.5** Ayçiçeği ekili arazilerin bölgemizde tarihlere göre gösterimi.



**Şekil 4.6** Arazi Çalışmaları.

Ayçiçeği ekili arazilerde toprak özelliklerine bakılmak amacıyla topraktan belirli aralıklarda örnekler alınmıştır. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Uygulama ve Araştırma Merkezinde analiz yaptırılmıştır. Analiz sonucunda bütün parsellerin organik madde oranının yüksek ve killi toprak olduğu belirlenmiştir. Çalışılan parsellerde

toprağın tekstür değerleri birbirine yakın olduğu için toprağın cinsi tez özelinde değişken olarak alınmamıştır Çizelge 4.1’de bölgeye ait toprak özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Bölgeyi temsil edecek şekilde alınmış toprak örneklerine ait özellikler.

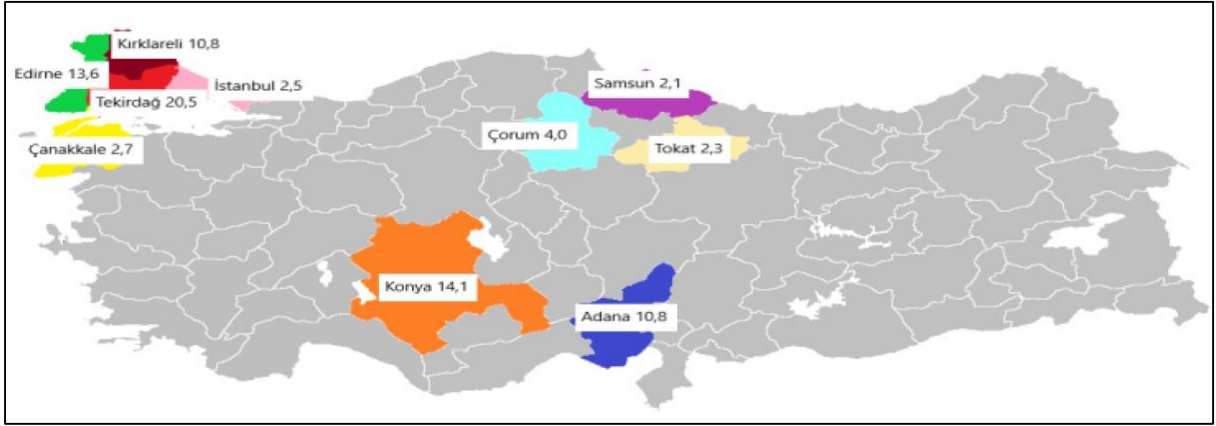
Örnekler	Organik madde %	Organik Madde Miktarı	%kil	%silt	%kum	Organik madde %	Toprak sınıfı
1	8,22	yüksek	53,11	28,00	18,89	8,22	kil
2	7,95	yüksek	48,94	27,96	23,11	7,95	kil
3	7,92	yüksek	48,94	25,85	25,22	7,92	kil
4	7,56	yüksek	48,94	25,85	25,22	7,56	kil
5	8,09	yüksek	53,11	21,67	25,22	8,09	kil
6	8,16	yüksek	55,20	17,48	27,33	8,16	kil
7	6,67	yüksek	44,76	23,69	31,55	6,67	kil
8	7,13	yüksek	44,76	23,69	31,55	7,13	kil
9	7,71	yüksek	51,02	25,87	23,11	7,71	kil
10	8,23	yüksek	53,11	23,78	23,11	8,23	kil
11	7,23	yüksek	53,11	23,78	23,11	7,23	kil
12	7,20	yüksek	53,11	23,78	23,11	7,20	kil
13	7,36	yüksek	53,11	23,78	23,11	7,36	kil
14	7,36	yüksek	51,02	25,87	23,11	7,36	kil
15	7,27	yüksek	53,11	23,78	23,11	7,27	kil
16	7,66	yüksek	53,11	23,78	23,11	7,66	kil
17	7,27	yüksek	48,94	25,85	25,22	7,27	kil

#### 4.2.1 Ayçiçeği Bitkisi ve Fenolojik Evreleri

Ayçiçeği tek yıllık otsu bitki türüdür. Türkiye’ye 1. Dünya Savaşından sonra Bulgaristan ve Romanya’dan gelen göçmenler tarafından getirilmiştir. Ayçiçeği tohumunda %36-55 oranında yağ içeriğiyle önemli bir yağ bitkisidir. Bitkisel yağ üretimi ile birçok sektörde ham madde olarak kullanılmaktadır. Bu sektörlerin başında yağlı boya, sabun, çerez ve kozmetik gelmektedir. Bunun yanında küspesinde yüksek orandaki karbonhidratlar nedeniyle hayvan yemi olarak ve sapları da ısınma amaçlı kullanılmaktadır [36].

Ayçiçeği bitkisinin adaptasyonu yüksek olduğu için ayçiçeği tarımı Türkiye’de hemen hemen her bölgede yapılmaktadır. Türkiye geneli en çok ayçiçeği tarımı yapan 10 il şekil 4.7’de

gösterilmiştir [URL-14]. Türkiye geneli ve Tokat ili Zile ilçesinde 2015, 2016,2017 yılına ait yağlık ayçiçeği ekim alanı(da), üretim (ton), verim(kg/da) çizelge 4.2’de verilmiştir [URL-15].



Şekil 4.7 Türkiye geneli en çok ayçiçeği tarımı yapılan 10 il [URL-14].

Çizelge 4.2 Türkiye geneli ve Tokat ili Zile ilçesinde 2015, 2016, 2017 yılına ait yağlık ayçiçeği ekim alanı (da), üretim (ton), verim (kg/da).

Yıl	Ayçiçeği Tohumu (Yağlık)					
	Türkiye Geneli			Tokat (Zile)		
	Ekili Alan (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/da)	Ekili Alan (da)	Üretim Miktarı (ton)	Verim (kg/da)
2015	5.689.950	1.500.000	264	94.762	28.001	296
2016	6.167.800	1.500.000	244	84.598	22.729	269
2017	6.813.976	1.800.000	264	79.900	18.561	232

Çalışma alanında ayçiçeği ekim işlemleri hava şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir, ancak genel olarak Nisan ayının 3. Haftası ve Mayıs ayının 1. Haftası arasında ekim işlemleri yapılmakta ve Ağustos ayının son haftası ile Eylül ayının ilk haftası hasat işlemleri yapılmaktadır. Ekim işleminden yaklaşık 4 ay kadar sonra ayçiçeği bitkisi hasat edilmeye başlanmaktadır. Ekim ile hasat arasında ayçiçeği bitkisinin fenolojik evresini tanımlamak için çalışmada, Almanya’da hükümet destekli 4 farklı ekip tarafında oluşturulan BBCH kod ölçeğinde değerlendirilmiştir. BBCH kod 8 ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu evreler sırasıyla toprağın hazırlanması-ekim, yaprak gelişimi, kök uzama, çiçek tablası oluşumu, çiçeklenme, meyvenin olgunlaşması, olgunlaşma ve hasat evreleridir [37]. Ayçiçeği bitkisinin her bir evresindeki görünümü şekil 4.8’de gösterilmiştir.





**Şekil 4.8** Ayçiçeği bitkisinin her bir evresindeki görünümü.

#### 4.2.2 Sentinel-2 Optik Görüntüleme Uyduları

Sentinel-2 optik görüntüleme uyduları European Space Agency (ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında görüntülere veri zenginliği kazandırmak için geliştirilmiştir. Sentinel-2 uyduları, yer gözlemleri (bitki ve yeryüzeyi) için 13 adet spektral bant ile yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. 10-60m arası geometrik çözünürlük ve 290 km görüntü genişliği ve 5 günlük zamansal çözünürlüğü ile yer gözlemlerinde son yıllarda ağırlık kazanmıştır.

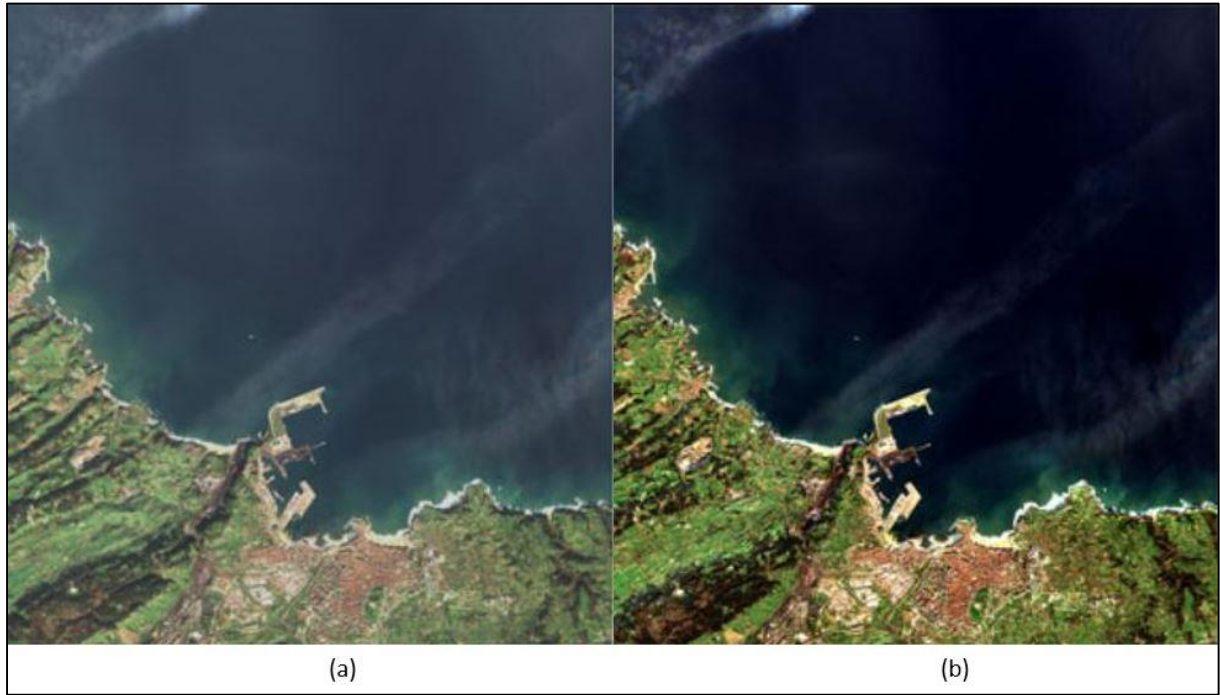
Sentinel-2 uyduları temel olarak tarım ve ormancılık uygulamalarında ve bu uygulamaların ileriye dönük yönetilmesine yardımcı olmaktadır. NIR bantları (8,8a) Red-Edge (5,6,7) bantları sayesinde bitkinin klorofil ve su içeriği belirlemede farklı indeksleri kullanma fırsatı sunmaktadır. Sentinel-2 uyduları aynı zamanda Fransız uydusu olan Spot ile ve Amerikan uydusu olan Landsat ile uyum içinde analiz yapmaya fırsat sunmaktadır [URL-16, 2019]. Uydular ilk olarak Sentinel-2A ile 23 Haziran 2015 yılında ve takip eden süreçte Sentinel-2B uydusu 7 Mart 2017'de göreve başlamıştır [URL-17].

ESA tarafından ücretsiz olarak sağlanan Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanıcılara farklı seviyelerde görüntü sunmaktadır (Çizelge 4.3). Level-2A seviyesi Mart 2018 tarihinden itibaren kullanıcılara sunulmaktadır. Level-2A seviyesi görüntüleri Level-1C üzerinden sen2cor işlemcisi tarafından üretilmektedir. Her iki seviye için de UTM/WGS84 projeksiyonuna göre geometrik düzeltmeleri yapılmıştır [URL-18].

**Çizelge 4.3** Sentinel-2 uyduları görüntü seviyeleri.

Seviye ismi	Açıklama	Veri hacmi
Level-1C	Üst atmosfer düzeltmesi	≈600 MB (her 100×100 km <sup>2</sup> )
Level-2A	Alt atmosfer düzeltmesi	≈800 MB (her 100×100 km <sup>2</sup> )

Şekil 4.9'da ESA tarafından yayınlanan Level-1C ve Level-2A görüntüleri düzenlenerek gösterilmiştir [URL-18]. Sentinel-2A ve Sentinel-2B uyduları bant özellikleri çizelge 4.4'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.9** a) Üst atmosfer düzeltmeli Level-1C b) Alt atmosfer düzeltmeli Level-2A görüntüleri [URL-18].

**Çizelge 4.4** Sentinel-2A ve Sentinel -2B uyduları bant özellikleri.

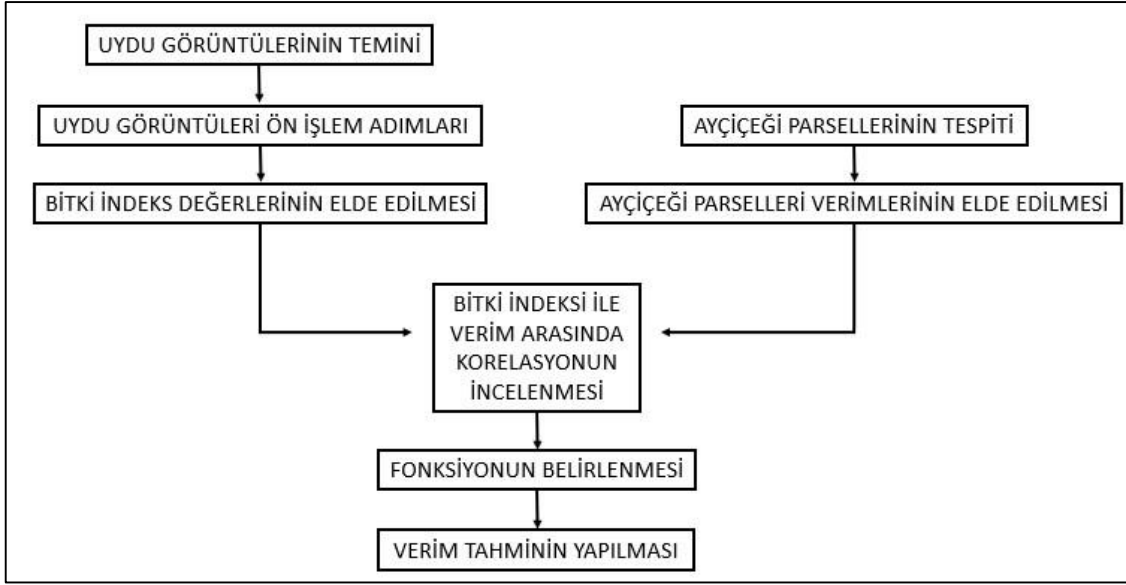
Bant Adı	Sentinel-2 uyduları					
	Sentinel-2A			Sentinel-2B		
	Çözünürlük (m)	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Çözünürlük (m)	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)
1	60	442.7	27	60	442.2	45
2	10	496.6	98	10	492.1	98
3	10	560.0	45	10	559	46
4	10	664.5	38	10	665	39
5	20	703.9	19	20	703.8	20
6	20	740.2	18	20	739.1	18
7	20	782.5	28	20	779.7	28
8	10	835.1	145	10	833	133
8a	20	864.8	33	20	864	32
9	60	945.1	26	60	943.2	27
10	60	1373.5	75	60	1376.9	76
11	20	1613.7	143	20	1610.4	141
12	20	2202.4	242	20	2185.7	238

Sentinel-2 uydularına ait optik görüntüleri çevrimiçi olarak internet üzerinden üyelik almanız koşuluyla ücretsiz indirilmesine izin vermektedir [URL-2].

### 4.3 YÖNTEM

Bu çalışmada, Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak on farklı bitki indeks değeri üretilmiştir. Üretilen bitki indeksleri ile ayçiçeği bitkisinin fenolojik evresinde en yüksek korelasyonu verdiği evrede test parselleri üzerinden verim tahmini çalışması yapılmıştır. 48 adet ayçiçeği parseli üzerinde çalışma yapılmıştır. Belirlenen parseller 32 adet eğitim ve 16 adet test parseli olarak ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Bitki indeks değerleri ile verim arasında korelasyona bakılırken üretilen fonksiyonun seçilen parsellere bağlı olarak iyi ya da kötü çıkmasını engellemek için test grupları değiştirilerek kullanılmıştır. 26 Nisan 2018 ile 13 Eylül 2018 tarihleri arasında 23 adet uydu görüntüsü indirilmiştir. Her bir görüntüde ayrı ayrı bitki indeksleri üretilmiştir.

Bu çalışmayı tamamlamak için, görüntü işleme, bitki indeks değerlerin hesaplanması, ayçiçeği parsellerinin verimlerinin elde edilmesi ve bitki indeks değerleri ile ayçiçeği bitkisi verim arasındaki korelasyona bakılıp lineer fonksiyonun hesaplanmasını içeren çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapılması süreci alt başlıklar halinde açıklanmıştır. Çalışmaya ait iş akış şeması şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Uydu Görüntüsü üzerinden verim tahmini için iş akış şeması.

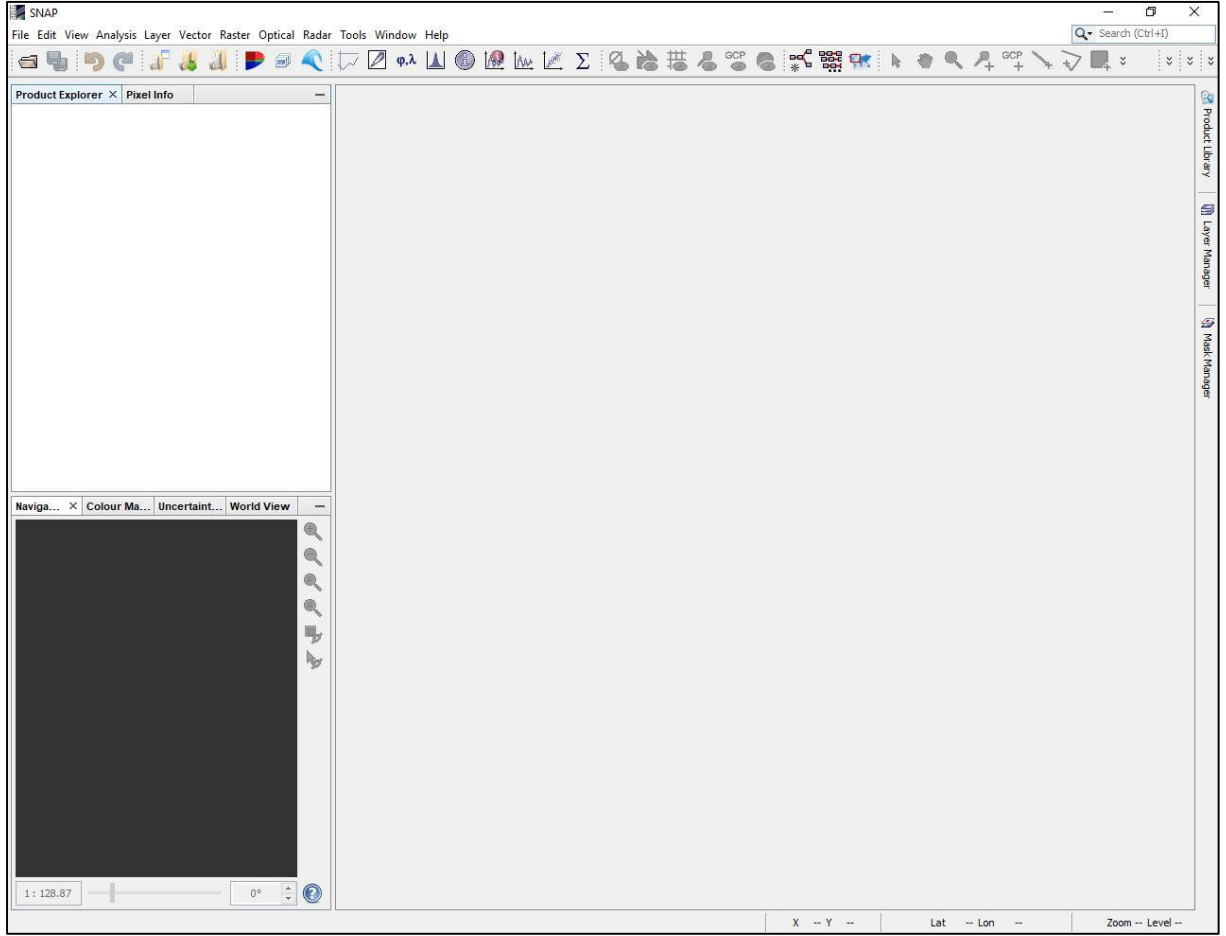
#### 4.3.1 Sentinel-2 Uydu Görüntülerinden İndeks Değeri Hesaplama

Ayçiçeği bitkisinin fenolojik evresi sürecinde Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydularına ait bulutsuz görüntüler tespit edilmiş ve 23 adet görüntü indirilmiştir. Görüntülerin hepsi alt atmosfer düzeltmesi ESA tarafından yapılmış level-2A ürünleridir. İndirilen Sentinel-2 görüntülerin tarihleri çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Sentinel-2 uydusu görüntü tarihleri.

Uydu İsmi	Görüntü Çekim Tarihi	Uydu İsmi	Görüntü Çekim Tarihi
Sentinel-2a	26 Nisan 2018	Sentinel-2b	13 Haziran 2018
Sentinel-2a	29 Nisan 2018	Sentinel-2b	30 Haziran 2018
Sentinel-2b	4 Mayıs 2018	Sentinel-2a	8 Temmuz 2018
Sentinel-2b	14 Mayıs 2018	Sentinel-2b	10 Temmuz 2018
Sentinel-2a	16 Mayıs 2018	Sentinel-2a	18 Temmuz 2018
Sentinel-2b	24 Mayıs 2018	Sentinel-2a	25 Temmuz 2018
Sentinel-2a	26 Mayıs 2018	Sentinel-2a	14 Ağustos 2018
Sentinel-2b	3 Haziran 2018	Sentinel-2a	17 Ağustos 2018
Sentinel-2a	5 Haziran 2018	Sentinel-2a	24 Ağustos 2018
Sentinel-2a	8 Haziran 2018	Sentinel-2a	27 Ağustos 2018
Sentinel-2b	10 Haziran 2018	Sentinel-2b	1 Eylül 2018
		Sentinel-2a	13 Eylül 2018

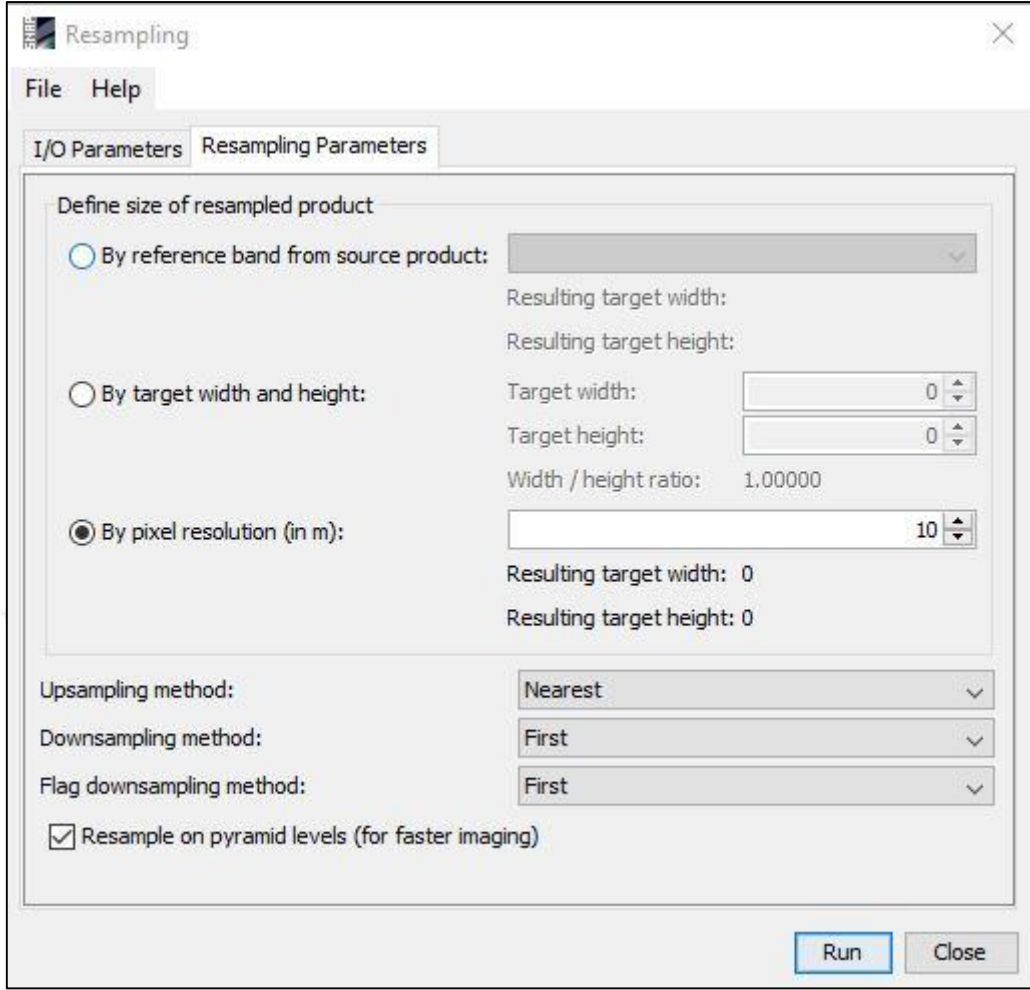
Çalışmada ESA tarafından geliştirilen Sentinel Application Platform (SNAP) yazılımı kullanılmıştır [URL-19]. SNAP programı ara yüzü şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 SNAP programı ara yüzü.

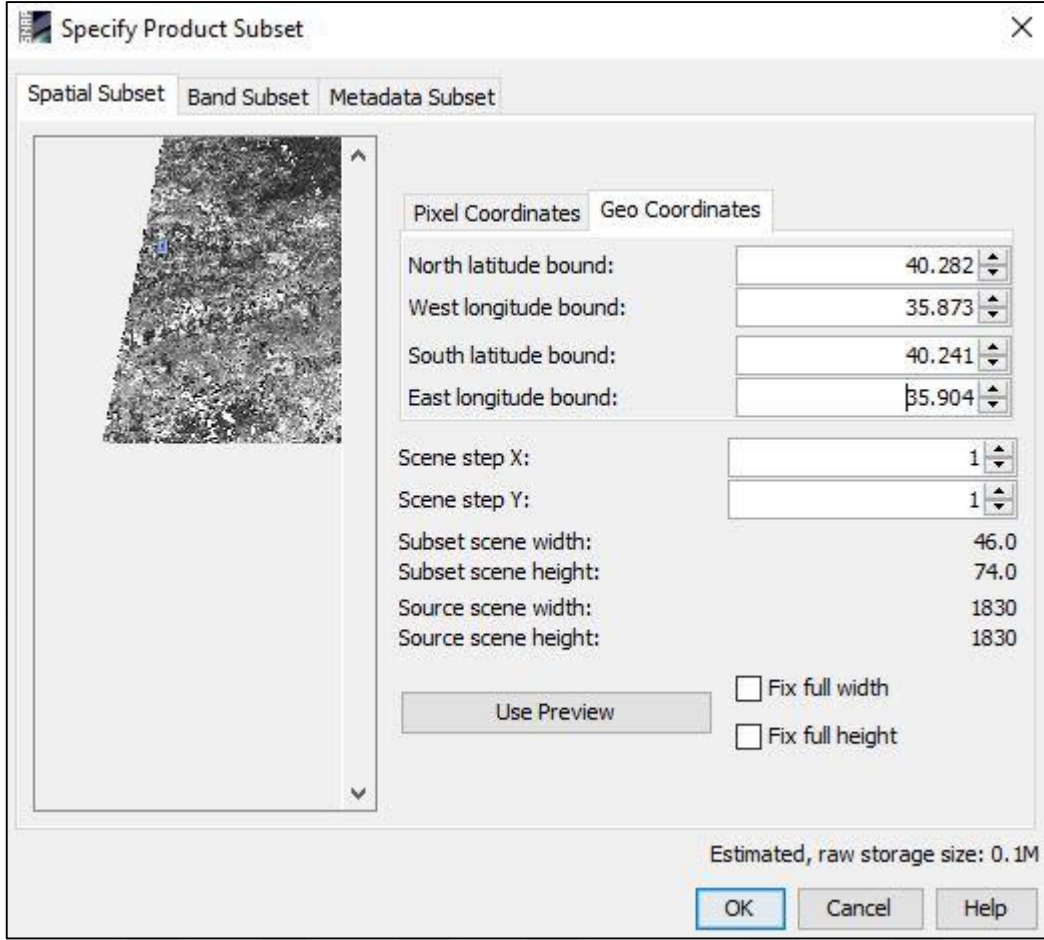
SNAP yazılımında açılan bantların hepsi 10 m çözünürlüğe örneklenmiştir. Örnekleme için SNAP yazılımında en yakın komşuluk, bilinear ve biküçük enterpolasyon yöntemleridir. Çalışmada enterpolasyon yöntemi olarak en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır. SNAP yazılımı yeniden örnekleme modülü arayüzü ve ayarlanmış parametreler şekil 4.12’de gösterilmiştir.





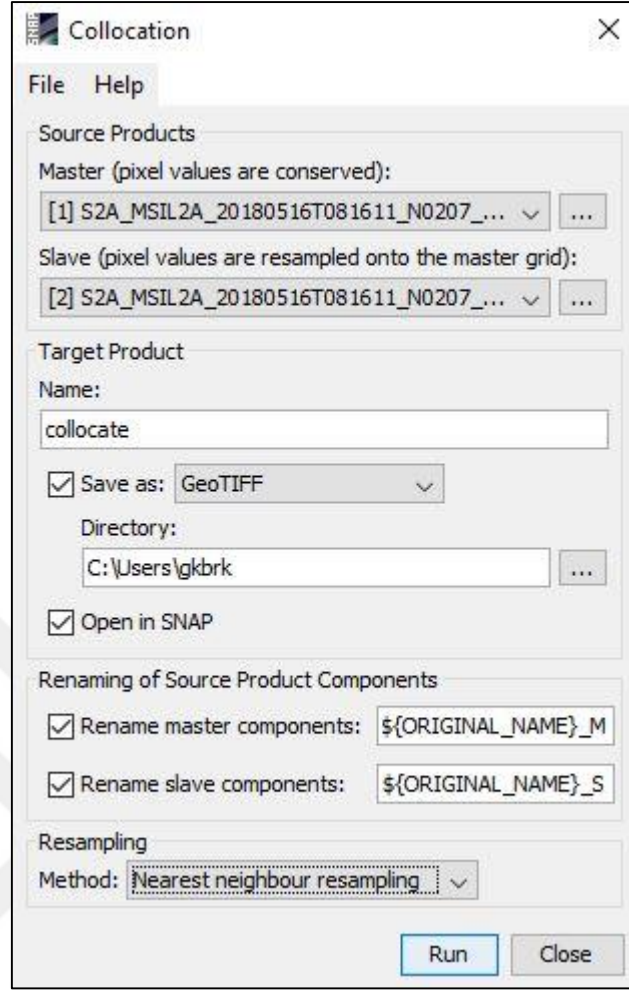
**Şekil 4.12** Yeniden örnekleme modülü ve parametre ayarları.

Örnekleme işleminden sonra çalışma alanımızı kapsayacak şekilde uydu görüntüleri yeniden boyutlandırılmıştır. Boyutlandırma işlemi için alanın köşe koordinatları 35°52'22.8'' ve 35°54'14.4'' doğu boylamları, 40°14'27.6'' ve 40°16'55.2'' kuzey boylamları olarak belirlenmiştir. Yeniden boyutlandırma modülü arayüzü ve parametre ayarları şekil 4.13'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.13** Yeniden boyutlandırma modülü ve parametre ayarları.

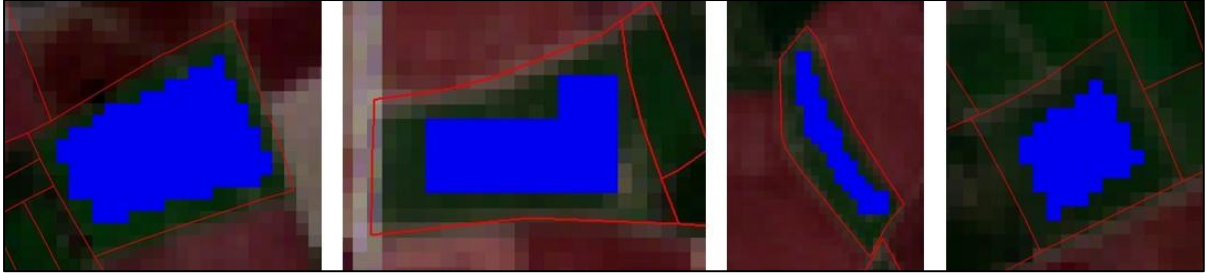
Zaman serisi oluşturacağımız ve her görüntü için aynı piksel yanıtım değerini doğru bir şekilde hesaplamak için görüntülerden bir tanesini esas kabul edip diğer görüntülerdeki pikselleri eşleme yapmamız gerekmektedir. SNAP yazılımı piksel eşleme için en yakın komşuluk, bilinear, kübik fonksiyon, bisinc ve bikübik enterpolasyon yöntemleridir. Piksel eşleme arayüzü ve parametre ayarları şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Piksel eşleme modülü ve parametre ayarları.

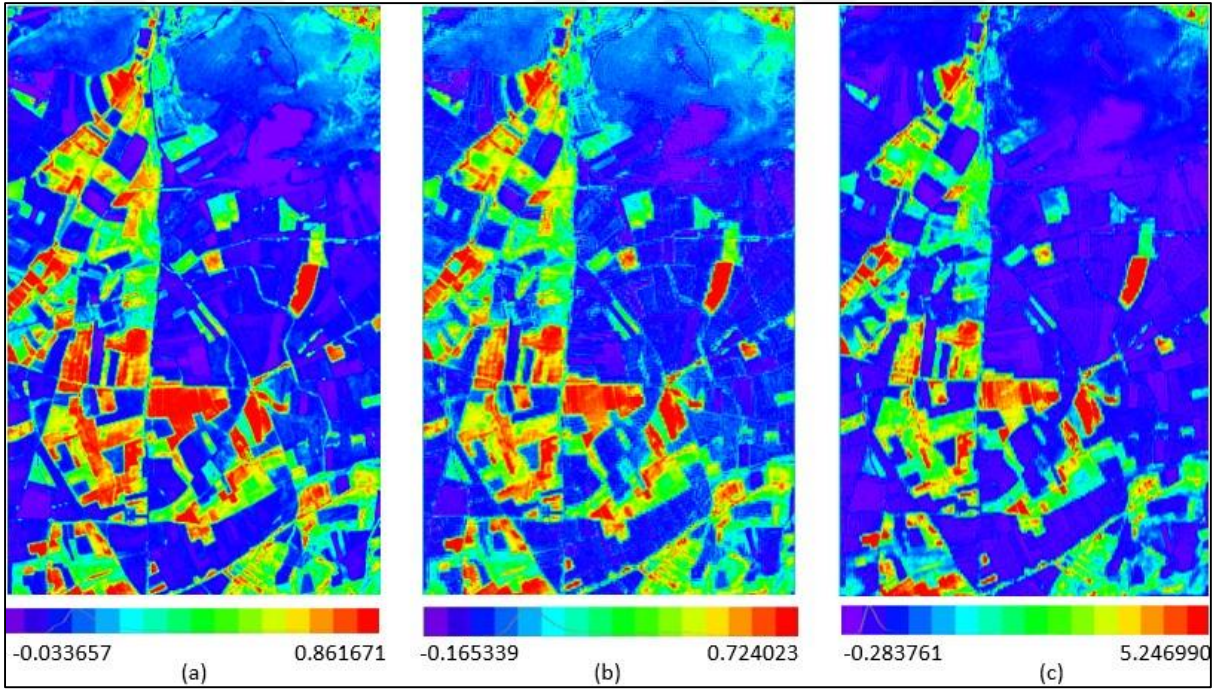
SNAP yazılımı üzerinden görüntü Geostationary Earth Orbit Tagged Image File Format (GEOTIFF) olarak kaydedilerek işlemler yapılmıştır.

İlk olarak parsellerin sınırları görüntüye entegre edilmiş ve parsel içerisinde piksel örnekleri seçilmiştir. Piksel örnekleri seçilirken çevresindeki yansıtılardan etkilenmesini en aza indirmek için parsel sınırına yakın olmayan en yüksek sayıda piksel seçilmiştir. Çalışmada toplam 2257 adet piksel seçilmiştir. Parsele düşen piksel sayısı ise parselin alanı ile doğru orantılıdır. Seçilen piksel örnekleri şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4.15 Bazı parsellere ait seçilen piksel örnekleri.

SNAP yazılımında hazırlanmış ve GEOTIFF olarak kaydedilmiş görüntüler üzerinden NDVI, NDVIre1 ve SRre1 bitki indeksleri oluşturulmuştur. Bitki indekslerine ait örnek görüntüler şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Oluşturulan bitki indeks görüntüsü örnekleri a) NDVI b) NDVIre1 c) SRre1 görüntü tarihi:18 Temmuz 2018.

Çalışmada bitki indeks değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerler her bir indeks ve görüntü için excel tablosuna geçirilmiştir (EK-1).

#### 4.3.2 Ayçiçeği Parsellerinin Verim Bilgilerinin Elde Edilmesi

Çalışmada verim bilgisinin elde edilmesi için hasat zamanı parsel sahibi çiftçiler ile birebir görüşülmüştür. Hasat, tarımsal işlemlerin son ve en önemli adımlarından birisidir. Hasat ya da

harman zamanı olarak adlandırılan evre fenolojik evresini tamamlamış ürünlerin işlenmek üzere veya doğrudan kullanılmak üzere yaprak, kök ve sapından ayırma sürecidir. Bölgede tarımın makineleşmesi sonucunda hasat işlemi biçerdöver ile yapılmaktadır. Biçerdöver tahıl hasadı için kullanılan ve hasat işlerini yapan tarım makinesidir. Biçerdöver hasadını yaptığı ayçirdeği'nin tohumunu taşıyıcıya yüklemektedir. Taşıyıcıya yüklenen ayçiçeği tohumları taşıt kantarında tartılmaktadır. Çalışmada dekara verimi hesaplamak için (4.1) formülü kullanılmıştır.

$$Verim = \frac{\text{Parselden hasat edilen toplam ayçiçeği tohum miktarı (kg)}}{\text{Parsel büyüklüğü (dekar)}} \quad (4.1)$$

#### 4.3.3 İndeks Değerleri ve Verim Arasındaki Korelasyon Analizi

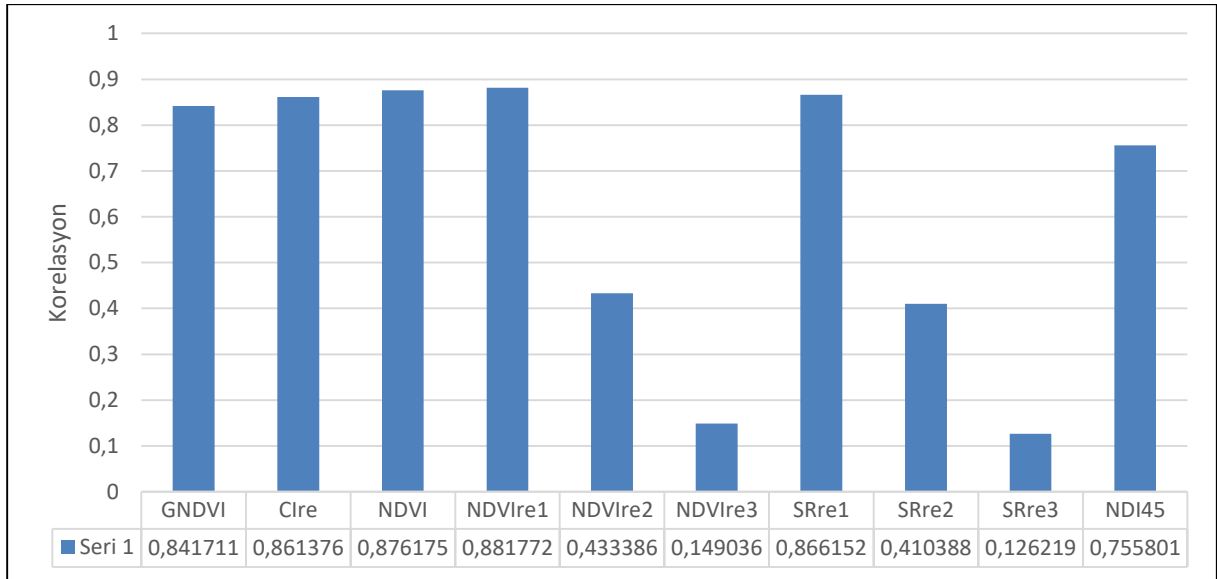
Çalışmada ilk önce ayçiçeği bitkisinin verimi ile bitki indeksleri arasında korelasyonun olup olmadığına bakılmıştır. Her bir parsel için verim bilgisi ayrı ayrı toplanmıştır. Sonrasında parsel bazlı olarak (4.2) formülünde yararlanılarak korelasyon hesaplanmıştır.

$$Korelasyon(P, V) = \frac{\sum(p-\bar{p})(v-\bar{v})}{\sqrt{\sum(p-\bar{p})^2 \sum(v-\bar{v})^2}} \quad (4.2)$$

4.2 no'lu formülde geçen p, her bir parsel için ortalama piksel yansıtım değeri v, her bir parsel için verimi temsil etmektedir.  $\bar{p}, \bar{v}$  ise değerlerin ortalamalarını göstermektedir.

Korelasyonun olup olmadığı ve eğer korelasyon varsa en yüksek korelasyonun hangi tarihte olduğunun tespitinin yapılması için çalışmada kullanılan on bitki indeksi için korelasyona bakılmıştır.

48 parsel ile verim arasında en yüksek korelasyon NDVI, NDVIre1, SRre1 indekslerinde bulunmuştur. Bitki indekslerinde en yüksek korelasyon 30 Haziran tarihinde tespit edilmiştir ve şekil 4.17'de gösterilmiştir. Tüm tarihlere ait korelasyonlar ek-2'de gösterilmiştir.



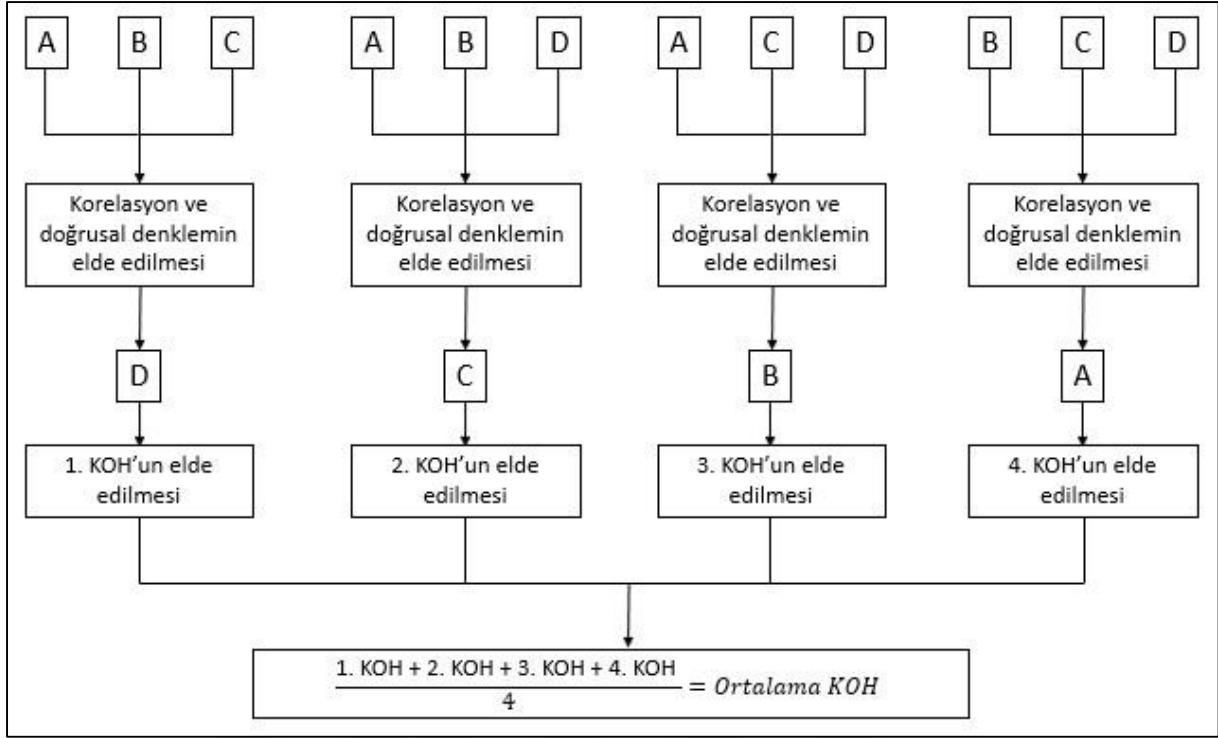
**Şekil 4.17** On adet bitki indeksinin ayçiçeği verimi ile 30 Haziran'a ait korelasyonları.

Çalışmanın devamında en yüksek korelasyonu veren bitki indeksleri ile doğrusal fonksiyon oluşturulmuş ve fonksiyonlardan verim değerleri elde edilmiştir. Fonksiyonlardan elde edilen verimler ile gerçek verim arasında doğruluk ölçütü olarak Karesel Ortalama Hata (KOH) kullanılmıştır.

Çalışmada hassas ve doğru sonuçların elde edilmesi için 48 parsel verisinin hepsinin korelasyon ve KOH analizinde kullanmak yerine parseller gelişigüzel dört farklı gruba (A, B, C, D) ayrılmıştır. Dört grup içerisinde her veri grubu test olarak değerlendirilmiş ve modelin KOH değeri elde edilmiştir (Şekil 4.18). KOH formülü 4.3'de gösterilmiştir.

$$KOH = \sqrt{\frac{[|\varepsilon\varepsilon|]}{n}} \quad (4.3)$$

4.3 no'lu formülde geçen,  $\varepsilon$  gerçek verim ile indekslerden üretilen verim farkını,  $n$  veri sayısını göstermektedir.



Şekil 4.18 Modelin KOH değerinin elde edilmesi.

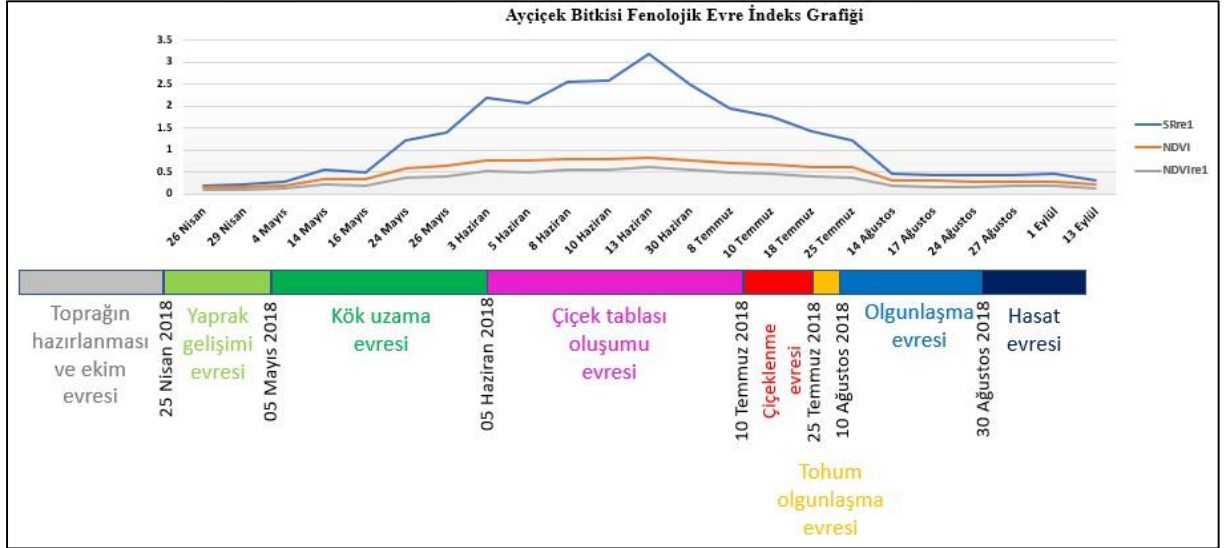




## BÖLÜM 5

### BULGULAR

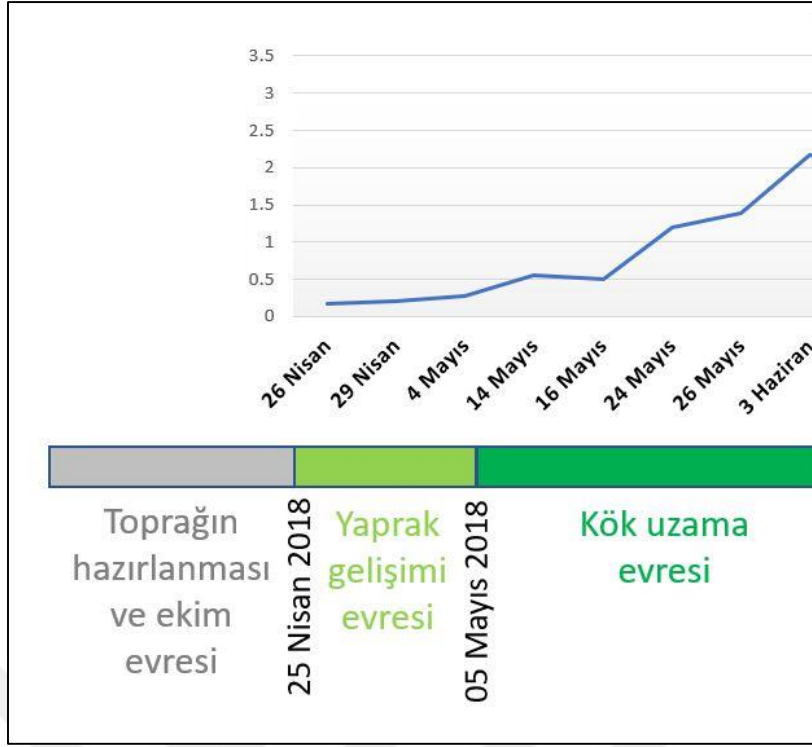
Çalışmada ayçiçeği bitkisi fenolojik evresi sürecinde bitkinin BBCH kod ölçeğine göre uyarlanmış yansıtım değerleri çok zamanlı Sentinel-2 uydu görüntüsünden üretilmiş bitki indeksleri (en yüksek korelasyonu sağlayan) ile değerlendirilerek fenolojik evre grafiği elde edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Ayçiçeği biktisi, bitki indeksi yansıtım grafiği.

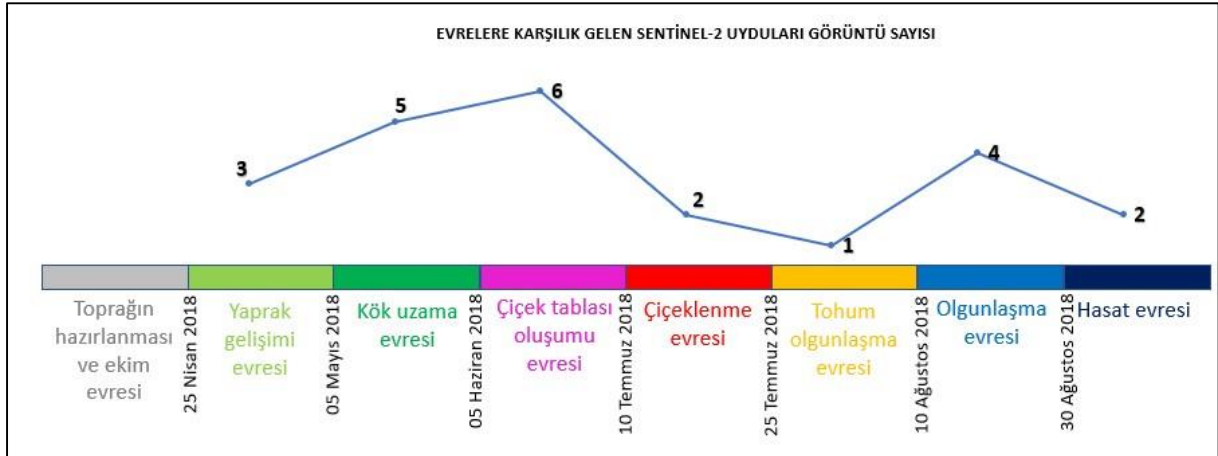
Çalışmadan elde edilen bulgudan bir tanesi ayçiçeği bitkisinin çalışma alanına göre ekimden haziran ayı ortasına kadar yansıtım değerlerinin arttığı, haziran ortasından hasata kadar da azaldığı görülmektedir. Haziran ayının ortası BBCH kod'a göre çiçek tablası oluşum evresidir.

Elde edilen diğer bulgu ise bitkinin kök uzama ekim evresinde çalışma alanına 15 Mayıs tarihinde yağmur yağmasından dolayı 16 Mayıs tarihinde alınan uydu görüntüsünden elde edilen indeks değerlerinde azalma olmasıdır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Yağmur sebebiyle yansıtım değerindeki grafikte görülen azalma.

Sentinel-2 uyduları 5 günlük zamansal çözünürlük sağlayarak bitkinin her bir evresinde daha fazla spektral yansıtım değeri toplayabilmeyi mümkün kılmıştır. Sadece tohum olgunlaşma evresinde sürecin kısa olmasından dolayı tek görüntü bulutsuz olarak elde edilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Evrelere karşılık gelen Sentinel-2 uydularına ait görüntü sayısı.

Sentinel-2 uydularından alınan 23 adet görüntüden elde edilen bitki indekslerinden üretilen değerler ile verim arasındaki korelasyona 48 parsel için bakılmıştır. En yüksek korelasyonu veren bitki indeksleri ve 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki değerler

çizelge 5.1’de gösterilmiştir. Her bir tarihi için en çok korelasyon görülen değer kırmızı ile en az korelasyonun görüldüğü ise mavi renk ile gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1** 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki korelasyonlar.

	30 Haziran 2018	8 Temmuz 2018	10 Temmuz 2018
NDVI	0.876175	0.74918496	0.75585292
NDVIrel	0.881772	0.791794	0.796074
SRrel	0.866152	0.79951675	0.788442

Bitki indekslerinin her biri için yöntemler kısmında belirtildiği gibi 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz tarihleri için 48 parsel 12’şerli dört gruba ayrılmıştır. Üç grup doğrusal fonksiyon üretmek için bir grup test için kullanılmıştır. Her grup test olarak kullanmış ve dört adet doğrusal fonksiyon elde edilmiştir. Fonksiyonlara ait grafikler ek-3’de verilmiştir.

Doğrusal fonksiyonlardan indeks yansıtım değerleriyle verim elde edilmiştir elde edilen verimler ile gerçek verim karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.2).

**Çizelge 5.2** 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki gerçek verim ile indeks yansıtım değeriyle elde edilmiş verim arasındaki farklar.

Parsel Numarası	Gerçek Verim (Kg/Da)	30 Haziran 2018		8 Temmuz 2018		10 Temmuz 2018	
		NDVI ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVI ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVI ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)
1	340	320.6801	19.3199	331.3039	8.6961	322.2486	17.7514
2	340	319.0717	20.9283	329.6960	10.3040	319.7971	20.2029
3	310	299.8743	10.1257	321.2555	-11.2555	310.0387	-0.0387
4	300	313.6225	-13.6225	290.4352	9.5648	290.3358	9.6642
5	300	280.9833	19.0167	310.0389	-10.0389	301.2621	-1.2621
6	270	267.4991	2.5009	304.3351	-34.3351	291.7357	-21.7357
7	285	299.5618	-14.5618	327.9867	-42.9867	322.6615	-37.6615
8	330	325.5526	4.4474	333.0419	-3.0419	331.5169	-1.5169
9	340	336.2684	3.7316	339.6249	0.3751	335.0178	4.9822
10	330	335.5250	-5.5250	296.3379	33.6621	302.2677	27.7323
11	340	341.0378	-1.0378	317.5337	22.4663	317.5282	22.4718
12	300	336.4105	-36.4105	296.7093	3.2907	293.4705	6.5295
13	405	382.1210	22.8790	360.5925	44.4075	370.9618	34.0382
14	340	345.6486	-5.6486	356.1770	-16.1770	362.1287	-22.1287
15	325	356.1863	-31.1863	339.9074	-14.9074	339.3397	-14.3397

Çizelge 5.2 (devam ediyor)

Parsel Numarası	Gerçek Verim (Kg/Da)	30 Haziran 2018		8 Temmuz 2018		10 Temmuz 2018	
		NDVI ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVI ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVI ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)
16	385	374.1082	10.8918	364.1661	20.8339	362.0886	22.9114
17	290	313.9742	-23.9742	339.4542	-49.4542	348.6891	-58.6891
18	270	290.8775	-20.8775	331.4002	-61.4002	332.4526	-62.4526
19	315	317.6169	-2.6169	281.6719	33.3281	278.9677	36.0323
20	325	346.9481	-21.9481	294.7464	30.2536	291.1756	33.8244
21	300	308.3930	-8.3930	285.4459	14.5541	278.6367	21.3633
22	330	316.3465	13.6535	327.3476	2.6524	336.6728	-6.6728
23	240	230.6816	9.3184	252.0324	-12.0324	240.2505	-0.2505
24	320	289.2581	30.7419	273.5693	46.4307	259.1934	60.8066
25	240	230.0003	9.9997	176.1839	63.8161	241.1028	-1.1028
26	320	326.0870	-6.0870	329.5600	-9.5600	334.9163	-14.9163
27	330	329.8219	0.1781	341.0083	-11.0083	345.8263	-15.8263
28	340	365.2424	-25.2424	357.6258	-17.6258	361.1772	-21.1772
29	350	333.0570	16.9430	352.6540	-2.6540	356.8370	-6.8370
30	350	331.8520	18.1480	350.8592	-0.8592	355.6072	-5.6072
31	410	385.9154	24.0846	368.5646	41.4354	369.6924	40.3076
32	360	347.0661	12.9339	357.7561	2.2439	359.5691	0.4309
33	400	369.3315	30.6685	357.6430	42.3570	359.8630	40.1370
34	380	344.1494	35.8506	357.2829	22.7171	356.1162	23.8838
35	350	319.7841	30.2159	307.4407	42.5593	299.2718	50.7282
36	340	317.0690	22.9310	322.4342	17.5658	309.9293	30.0707
37	350	346.9811	3.0189	315.5419	34.4581	314.0737	35.9263
38	395	366.5974	28.4026	360.9125	34.0875	365.6703	29.3297
39	230	229.5088	0.4912	268.0114	-38.0114	254.1742	-24.1742
40	200	213.9092	-13.9092	277.3828	-77.3828	269.6816	-69.6816
41	345	365.2177	-20.2177	362.7103	-17.7103	366.5801	-21.5801
42	300	301.3252	-1.3252	336.0103	-36.0103	336.5732	-36.5732
43	260	257.9809	2.0191	304.6788	-44.6788	299.6471	-39.6471
44	320	340.9152	-20.9152	319.1041	0.8959	318.1779	1.8221
45	310	298.3370	11.6630	306.8578	3.1422	295.0981	14.9019
46	390	376.3986	13.6014	356.0311	33.9689	354.8620	35.1380
47	260	316.7088	-56.7088	328.6488	-68.6488	328.4559	-68.4559
48	250	339.1112	-89.1112	320.0522	-70.0522	320.8064	-70.8064

Çizelge 5.2 (devam ediyor)

Parsel Numarası	Gerçek Verim (Kg/Da)	30 Haziran 2018		8 Temmuz 2018		10 Temmuz 2018	
		NDVIre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVIre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVIre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)
1	340	312.3762	27.6238	324.7513	15.2487	317.4688	22.5312
2	340	310.3250	29.6750	322.4771	17.5229	316.0629	23.9371
3	310	297.6653	12.3347	317.1998	-7.1998	305.4726	4.5274
4	300	301.3022	-1.3022	291.5238	8.4762	289.7150	10.2850
5	300	267.1269	32.8731	296.8373	3.1627	288.1345	11.8655
6	270	256.7628	13.2372	293.6057	-23.6057	281.0119	-11.0119
7	285	290.3958	-5.3958	317.3676	-32.3676	313.2755	-28.2755
8	330	311.3229	18.6771	328.3027	1.6973	328.6648	1.3352
9	340	312.5146	27.4854	326.6570	13.3430	322.9345	17.0655
10	330	317.1520	12.8480	284.8424	45.1576	288.5070	41.4930
11	340	348.2483	-8.2483	330.3063	9.6937	329.9522	10.0478
12	300	326.6482	-26.6482	301.7952	-1.7952	295.4964	4.5036
13	405	385.8087	19.1913	374.2499	30.7501	378.3047	26.6953
14	340	358.9451	-18.9451	363.9245	-23.9245	368.2543	-28.2543
15	325	346.9474	-21.9474	350.2507	-25.2507	348.2831	-23.2831
16	385	389.9338	-4.9338	382.0917	2.9083	379.1944	5.8056
17	290	305.5996	-15.5996	335.4879	-45.4879	344.8272	-54.8272
18	270	319.6865	-49.6865	348.7996	-78.7996	345.7028	-75.7028
19	315	316.8656	-1.8656	295.3046	19.6954	286.9608	28.0392
20	325	330.9788	-5.9788	295.7470	29.2530	295.5030	29.4970
21	300	314.5181	-14.5181	290.5514	9.4486	282.1523	17.8477
22	330	310.4907	19.5093	318.6523	11.3477	325.2683	4.7317
23	240	249.0967	-9.0967	255.1568	-15.1568	244.7514	-4.7514
24	320	306.5533	13.4467	285.7751	34.2249	272.1475	47.8525
25	240	321.0244	-81.0244	328.6429	-88.6429	339.4274	-99.4274
26	320	357.5109	-37.5109	350.6438	-30.6438	358.3355	-38.3355
27	330	332.0922	-2.0922	341.9501	-11.9501	349.1657	-19.1657
28	340	331.2552	8.7448	341.1930	-1.1930	347.5518	-7.5518
29	350	399.1213	-49.1213	382.4417	-32.4417	382.5733	-32.5733
30	350	335.7051	14.2949	349.7629	0.2371	355.9905	-5.9905
31	410	365.7270	44.2730	362.2214	47.7786	363.2856	46.7144
32	360	356.3691	3.6309	368.2632	-8.2632	367.5359	-7.5359
33	400	315.3078	84.6922	304.7641	95.2359	297.9337	102.0663
34	380	310.8863	69.1137	315.4484	64.5516	307.9327	72.0673
35	350	319.7841	30.2159	307.4407	42.5593	299.2718	50.7282
36	340	317.0690	22.9310	322.4342	17.5658	309.9293	30.0707
37	350	342.4708	7.5292	318.0582	31.9418	317.0614	32.9386

Çizelge 5.2 (devam ediyor)

Parsel Numarası	Gerçek Verim (Kg/Da)	30 Haziran 2018		8 Temmuz 2018		10 Temmuz 2018	
		NDVİre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVİre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	NDVİre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)
38	395	384.1732	10.8268	366.4551	28.5449	371.5269	23.4731
39	230	234.2843	-4.2843	263.0896	-33.0896	251.5262	-21.5262
40	200	225.8708	-25.8708	274.4333	-74.4333	266.3063	-66.3063
41	345	381.9192	-36.9192	364.2955	-19.2955	370.1314	-25.1314
42	300	297.1763	2.8237	326.5240	-26.5240	328.1892	-28.1892
43	260	261.8882	-1.8882	298.0985	-38.0985	294.5115	-34.5115
44	320	337.1937	-17.1937	323.0719	-3.0719	321.7882	-1.7882
45	310	317.9404	-7.9404	311.5575	-1.5575	299.1055	10.8945
46	390	395.6105	-5.6105	375.0493	14.9507	373.2575	16.7425
47	260	319.8977	-59.8977	325.7413	-65.7413	325.6174	-65.6174
48	250	329.2394	-79.2394	319.9737	-69.9737	319.8380	-69.8380

Parsel Numarası	Gerçek Verim (Kg/Da)	30 Haziran 2018		8 Temmuz 2018		10 Temmuz 2018	
		SRre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	SRre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	SRre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg)
1	340	306.3899	33.6101	319.1344	20.8656	312.9188	27.0812
2	340	304.3643	35.6357	316.7766	23.2234	311.4917	28.5083
3	310	291.7025	18.2975	308.9283	1.0717	298.5067	11.4933
4	300	295.3451	4.6549	284.6284	15.3716	284.9072	15.0928
5	300	266.4947	33.5053	289.7073	10.2927	284.2652	15.7348
6	270	258.5225	11.4775	286.8208	-16.8208	278.2568	-8.2568
7	285	285.5340	-0.5340	309.5283	-24.5283	306.1226	-21.1226
8	330	304.8122	25.1878	321.6075	8.3925	321.9260	8.0740
9	340	305.8687	34.1313	319.5023	20.4977	315.8241	24.1759
10	330	311.0175	18.9825	280.3211	49.6789	284.6909	45.3091
11	340	343.9236	-3.9236	323.7919	16.2081	323.2087	16.7913
12	300	319.6746	-19.6746	293.8223	6.1777	289.6685	10.3315
13	405	392.2051	12.7949	385.3197	19.6803	383.7960	21.2040
14	340	358.9371	-18.9371	370.3216	-30.3216	370.5466	-30.5466
15	325	344.8191	-19.8191	352.5051	-27.5051	346.5576	-21.5576
16	385	398.0587	-13.0587	398.6247	-13.6247	385.2615	-0.2615
17	290	301.9521	-11.9521	331.6679	-41.6679	340.4340	-50.4340
18	270	324.1284	-54.1284	357.6163	-87.6163	349.8013	-79.8013
19	315	313.3987	1.6013	289.6971	25.3029	285.5182	29.4818
20	325	328.9046	-3.9046	293.7035	31.2965	294.7736	30.2264
21	300	313.8141	-13.8141	289.5049	10.4951	285.3834	14.6166
22	330	311.6623	18.3377	314.8315	15.1685	321.5021	8.4979

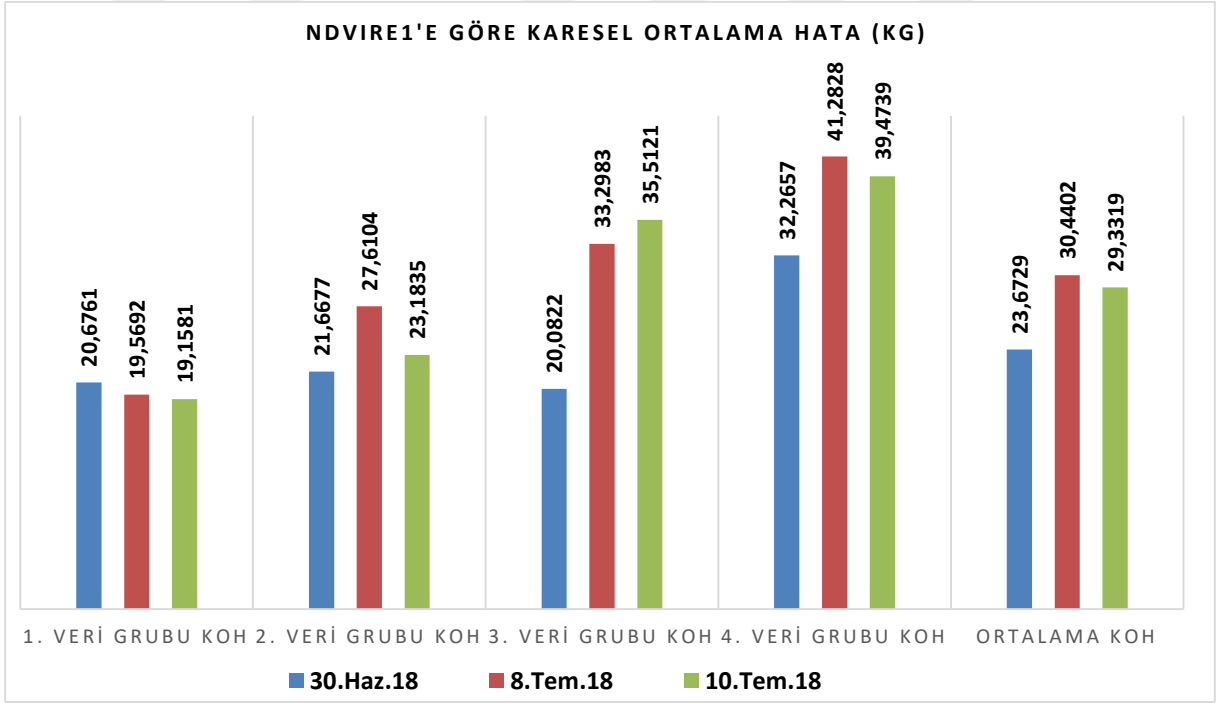
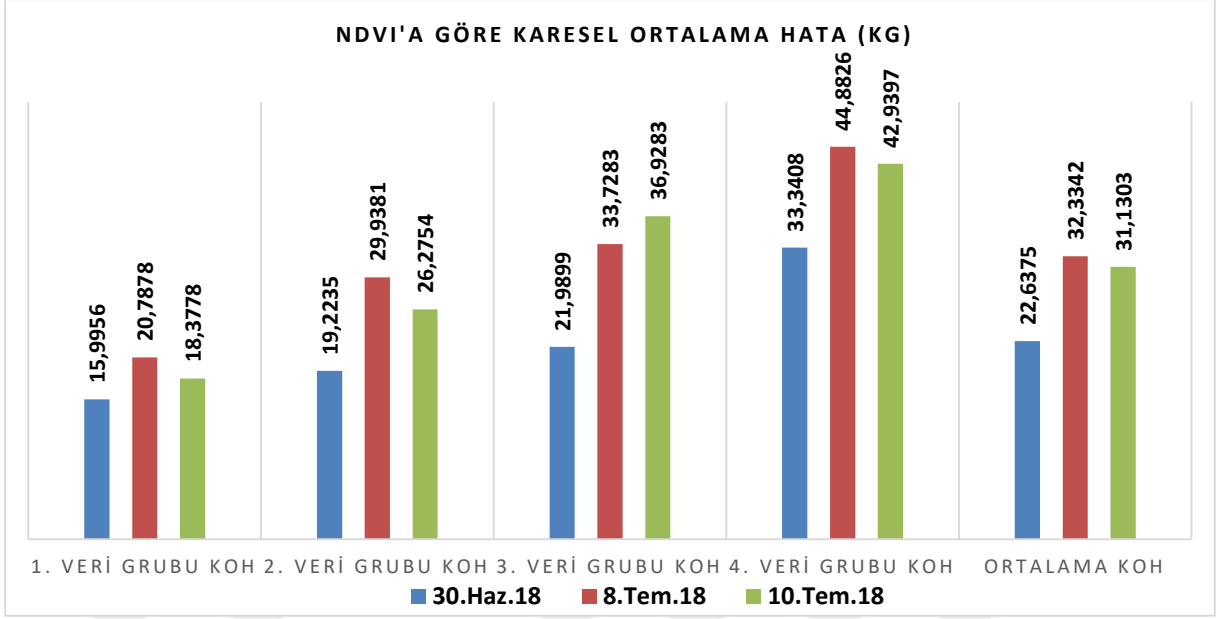


Çizelge 5.2 (devam ediyor)

Parsel Numarası	Gerçek Verim (Kg/Da)	30 Haziran 2018		8 Temmuz 2018		10 Temmuz 2018	
		SRre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	SRre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg/Da)	SRre1 ile Üretilmiş Verim (Kg/Da)	Fark (Kg)
23	240	256.0308	-16.0308	256.9296	-16.9296	255.8253	-15.8253
24	320	303.1480	16.8520	281.2921	38.7079	274.2521	45.7479
25	240	315.7242	-75.7242	224.2727	15.7273	334.9005	-94.9005
26	320	357.3111	-37.3111	308.6560	11.3440	358.5843	-38.5843
27	330	327.8140	2.1860	323.3698	6.6302	346.7342	-16.7342
28	340	326.5015	13.4985	348.3408	-8.3408	344.6957	-4.6957
29	350	417.3213	-67.3213	338.0995	11.9005	395.6956	-45.6956
30	350	331.2211	18.7789	337.1696	12.8304	355.3000	-5.3000
31	410	367.9925	42.0075	393.5948	16.4052	365.4514	44.5486
32	360	356.2027	3.7973	347.1315	12.8685	371.7388	-11.7388
33	400	310.3315	89.6685	363.4876	36.5124	294.7930	105.2070
34	380	305.9506	74.0494	372.0415	7.9585	303.1884	76.8116
35	350	319.7841	30.2159	301.1587	48.8413	299.2718	50.7282
36	340	317.0690	22.9310	310.5898	29.4102	309.9293	30.0707
37	350	344.2392	5.7608	313.6354	36.3646	304.2288	45.7712
38	395	391.4313	3.5687	372.5081	22.4919	373.5506	21.4494
39	230	259.0563	-29.0563	269.8839	-39.8839	252.4682	-22.4682
40	200	253.4934	-53.4934	277.8447	-77.8447	262.2639	-62.2639
41	345	388.5199	-43.5199	369.1231	-24.1231	371.2165	-26.2165
42	300	301.9298	-1.9298	321.6867	-21.6867	315.5932	-15.5932
43	260	279.0898	-19.0898	297.4311	-37.4311	285.0755	-25.0755
44	320	338.2484	-18.2484	317.9195	2.0805	308.6219	11.3781
45	310	320.4195	-10.4195	308.1953	1.8047	288.5081	21.4919
46	390	407.1556	-17.1556	386.7925	3.2075	376.6541	13.3459
47	260	321.2136	-61.2136	320.4513	-60.4513	312.2165	-52.2165
48	250	330.7199	-80.7199	314.9973	-64.9973	306.4353	-56.4353

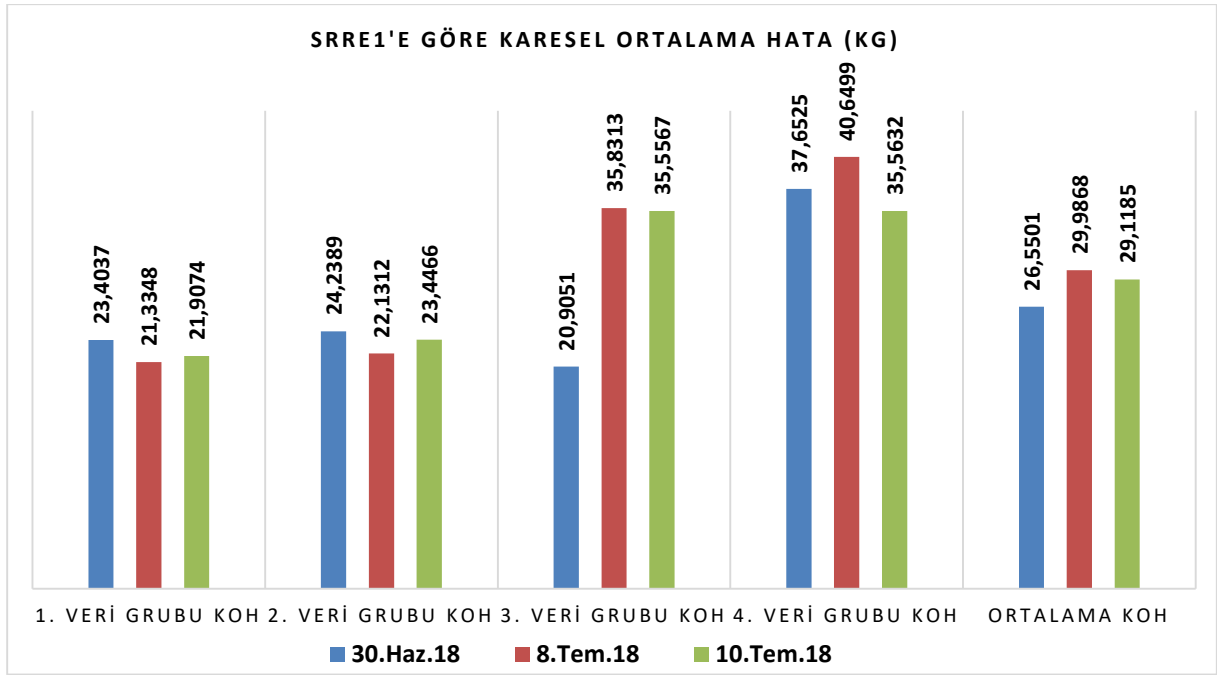
Gerçek verim ve bitki indeksleri ile üretilmiş verim arasındaki farklara bakıldığında en çok farkın SRre1 indeksinde 10 Temmuz tarihinde 33 nolu parselde 105.2070 kg, en az farkın ise NDVI indeksinde 10 Temmuz tarihinde 3 nolu parsel 0.0387 kg olduğu görülmüştür. Farkların çok olduğu ve az olduğu parseller her indekste benzerlik göstermektedir.

Karşılaştırılan veriler ile bitki indekslerinin her biri için 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz tarihleri için KOH elde edilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Her bir grup için KOH değerleri.





**Şekil 5.4** (devam ediyor).

Çalışmada 30 Haziran, 8 Temmuz, 10 Temmuz tarihleri için elde edilen KOH verilmiştir (Çizelge 5.3).

**Çizelge 5.3** 30 Haziran, 8 Temmuz ve 10 Temmuz 2018 tarihlerindeki ortalama KOH.

Tarih	ORTALAMA KOH (KG)		
	NDIVre1	NDVI	SRre1
<b>30 Haziran 2018</b>	23.67293	22.63747	26.55005833
<b>8 Temmuz 2018</b>	30.44018	32.33421	29.9868015
<b>10 Temmuz 2018</b>	29.33191	31.1303	29.11845941

Ortalama KOH'lar incelendiğinde en iyi sonuçlar;

- 30 Haziran tarihinde 22.63747 Kg ile NDVI indeksinin en iyi sonuç verdiği görülmüştür.
- 8 Temmuz tarihinde 29.9868015 Kg ile SRre1 indeksinin en iyi sonuç verdiği görülmüştür.
- 10 Temmuz tarihinde 29.11845941 Kg ile SRre1 indeksinin en iyi sonuç verdiği görülmüştür.



## BÖLÜM 6

### SONUÇ

Tarımsal politikaların belirlenmesinde hızlı, güvenilir ve doğru kararlar vermek tarımın gelişmesinde ve doğru yol izlenmesinde karar vericiler için oldukça önemlidir. Klasik yöntemler ile her ne kadar güvenilir ve doğru kararlar verilebilmesine rağmen hızlılık ve maliyet açısından geride kalmaktadır. Tarım ürünlerinin türüne göre değişmek ile birlikte birçok tarım ürününün rekoltesi ancak hasat öncesinde anlaşılabilir. Bu sebepten tarım politikaları hakkında da önceden karar vermek zorlaşmaktadır. Karar vericiler için uzaktan algılama verileri bu tarz sorunlara yardımcı olarak kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama verileri tarımsal çalışmalarda ürün deseninin belirlenmesi, bitki sağlığı, toprak özelliklerinin belirlenmesi, toprak nemi ve rekolte tahmini çalışmalarında aktif olarak kullanılmaktadır. Geçmiş çalışmalarda optik uzaktan algılama verilerinin zamansal çözünürlüğün düşük olması sebebiyle ve hava şartlarının kötü gittiği zamanlarda görüntü bulmada birçok sıkıntı yaşanmaktaydı. Günümüzde ise yeni nesil uydular daha sık aralıklarla görüntü sağlayarak hava koşullarından kaynaklanan sorunları azaltmaktadır. Bu uyduların başında Sentinel-2 uyduları gelmektedir.

Bu çalışmada Sentinel-2 optik görüntüleme uyduları ile Tokat ili Zile ilçesinde tespit edilen ayçiçeği parsellerinin fenolojik evre sürecinde takibi ve verim hesabındaki performansı araştırılmıştır. Sonuçlar;

- Sentinel-2 optik görüntüleme uydularının zamansal çözünürlüğünün ayçiçeği bitkisinin fenolojik evresi sürecinde 23 adet uydu görüntüsü olması çalışma açısından bitkinin her evresinin takibinde kolaylık sağladığı görülmüştür.
- Sentinel-2 uydu algılayıcısının red-edge bölgede üç adet bant bulunmasına rağmen en iyi sonucu çalışmamızda bant 5'in verdiği görülmüştür.

Çalışmada 48 adet ayçiçeği parselinin indeks değerleri ile verim arasındaki korelasyona bakılmıştır. Korelasyonun BBCH kod ölçeğinde en yüksek olduğu evre, çiçek tablası oluşumu evresinde görülmüştür. 30 Haziran tarihinde NDVI<sub>re1</sub> en yüksek korelasyonu vermiş olmasına rağmen KOH'a göre en iyi sonuç NDVI'da görülmüştür. 8 Temmuz tarihinde korelasyon ve KOH'da en başarılı indeks SR<sub>re1</sub> olduğu tespit edilmiş alternatif olarak NDVI<sub>re1</sub> kullanılabileceği görülmüştür. 10 Temmuz tarihinde NDVI<sub>re1</sub> en yüksek korelasyonu vermiş olmasına rağmen KOH'a göre en iyi sonuç SR<sub>re1</sub>'de görülmüştür.

Çalışmanın sonucuna bakıldığında ayçiçeği bitkisinin verim tahmini çalışmalarında Sentinel-2 optik görüntüleme uydularının çok zamanlı görüntüleri kullanılarak ürün hasat edilmeden önce verim bilgisi hakkında bilgi alınabilmesinde aktif bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Lillesand T M, Kiefer R W and Chipman J W** (2004) *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons Pres. New York. 736 pp.
- [2] **Cihlar J, Brown R J and Gindon B** (1986) Microwave Remote Sensing of Agricultural Crops in Canada, *Journal of Remote Sensing*, 7 (2): 195-212.
- [3] **Reynolds M and Yittayew D C** (2000) Estimation Crop Yields And Production By Integrating The FAO Crop Specific Water Balance Model With Real-Time Satellite Data And Ground-Based Ancillary Data. *International Journal of Remote Sensing*, 21 (18): 3487-3508.
- [4] **Shafian S and Valadanouzj M** (2009) Assessment Crop Yield Estimation Methods by Using Satellite Imagery, *Geospatial World*. 1-2.
- [5] **Mo X, Liua S, Lina Z, Xu, Y, Xiang Y and McVicar T R** (2005) Prediction Of Crop Yield, Water Consumption And Water Use Efficiency With A SVAT-Crop Growth Model Using Remotely Sensed Data On The North China Plain. *Ecological Modelling*, 183. 301-322.
- [6] **Sönmez N K, ve Sarı M** (2004) Verim Tahmini Çalışmalarında Yeni Yaklaşımlar: Uzaktan Algılama Ve Agrometeorolojik Yöntemler, *Derim*, 21 (2). 5-18.
- [7] **Huang J, Wang H, Dai Q and Han D** (2014) Analysis of NDVI Data for Crop Identification and Yield Estimation, *IEEE Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7 (11): 4374-4384.
- [8] **Sultana S R, Ali A, Ahmad A, Mubeen M, Zia-Ul-Haq M, Ahmad S, Ercisli S and Jaafar H Z E** (2014) Normalized Difference Vegetation Index as a Tool for Wheat Yield Estimation: A Case Study from Faisalabad, Pakistan, *The Scientific World Journal*, (8).
- [9] **Kayahan N** (2013) Uzaktan Algılama Kullanılarak Sılablık Mısır Veriminin Tahminlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Konya, 52 s.
- [10] **Esetlili T, Özen F, Kandemir B N, Kurucu Y ve Bolca M** (2015) Uzaktan Algılama Tekniğı ile Pamuk Tarla Verimi Tahmin Doğruluğunun Arttırılmasında Kırmızı Kenar (Rededge) Band Kullanımının Katkısı, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (2):161-168.
- [11] **Bolca M, Kurucu Y ve Altınbaş Ü** (2003) Batı Anadolu Bölgesi 2002 Yılı Pamuk Ekili Alanlarının Ve Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniğı Kullanılarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2): 89-96.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [12] **Süslü A** (2007) Şerefli Koçhisar İlçesindeki Tarım Arazilerinde Uzaktan Algılama Yöntemiyle Ekili Alanların Tespiti ve Rekolte Tahmini, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Gebze, 99 s.
- [13] **Sun J** (2000) Dynamic Monitoring and Yield Estimation of Crops by Mainly Using the Remote Sensing Technique in China, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66 (5). 645-650.
- [14] **Ferencz C, Bognar P, Lichtenberger J, Hamar D, Tarcsai G, Timar G, Molnar G, Pastzor S, Steinbach P, Szekely B, Ferencz O E and Ferencz-Arkos I** (2004) Crop Yield Estimation By Satellite Remote Sensing, *International Journal of Remote Sensing*, 25 (20). 4113-4149.
- [15] **Bolton D K and Friedl M A** (2013) Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics, *Agricultural and Forest Meteorology*, 173: 74-84.
- [16] **Yerdelen A, Mermer A, Dedeoğlu F, Yıldız H, Kaya Y, Süzer S ve Öcal M B** (2008) Edirne İlinde Ürün Deseninin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi ve Ayçiçeği Verim Tahmini, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17: 1-2.
- [17] **Pena-Marragan J, Lopez- Granados F, Jurada-Exposito M and Garcia-Torres L** (2010) Sunflower Yield Related To Multi-Temporal Aerial Photography, Land Elevation and Weed Infestation, *Precision Agric*, 11: 568-585.
- [18] **Fieuzal R and Baup F** (2016) Estimation of leaf area index and crop height of sunflowers using multi-temporal optical and SAR satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, 37 (12): 2780-2809.
- [19] **Delen A** (2017) Ürün Deseni Belirlenmesinde Farklı Bitki Örtüsü İndekslerinin Etkilerini Piksel ve Nesne Tabanlı Sınıflandırma Örneğinde Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 80 s.
- [20] **İspir E** (2000) Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Köyceğiz Bölgesindeki Sığla Ormanlarının Değişim Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 85 s.
- [21] **Eroğlu E** (2008) Bazı Tarım Ürünlerinin Bitki Besin Elementi Noksanlıkları İle Elektromanyetik Enerji Yansıtma Özellikleri Arasındaki İlişkiler, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, İzmir, 171 s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [22] **Çölkesen İ ve Yomralıoğlu T** (2014) Arazi Örtüsü ve Kullanımının Haritalanmasında WorldView-2 Uydu Görüntüsü ve Yardımcı Verilerin Kullanımı, *Harita Dergisi*, 152(2): 12-24.
- [23] **Sarıkaya Ö V** (2006) İkonos Uydu Görüntüsüyle Haliç'te Su Kalitesi Analizi, *Yüksek Lisan Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 183 s.
- [24] **Örmeci C** (1987) *Uzaktan Algılama: Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri*. İTÜ Matbaası, İstanbul, 80 s.
- [25] **Jordan C F** (1969) Derivation of Leaf-Area Index From Quality of Light on the Forest Floor, *Ecology*, 50(4): 663-666.
- [26] **Rouse J, Haas R, Schell J and Deering D** (1974) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains With ERTS, *In: Third ERTS Symposium*, 10–14 Aralık 1974, Washington, Amerika Birleşik Devletleri, Vol. 1 48-62.
- [27] **Ghosh P, Mandal D, Bhattacharya A, Nanda M K and Bera S** (2018) Assessing Crop Monitoring Potential of Sentinel-2 in A Spatio-Temporal Scale, *ISPRS TC V Mid-term Symposium "Geospatial Technology – Pixel to People"*, 20–23 Kasım 2018, Dehradun, Hindistan, Vol. 42 227-231.
- [28] **Herrmann I, Karnieli A, Bonfil D J, Cohen Y and Alchanatis V** (2010) SWIR-based Spectral Indices for Assessing Nitrogen Content in Potato Fields, *International Journal of Remote Sensing*, 31: 5127-5413.
- [29] **Mitchell, J J, Glenn N F, Sankey T T, Derryberry D R and Germino M J** (2012) Remote Sensing of Sagebrush Canopy Nitrogen, *Remote Sens. Environ*, 124: 217-223.
- [30] **Li F, Miao Y, Feng G, Yuan F, Yue S, Gao X, Liu Y, Liu B, Ustin S L and Chen X** (2014) Improving Estimation of Summer Maize Nitrogen Status with Red Edge-based Spectral Vegetation Indices, *Field Crops Research*, 157: 111-123.
- [31] **Kross A, McNairn H, Lapen D, Sunohara M and Champagne C** (2015) Assessment of RapidEye Vegetation Indices for Estimation of Leaf Area Index and Biomass in Corn and Soybean Crops, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 34: 235-248.
- [32] **Gitelson A A and Merzlyak M** (1994) Spectral Reflectance Changes Associated Withautumn Senescence of Aesculus Hippocastanum L. and Acer Platanoides L. Leaves.Spectral Features and Relation to Chlorophyll Estimation, *J. Plant Physiol*, 143: 286-292.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [33] **Ehammer A, Fritsch S, Conrad C, Lamers J and Dech S** (2010) Statistical derivation of fPAR and LAI for irrigated cotton and rice in arid Uzbekistan by combining multi-temporal RapidEye data and ground measurements, *Proc. SPIE 7824, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XII*, 19-22 Eylül 2010, Prag, Çekya, Vol. 7824:1-10
- [34] **Gitelson A A, Gritz Y and Merzlyak M** (2003) Relationships Between Leaf Chlorophyll Content and Spectral Reflectance and Algorithms for Non-Destructive Chlorophyll Assessment in Higher Plant Leaves. *J. Plant Physiol*, 160: 271-282.
- [35] **Gitelson A A, Kaufman Y J and Merzlyak M N** (1996) Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.* 58; 289– 298.
- [36] **Şahin T** (2015) Tokat-Erbaa Şartlarında Bazı Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Çeşitlerinin Performanslarının Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat, 77 s.
- [37] **Meier U** (2001) Growth stages of mono- and dicotyledonous plants - BBCH Monograph. 2nd Edition, *Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*, Basel, Switzerland, P:158.
- URL-1** <<http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/>>, Ziyaret tarihi:01.04.2019
- URL-2** <<https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/sentinel2a/>>, Ziyaret tarihi: 31.08.2018
- URL-3** <<http://samanyoluekspresi.blogspot.com/2016/12/astrofizik-notlarm-4-elektromanyetik.html>>, Ziyaret tarihi: 13.09.2018
- URL-4** <<http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=111870015>>, Ziyaret tarihi: 16.09.2018
- URL-5**<<https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/aster/>>, Ziyaret tarihi: 20.12.2018
- URL-6** <<https://www.tai.com.tr/urun/gokturk-2>>, Ziyaret tarihi: 20.12.2018
- URL-7** <<https://landsat.usgs.gov/landsat-8>>, Ziyaret tarihi: 21.12.2018
- URL-8** <<https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>>, Ziyaret tarihi: 21.12.2018
- URL-9** <<https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/p/pleiades>>, Ziyaret tarihi: 24.12.2018
- URL-10** <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>, Ziyaret tarihi: 24.12.2018
- URL-11** <[http://www.nik.com.tr/content\\_sistem\\_uydu.asp?id=47](http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=47)>, Ziyaret tarihi:24.12.2018
- URL-12** <<http://www.oka.org.tr/haber-detay.aspx?Id=1942>>, Ziyaret tarihi:26.12.2018



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

**URL-13** <<https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/tokat/zile-15834>>, Ziyaret tarihi:27.12.2018

**URL-14** <<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF> >, Ziyaret tarihi: 28.12.2018

**URL-15** <[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) >, Ziyaret tarihi:28.12.2018

**URL-16** <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/mission-objectives>> Ziyaret tarihi: 01.04.2019

**URL-17** <[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Introducing\\_Sentinel-2](https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Introducing_Sentinel-2)>, Ziyaret tarihi: 14.01.2019

**URL-18** <<https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a>>, Ziyaret tarihi: 14.01.2019

**URL-19** <<http://step.esa.int/main/>>, Ziyaret tarihi: 15.04.2019





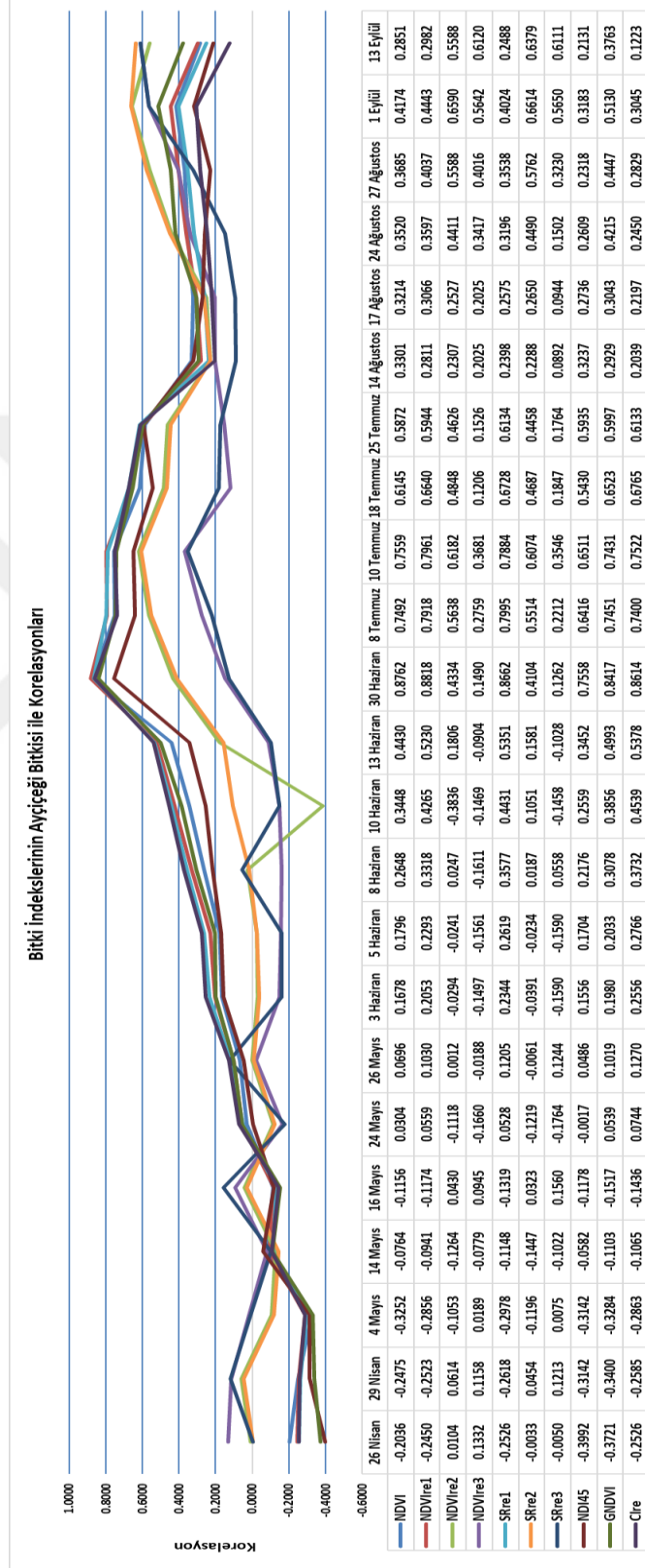






## EK B: Korelasyon

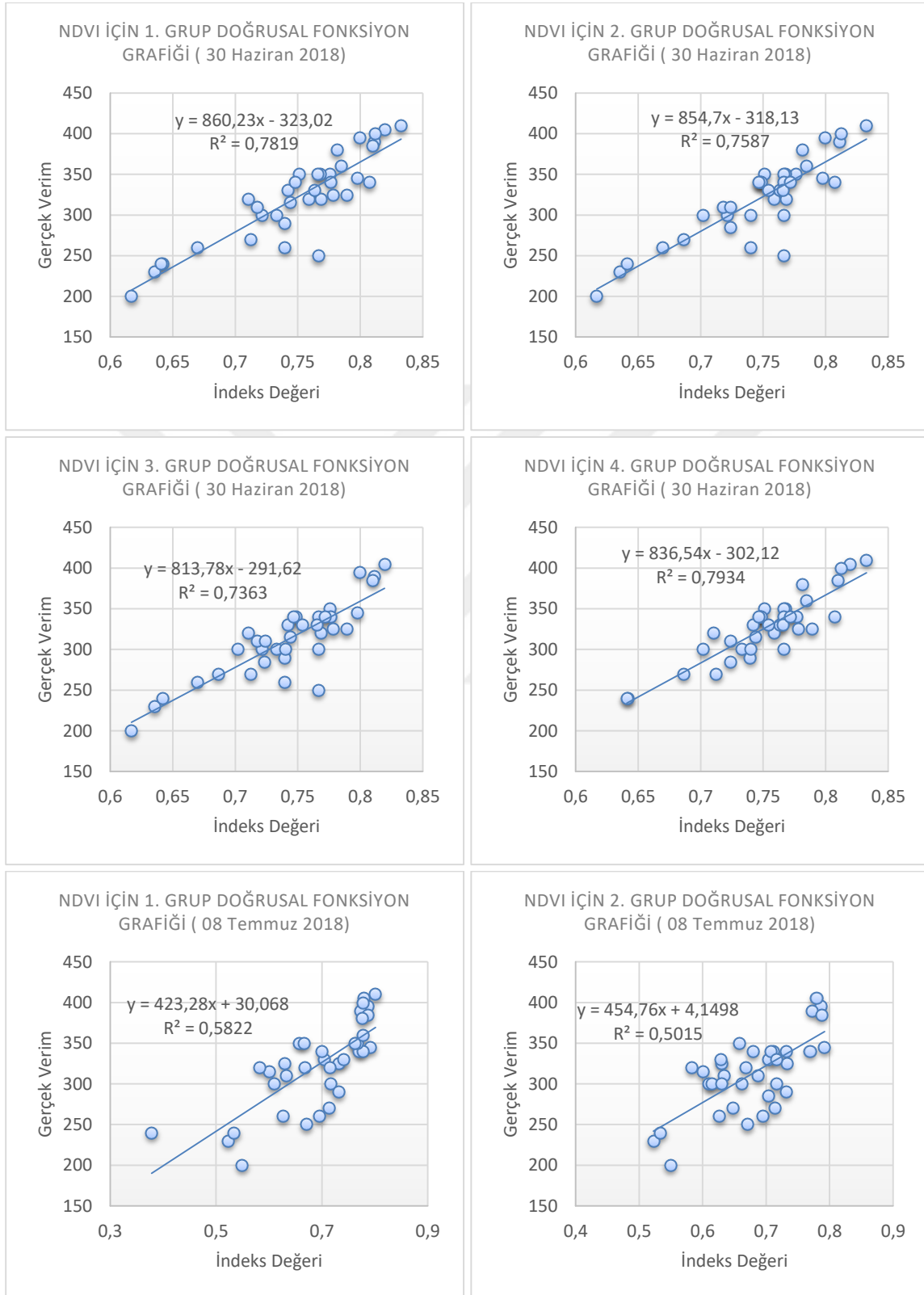
Çizelge B.1 Bitki İndekslerinin Ayçiçeği Bitkisi ile Korelasyonları



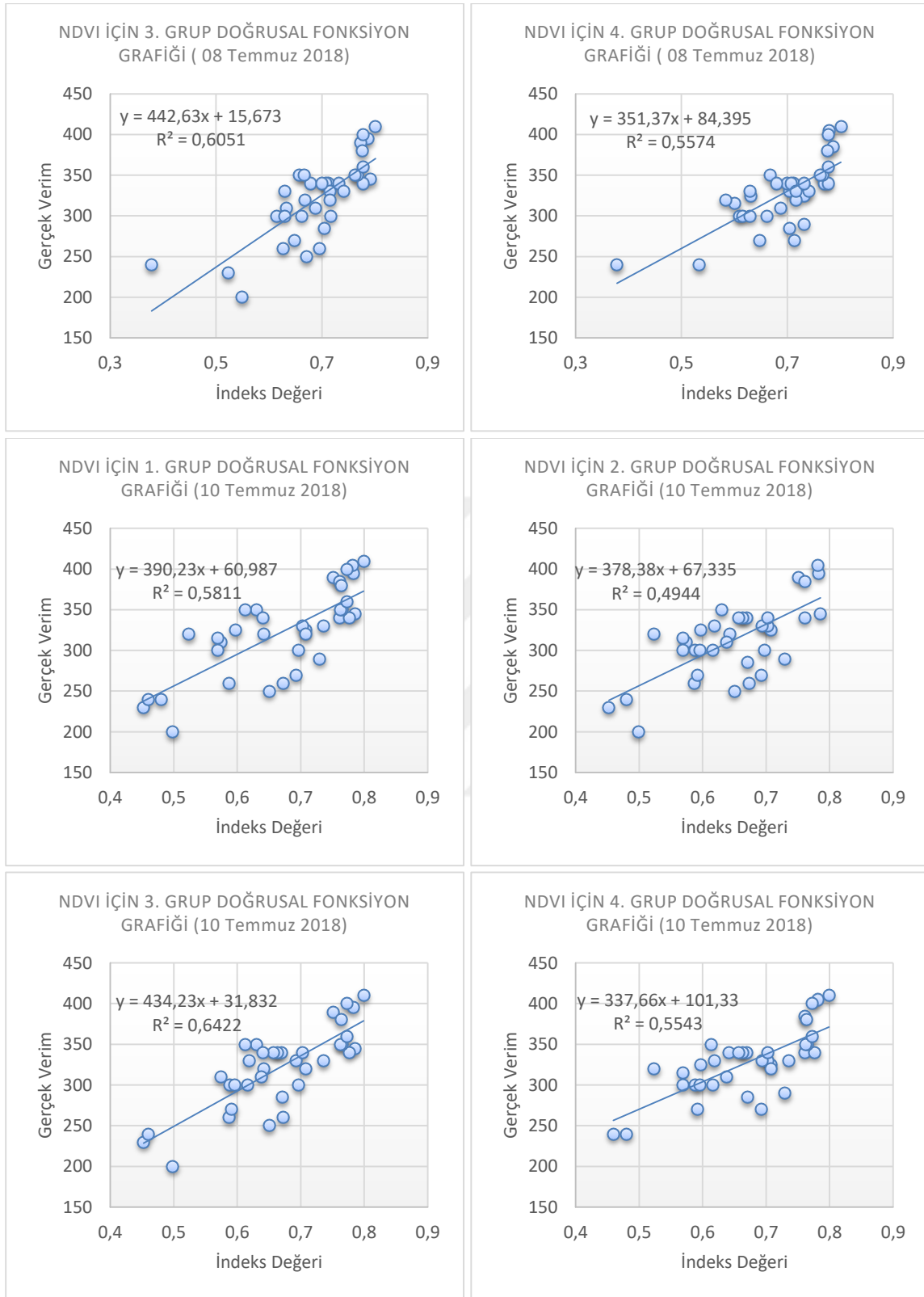




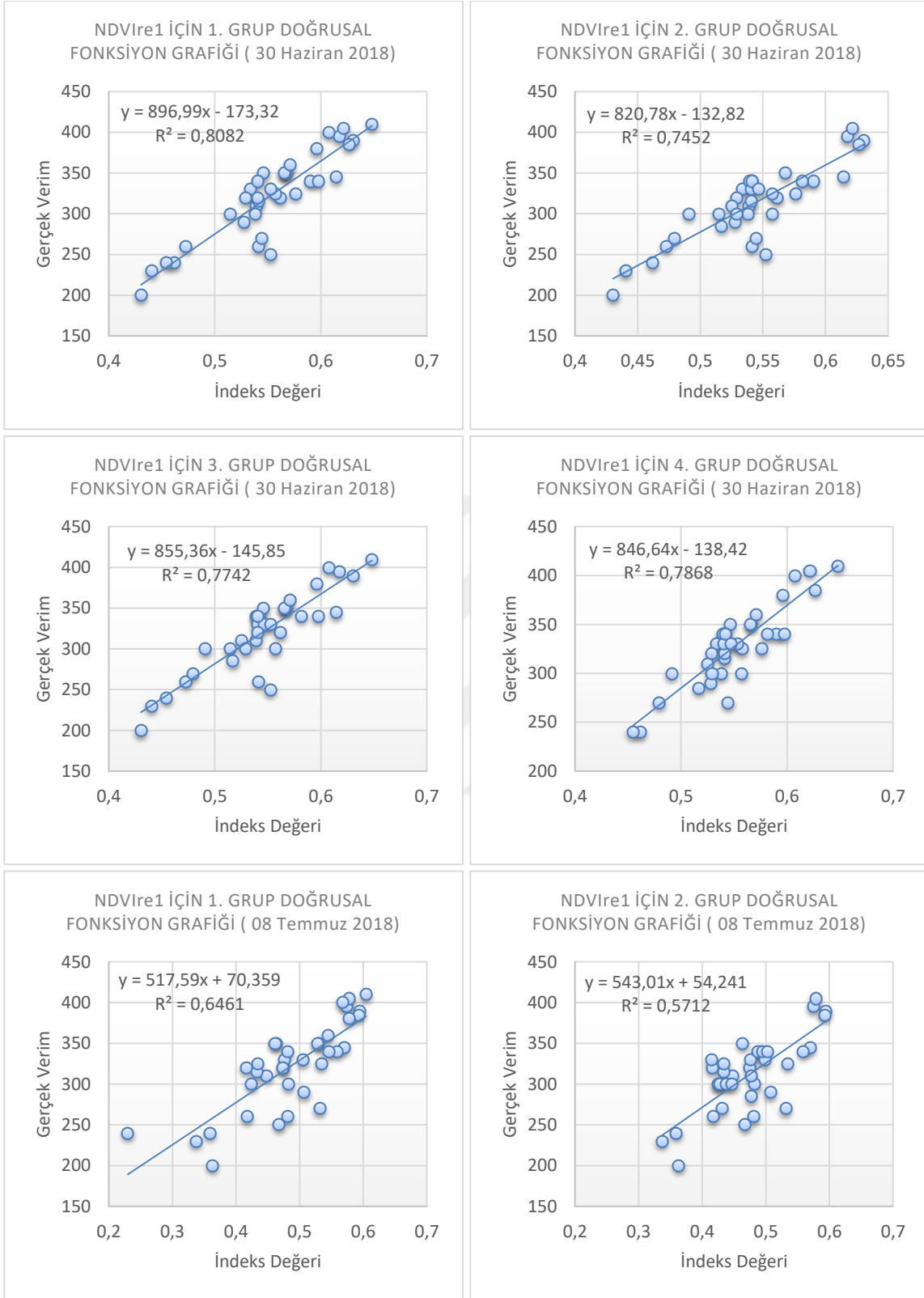
## EK C: Doğrusal Fonksiyonlar



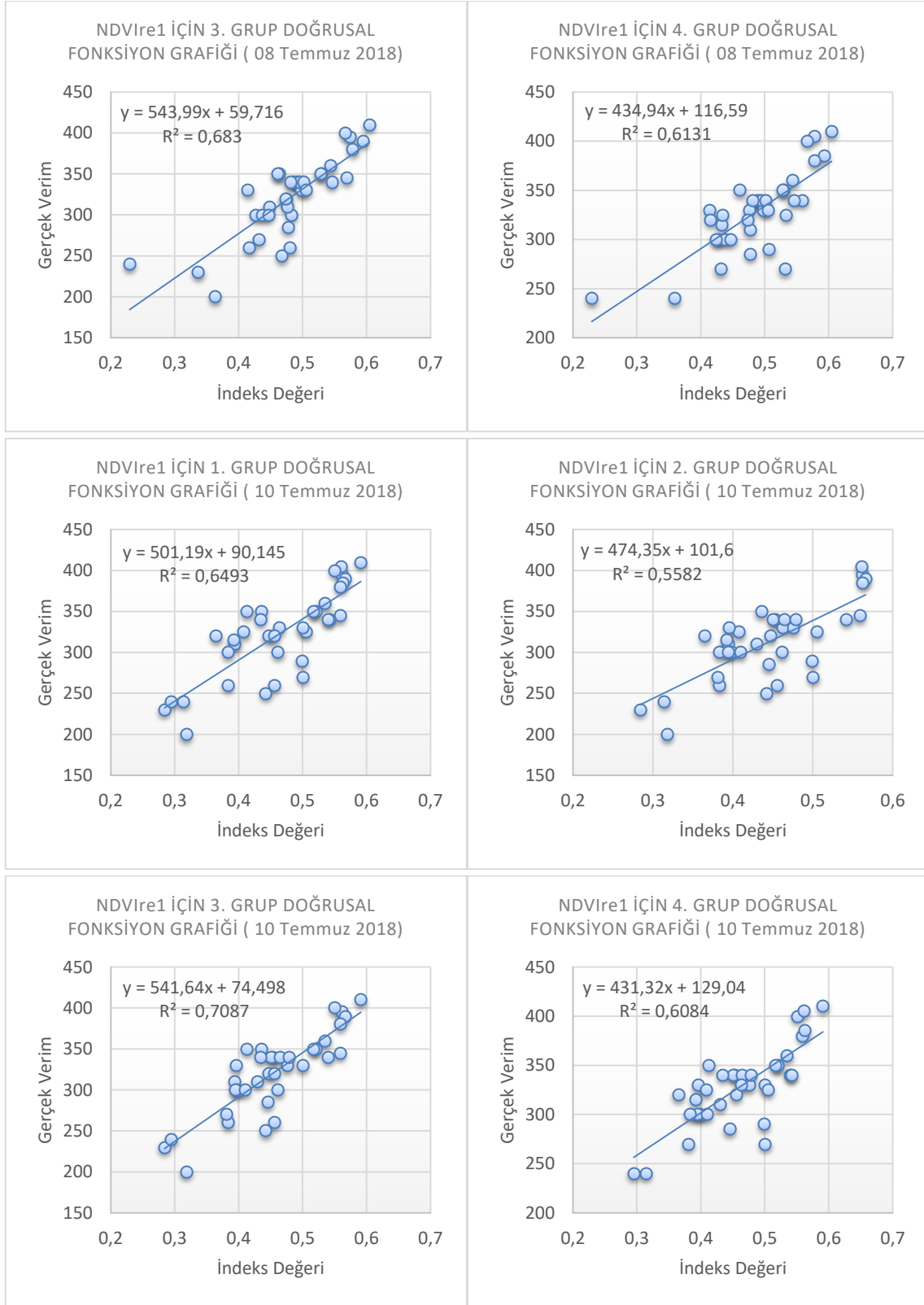
Şekil C.1 Bitki İndekslerinden Oluşturulan Doğrusal Fonksiyonlar



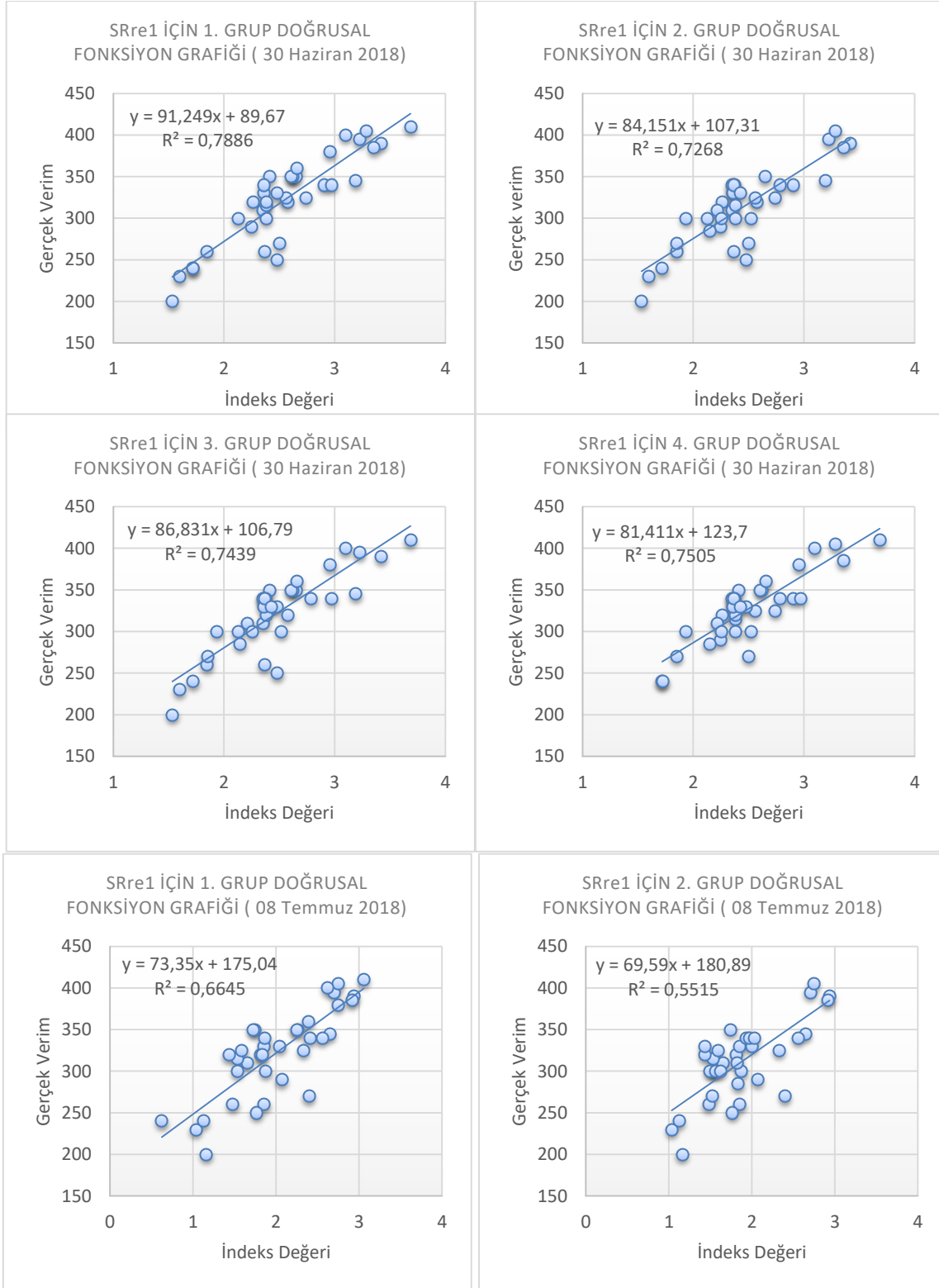
Şekil C.1 (devam ediyor)



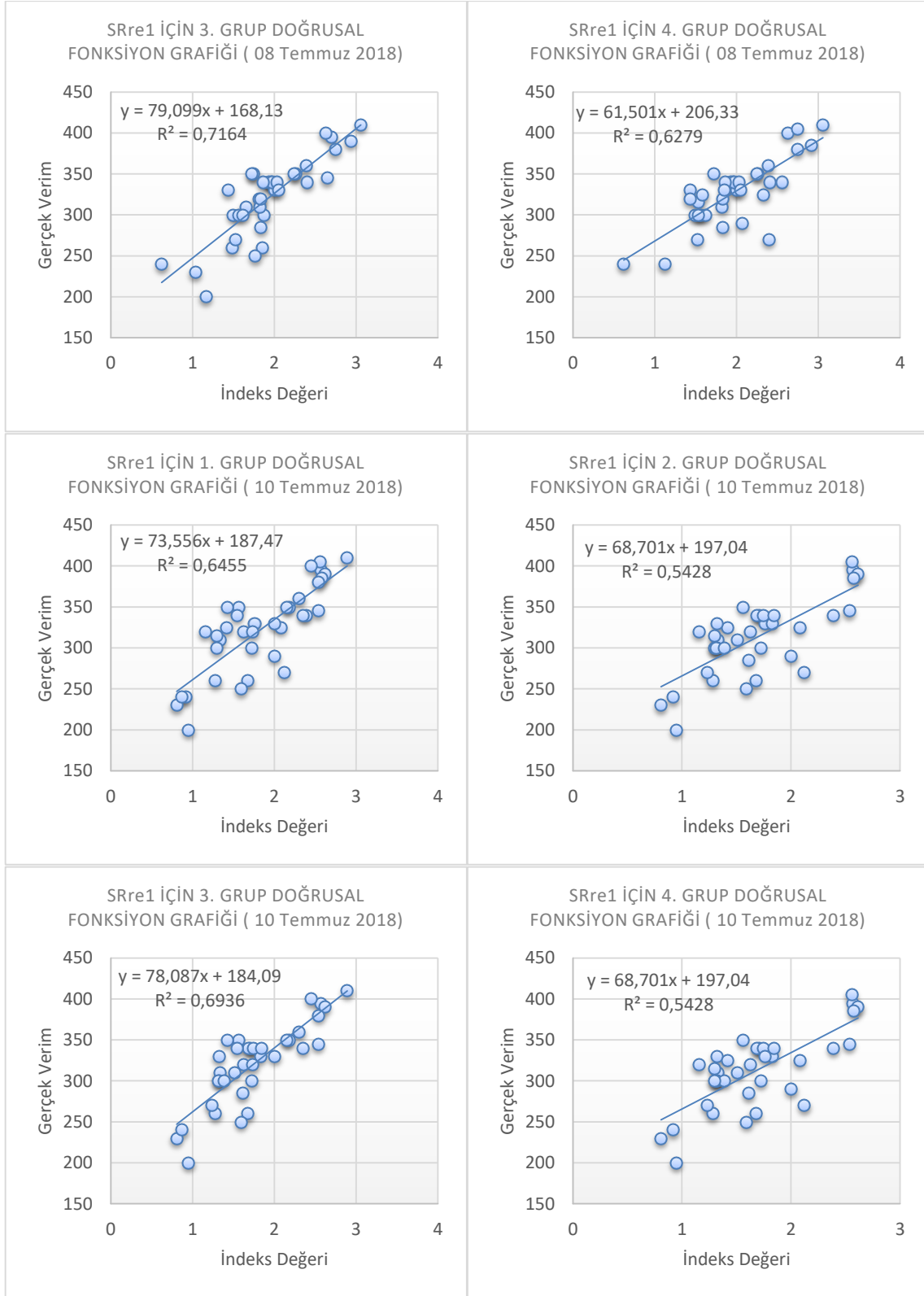
Şekil C.1 (devam ediyor)



Şekil C.1 (devam ediyor)



Şekil C.1 (devam ediyor)



Şekil C.1 (devam ediyor)

## ÖZGEÇMİŞ

Ömer Gökberk NARİN 1993’de Tokat’ın Zile ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Tokat Vakıfbank Namık Kemal İlköğretim Okulunda tamamladı. Atatürk Anadolu Lisesinden mezun olduktan sonra 2011 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2015 Yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra özel sektörde çalışmaya başladı. 2017 Yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programına başladı. 2018 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen Afyon Kocatepe Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

### **ADRES BİLGİLERİ:**

Adres: Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Harita Mühendisliği Bölümü

Tel: (+90) 543 331 34 52

E-posta: gokberknarin@aku.edu.com.tr