



**OPTİK ve RADAR UYDU
GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK
ZEYTİNİN FARKLI FENOLOJİK
DÖNEMLERİNDEKİ
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**
Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU
Doktora Tezi
Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Prof.Dr.Selçuk ALBUT

2019

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**OPTİK ve RADAR UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ZEYTİNİN FARKLI
FENOLOJİK DÖNEMLERİNDEKİ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. SELÇUK ALBUT

TEKİRDAĞ-2019

Her Hakkı Saklıdır.



Bu tez TAGEM tarafından TAGEM/TSKAD/17/A09/P07/06 numaralı proje ve Avrupa Uzay Ajansının EohopS projesi kapsamında 36388 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Selçuk ALBUT danışmanlığında, Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU tarafından hazırlanan “Optik ve Radar Uydu Görüntüleri Kullanılarak Zeytinin Fenolojik Dönemlerindeki Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Selçuk ALBUT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU

İmza :

Üye : Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR

İmza :

Üye : Doç. Dr. Mehmet ŞENER.....

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Murat TEKİNER.....

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

OPTİK VE RADAR UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK ZEYTİNİN FENOLOJİK DÖNEMLERİNDEKİ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Optik uydu görüntüleri, uzaktan algılama ile üretim alanlarının tespit edilmesinde ve bitki gelişim dönemlerinin incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kritik fenolojik dönemlerde, bulutluluk, sis, yağış gibi iklimsel olumsuzluklar nedeniyle optik uydulardan görüntü elde edilememesi, üretim alanı tespitleri ile ürün gelişim dönemlerinin izlenmesi çalışmalarını aksatmaktadır. Optik uydu görüntülerinin temin edilemediği durumlarda radar uydu verilerinin kullanılması alternatif bir uygulama olarak ortaya çıkmaktadır. Proje konusu, optik ve radar uydu verileri kullanılarak zeytinin farklı fenolojik dönemlerindeki özelliklerinin araştırılmasıdır. Araştırmada 2017 yılında Bursa Orhangazi ve Yalova Merkez ilçelerinde materyal olarak seçilen 3 zeytin bahçesinde farklı fenolojik dönemlerdeki tarihlerde fenolojik gözlemler yapılmış, bu dönemlere ait tarihlerde yaprak su göstergeleri, klorofil içeriği ve spektral yansımalar ölçülmüş, bu ölçümler ile çok zamanlı PlanetScope, Sentinel-2 optik uydu ve Komsat-5, Sentinel-1 radar uydu görüntülerinden elde edilen band değerleri ve indeksler arasındaki istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen spektral veriler, band ve optik uydu band değerleri, fenolojik dönemlerin sınıflandırma analizinde kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığı ile radar geri saçılmaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ilişkilerin bulunduğunu ($R^2=0.23$, $p<0.001$), yaprak su içeriğini belirlemede Planetscope uydu görüntülerinin Sentinel-2 uydu görüntülerine nazaran daha yüksek bir belirlilik katsayısına ulaştığı ($R^2=0.24$), klorofil açısından Sentinel-2 görüntülerinin daha yüksek belirlilik katsayısının bulunduğu ($R^2=0.30$), spektrometre ile elde edilen veriler kullanılarak yaprak su içeriğinin ve klorofilin yüksek doğrulukla tahmin edilebileceğini ($R^2=0.86$, $RMSE=1.17$, $R^2=0.84$ $RMSE=1.33$), spektral veriler ve optik band değerleriyle fenolojik dönemlerin yüksek belirlilik katsayılarıyla (Entropi $R^2= 0.99$, $RMSE=0.04$) sınıflandırılabilirliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Zeytin, Yaprak Su İçeriği, Fenoloji, Uzaktan Algılama, SAR, Vejetasyon İndeksleri

ABSTRACT

PhD. Thesis

PROPERTIES DETERMINATION OF OLIVE AT DIFFERENT PHENOLOGICAL PERIODS BY USING OPTICAL AND RADAR SATELLITE IMAGES

Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Optical satellite images are widely used in remote sensing to detect production areas and to investigate plant development stages, the studies on determining production areas and investigation of plant development periods can be undermined when there is no satellite images at critical phenological periods due to foggy, rainy or cloudy weather. When optical satellite pictures can not be obtained, radar satellite data is an alternative option. The idea of the project is investigating different phenological stages of spectral characteristics of olive tree by using optical satellite and radar satellite data. In this study, phenological observations were made in the dates of different phenological stages in 3 olive orchards selected as material in Bursa Orhangazi and Yalova Central districts in 2017, leaf water indicators, chlorophyll content and spectral reflections were measured in these dates, multi-temporal PlanetScope, Sentinel-2 optical satellite images and statistical correlations between band values and indexes obtained from Kompsat-5, Sentinel-1 radar satellite images were determined. In addition, spectral data, band and optical satellite band values were used in the classification analysis of phenological periods. The results of the research show that, there are statistically significant but low level of coefficients of determination relationship between leaf water content and leaf water deficiency and SAR backscattering ($R^2=0.23$, $p<0.001$), in terms of leaf water content, Planetscope satellite images has more reliable coefficient of determination ($R^2=0.24$) than Sentinel-2 images ($R^2=0.24$), Sentinel 2 images have higher coefficient of determination on chlorophyll ($R^2=0.30$), leaf water content can be confidentially determined by using spectrometer data($R^2=0.86$, $RMSE=1.17$, $R^2=0.84$, $RMSE=1.33$) and phenological stages can be classified with high coefficient determination by using spectral data and optical band values (Entropi $R^2= 0.99$, $RMSE=0.04$).

Keywords: Olive, Leaf Water Content, Phenology, Remote Sensing, SAR, Vegetation Indices,

2019, 312 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	vi
ŞEKİL DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Zeytin ve Zeytinin Yetiştirme Koşulları İle İlgili Çalışmalar	5
2.1.1. Zeytinin fenolojik dönemleri ile ilgili çalışmalar	7
2.1.2. Fenolojik dönemler itibarıyla zeytin iklim istekleri	12
2.1.3. Yaprak su göstergeleri ve zeytin su stresi ile ilgili çalışmalar	15
2.1.4. Klorofil içeriği ve su stresi ile ilişkisi konusunda çalışmalar	21
2.2. Optik ve Radar Uzaktan Algılama İle İlgili Çalışmalar	23
2.2.1. Elektromanyetik enerji-nesne etkileşimi ve bitki örtüsünün spektral yansıtma özellikleri	25
2.2.2. Pasif uzaktan algılama sistemleri ve optik uydu sistemleri	25
2.2.3. Görüntü, piksel ve band kavramları	26
2.2.4. Çözünürlük	26
2.2.5. Optik uydu görüntülerinde görüntü analizi ve ön işlemler.....	28
2.2.6. Optik uydu görüntülerinde bitkilerin yansıtma özellikleri	30
2.2.7. Aktif sistemler ve radar-sentetik açıklıklı radar(SAR) uydu görüntüleri	31
2.2.8. Radar parametreleri	33
2.2.9. SAR görüntüsünün özellikleri	42
2.2.10. Radar Eşitliği, Radar Kesit Alanı ve Geri Saçılma Katsayısı	43
2.3. Optik Uydu Görüntüleri İle İlgili Çalışmalar	46
2.4. SAR İle İlgili Çalışmalar	48
2.5. Optik ve Radar Uydu Görüntülerinin Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar	55
2.6. Spektral Analizler	56
3. MATERYAL ve METOD.....	59

3.1. Materyal.....	59
3.1.1. Araştırma alanı	59
3.1.2. Zeytin ve araştırma alanına ait fenolojik dönemler	63
3.1.3. Araştırma Alanı İklim Özellikleri.....	64
3.1.4. Optik uydu görüntüleri	66
3.1.5. SAR uydu görüntüleri.....	67
3.1.6. Sayısal referans veriler	72
3.1.7. Diferansiyel GPS	73
3.1.8. Yaprak klorofil ölçüm cihazı (Spad)	74
3.1.9. Yaprak spektrometresi.....	75
3.1.10. Yazılımlar	76
3.2. Metod.....	79
3.2.2. Fenolojik dönemlerin belirlenmesi.....	81
3.2.3. Yaprak su göstergesi ölçümleri	82
3.2.4. Klorofil ölçümleri.....	83
3.2.5. Optik uydu görüntülerinin ön-işlenmesi.....	84
3.2.6. SAR uydu görüntülerinin işlenmesi	85
3.2.7. Optik uydu görüntülerinden elde edilen band oranlama indeksleri.....	90
3.2.8. Radar İndeksleri.....	91
3.2.9. Optik-Radar İndeksleri	92
3.2.10. Spektrometre ölçümleri ve spektral indeksler	93
3.2.11. İstatistik analizler.....	96
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	100
4.1. Araştırma Alanı Toprak ve Yaprak Analizlerine ait bulgular	100
4.2. Fenolojik Gözlemlere İlişkin Bulgular	101
4.3. Yaprak Su Göstergelerine Ait Bulgular	103
4.3.1. Yaprak oransal su içeriğine ait bulgular	105
4.3.2. Yaprak su içeriğine ait bulgular	108
4.3.3. Yaprak su noksanlığına ait bulgular	111
4.4. Klorofil İçeriğine ait bulgular.....	114
4.5. Optik ve SAR Uydu Görüntü Analizlerine Ait Bulgular	117
4.5.1. Optik uydu görüntü analizleri.....	119
4.5.2. SAR Görüntü Analizlerine ait bulgular	188
4.6. Spektrometrik Bulgular	223
4.6.1. Spektral verilerde ön işlem yöntemleri kullanılarak yapılan analizler	223

4.6.2. Spektral indeksler	226
4.7. Yapay Sinir Ağları İle Fenolojik Dönemlerin Sınıflandırılmasına Ait Bulgular	238
4.7.1. Sentinel-2 Band Değerleri ile Dönemsel Sınıflandırma Analizleri	238
4.7.2. Planetscope band değerleri ile dönemsel sınıflandırma analizleri.....	239
4.7.3. Kompsat-5 X Band HV verileri ile dönemsel sınıflandırma analizleri	239
4.7.4. Sentinel-1 verileri ile dönemsel sınıflandırma analizleri.....	240
4.7.5. Spektral veriler ile dönemsel sınıflandırma analizleri	240
4.8. Yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri açısından spektral, optik ve SAR verilerinin genel olarak karşılaştırılması	241
4.9. Fenolojik Dönem Sınıflandırma Analizleri	243
5. TARTIŞMA	245
5.1. Yaprak Su Göstergeleri	245
5.2. Klorofil İçeriği	247
5.3. Optik Uydu Görüntüleri İle İlgili Analizler.....	248
5.3.1. PlanetScope uydu görüntüleri.....	248
5.3.2. Sentinel-2 uydu görüntüleri	249
5.4. Radar uydu görüntüleri ile yaprak su göstergeleri arasındaki ilişkiler.....	251
5.4.1. Kompsat-5 X Band HV görüntüleri	251
5.4.2. Sentinel-1 görüntüleri	252
5.5. Optik ve SAR uydu görüntülerinin birlikte kullanılması ile elde edilen veriler	254
5.6. Spektral Analizlere Ait Bulgular	255
5.7. Optik, SAR ve spektral verilerin yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri açısından genel olarak karşılaştırılması	258
5.8. Fenolojik Dönem Sınıflandırma Analizleri	259
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	260
7. KAYNAKLAR.....	262

Çizelge 2.1. Fizyolojik gelişim, Kaynaş ve BBCH ölçeğine göre zeytin fenolojik dönemleri..	9
Çizelge 2.2. Zeytinin fenolojik dönemleri ve su stresinin zeytin ağacının büyüme ve meyve gelişimi üzerine etkileri(Ayaz ve Varol 2015)	19
Çizelge 2.3. IEEE standartlarına göre SAR bandları ve özellikleri (Anonim 2016f)	34
Çizelge 3.1. Gemlik çeşidi zeytin fenolojik dönemlere ait ortalama tarihler (Kaynaş, 1996) .	64
Çizelge 3.2. Meteoroloji genel müdürlüğü, 2006-2010 fenolojik gözlemler.....	64
Çizelge 3.3. Planetscope uydu görüntülerinin özellikleri	66
Çizelge 3.4. Sentinel-2 uydu görüntüsüne ait spektral özellikler.....	67
Çizelge 3.5. Araştırmada kullanılan Kompsat-5 1A uydu görüntüleri.....	68
Çizelge 3.6. Sentinel-1 ışın demeti modları özellikleri (Sentinel-1 Team 2013).....	71
Çizelge 3.7. Sentinel-1 Level-1 GRD modları ve özellikleri	72
Çizelge 3.8. Polypen RP 400 yaprak spektrometresinin teknik özellikleri (PSI 2014).....	76
Çizelge 3.9. Optik-Radar indeksler(Gao ve ark. 2017).....	92
Çizelge 4.1. Toprak analiz sonuçları	100
Çizelge 4.2. Yaprak analiz sonuçları.....	101
Çizelge 4.3. Meteoroloji genel müdürlüğü, 2006-2010 fenolojik gözlemler.....	102
Çizelge 4.4. Araştırma alanlarına ait fenolojik dönemler	102
Çizelge 4.5. Bahçelerde, tüm ölçüm tarihlerinde ölçülen yaprak su göstergelerine ait temel istatistikler.....	103
Çizelge 4.6. Bahçeler itibariyle yaprak oransal su içeriğine ait temel istatistik göstergeler ..	105
Çizelge 4.7. Bahçeler itibariyle, tüm ölçümlere ait yaprak oransal su içeriği değerleri	106
Çizelge 4.8. Fenolojik dönemler ve bahçeler itibariyle yaprak oransal su içeriği	108
Çizelge 4.9. Bahçeler itibariyle yaprak su içeriğine ait temel istatistik göstergeler	108
Çizelge 4.10. Bahçeler itibariyle, tüm ölçümlere ait yaprak su içeriği değerleri	109
Çizelge 4.11. Fenolojik dönemler önemler itibariyle yaprak su içeriği	110
Çizelge 4.12. Bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığına ait temel istatistik göstergeler	111
Çizelge 4.13. Ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri	112
Çizelge 4.14. Dönemler ve bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı	113
Çizelge 4.15. Çalışmada ölçülen SPAD değerlerine ait temel istatistik göstergeler.....	114
Çizelge 4.16. Bahçeler itibariyle SPAD değerlerine ait temel istatistik göstergeler.....	115
Çizelge 4.17. Ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri	115
Çizelge 4.18. Dönemler ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri.....	117
Çizelge 4.19. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri	121
Çizelge 4.20. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler	122
Çizelge 4.21. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri	124
Çizelge 4.22. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler.....	125
Çizelge 4.23. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri	126
Çizelge 4.24. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler.....	127

Çizelge 4.25. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri	129
Çizelge 4.26. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler.....	130
Çizelge 4.27. Fenolojik dönemler itibariyle PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	131
Çizelge 4.28. Fenolojik dönemler itibariyle PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	133
Çizelge 4.29. Fenolojik dönemler itibariyle PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	135
Çizelge 4.30. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	136
Çizelge 4.31. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri.....	139
Çizelge 4.32. Sentinel-2 band değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler	140
Çizelge 4.33. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri regresyon analizleri	142
Çizelge 4.34. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler.....	144
Çizelge 4.35. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri	145
Çizelge 4.36. Sentinel-1 Sentinel-2 optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler	146
Çizelge 4.37. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri	147
Çizelge 4.38. Sentinel-2 görüntüleri band değerleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler.....	148
Çizelge 4.39. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri arasındaki regresyon analizleri	150
Çizelge 4.40. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler	152
Çizelge 4.41. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri.....	153
Çizelge 4.42. Sentinel-2 ile Sentinel-1 optik radar indeksleri ve yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler	154
Çizelge 4.43. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri.....	155
Çizelge 4.44. Sentinel-2 elde edilen band değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler.....	156
Çizelge 4.45. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri regresyon analizleri.....	157
Çizelge 4.46. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler.....	159

Çizelge 4.47. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri	160
Çizelge 4.48. Sentinel-2 elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler.....	161
Çizelge 4.49. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri	162
Çizelge 4.50. Sentinel-2 band değerleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler	162
Çizelge 4.51. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri regresyon analizleri	164
Çizelge 4.52. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler	166
Çizelge 4.53. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri.....	167
Çizelge 4.54. Sentinel-2 elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler.....	168
Çizelge 4.55. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	169
Çizelge 4.56. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	170
Çizelge 4.57. Fenolojik dönemler itibariyle, optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler.....	172
Çizelge 4.58. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	173
Çizelge 4.59. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	175
Çizelge 4.60. Fenolojik dönemler itibariyle, optik-radar indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	177
Çizelge 4.61. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	178
Çizelge 4.62. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	180
Çizelge 4.63. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 Sentinel-2 optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	182
Çizelge 4.64. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	183
Çizelge 4.65. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	185
Çizelge 4.66. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 Sentinel-2 optik-radar indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	187

Çizelge 4.67. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri	190
Çizelge 4.68. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler	191
Çizelge 4.69. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri ..	193
Çizelge 4.70. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler.....	194
Çizelge 4.71. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri	195
Çizelge 4.72. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler	196
Çizelge 4.73. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri..	198
Çizelge 4.74. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler.....	199
Çizelge 4.75. Fenolojik dönemler itibariyle, Kompsat-5 işlem seviyeleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	200
Çizelge 4.76. Fenolojik dönemler itibariyle, Kompsat-5 işlem seviyeleri ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	201
Çizelge 4.77. Fenolojik dönemler itibariyle, Kompsat-5 işlem seviyeleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	202
Çizelge 4.78. Kompsat-5 işlem seviyeleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	203
Çizelge 4.79. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri	206
Çizelge 4.80. Tüm ölçüm dönemlerinde Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, yaprak oransal su içeriği ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler	207
Çizelge 4.81. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri	209
Çizelge 4.82. Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, yaprak su içeriği ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler	210
Çizelge 4.83. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri	212
Çizelge 4.84. Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, yaprak su noksanlığı ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler	213
Çizelge 4.85. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri	214
Çizelge 4.86. Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, SPAD değerleri ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler	215

Çizelge 4.87. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	216
Çizelge 4.88. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	218
Çizelge 4.89. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	220
Çizelge 4.90. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	222
Çizelge 4.91. Farklı ön işlem metodlarıyla yaprak su göstergeleri ile SPAD ölçümlerinin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi	223
Çizelge 4.92. Ham veriler ile spektral veriler, PLS regresyon grafikleri	224
Çizelge 4.93. FD+SNV+MSC yöntemi, regresyon grafikleri	224
Çizelge 4.94. SNV+FD yöntemi, regresyon grafikleri.....	225
Çizelge 4.95. MA+SG+MSC+FD+SD yöntemi, regresyon grafikleri.....	225
Çizelge 4.96. Tüm ölçümler itibariyle yaprak oransal su içeriği ile spektral indeksler arasındaki belirlilik katsayıları	227
Çizelge 4.97. Tüm ölçümler itibariyle spektral indeksler ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları	228
Çizelge 4.98. Tüm ölçümler itibariyle spektral indeksler ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları	229
Çizelge 4.99. Tüm ölçümler itibariyle spektral indeksler ile SPAD içeriği arasındaki belirlilik katsayıları	230
Çizelge 4.100. Fenolojik dönemler itibariyle, Spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	231
Çizelge 4.101. Fenolojik dönemler itibariyle, Spektral indeksler ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	233
Çizelge 4.102. Fenolojik dönemler itibariyle, Spektral indeksler ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	235
Çizelge 4.103. Fenolojik dönemler itibariyle, Spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	237
Çizelge 4.104. Sentinel-2 band değerleri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağları modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar	238
Çizelge 4.105. PlanetScope band değerleri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağları modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar	239
Çizelge 4.106. Komsat-5 X Band HV verileri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağları modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar	239
Çizelge 4.107. Sentinel-2 band değerleri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağları modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar	240
Çizelge 4.108. Spektral veriler ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağları modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar	240

Çizelge 4.109. Tarih bahçe ve ağaç faktörü ile varyans analizleri sonucu elde edilen Optik, SAR ve spektral verileri tahmin değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu.....	241
Çizelge 4.110. Tüm ölçümlerden elde edilen Optik, SAR ve spektral veriler ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu	242
Çizelge 4.111. Sınıflandırma Analizlerinin Karşılaştırılması	243

Şekil 2.1. Akdeniz ülkeleri, zeytin üretim alanları	5
Şekil 2.2. Türkiye'de zeytin üretiminin yapıldığı iller	7
Şekil 2.3. BBCH ölçeğine göre zeytinin fenolojik dönemleri	11
Şekil 2.4. Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin gelişim ve olgunlaşma süreci	12
Şekil 2.5. Elektromanyetik spektrumda radar bölgeleri, frekans ve dalgaboyları	32
Şekil 2.6. X, C ve L Band Penetrasyonu	35
Şekil 2.7. Bakış yönü veya alım açısı.....	36
Şekil 2.8. Geliş açısı ve lokal geliş açısı	37
Şekil 2.9. Farklı yer yüzeyi özelliklerine göre geri saçılma	39
Şekil 2.10. SAR görüntüsünde köşe, tam yansıma ve dağınık yansıma, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü üretim alanları ve kent alanına ait Kompsat-5 X Band HV görüntüsü	40
Şekil 2.11. Farklı bantlarda geri yansımalar	41
Şekil 2.12. Neme bağlı olarak radar sinyallerinin su ve toprak ortamında yansıması	42
Şekil 2.13. Radar Geri Saçılım Değerinin İzdüşüm Değerleri	45
Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü zeytin parsellerinin konumu, (1-Bursa İli Orhangazi İlçesi Sölöz Köyü, 2-Bursa İli Orhangazi İlçesi Üreğil Köyü, 3-Yalova İli Merkez İlçe).....	60
Şekil 3.2. Sölöz araştırma alanı ve ölçüm yapılan ağaç kodları.....	61
Şekil 3.3. Üreğil araştırma alanı ve ölçüm yapılan ağaç kodları.....	62
Şekil 3.4. Enstitü araştırma alanı ve ölçüm yapılan ağaç kodları.....	63
Şekil 3.5. Araştırma alanlarına ait, tarih ve dönemler itibariyle maksimum sıcaklık, nem ve yağış grafiği ile yaprak su göstergeleri	65
Şekil 3.6. Çalışma Alanlarına Ait Kompsat-5 X Band 1D Görüntüleri	70
Şekil 3.7. Araştırma alanı sayısal yükseklik modeli haritası ve bahçelerin konumu(1-Bursa İli Orhangazi İlçesi Sölöz Köyü, 2-Bursa İli Orhangazi İlçesi Üreğil Köyü, 3- Yalova İli Merkez İlçe).....	73
Şekil 3.8. Diferansiyel GPS cihazı	74
Şekil 3.9. Minolta SPAD 502 Plus Klorofilmetre	75
Şekil 3.10. Polypen RP-400 yaprak spektrometresi	76
Şekil 3.11. SNAP yazılımı	77
Şekil 3.12. Google Earth Engine Ortamı.....	78
Şekil 3.13. Araştırmanın Yürütüldüğü Bahçeler	80
Şekil 3.14. Yaprak örneklerinin alınması ve termos içinde soğuk zincir ile taşınması.....	80
Şekil 3.15. Fenolojik Gözlemler	82
Şekil 3.16. Yaş yaprakların tartılması, turgor yaprakların kurutulması, etüvde kurutma	83
Şekil 3.17. Spad klorofilmetre ile klorofil ölçümü.....	84
Şekil 3.18. Kompsat-5 1D Ön İşlem Süreci	88
Şekil 3.19. Kompsat-5 ile planetscope görüntülerinin birleştirilmesi	90
Şekil 3.20. Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntülerinin birleştirilmesi	90
Şekil 3.21. Spektrometre ile yaprak yansımalarının ölçülmesi	93
Şekil 3.22. Spectrapen yazılımında spektral verilerin elde edilmesi.....	94
Şekil 3.23. Spectragryph yazılımı ara birimi.....	95
Şekil 3.24. Örnek yapay sinir ağları yapısı	98
Şekil 4.1. Araştırma alanlarına ait,tarih ve dönemler itibariyle yaprak su göstergeleri (%) ..	103
Şekil 4.2. Araştırma alanlarına ait, ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle yaprak su göstergeleri ve iklimsel parametreler.....	104

Şekil 4.3. Araştırma alanlarına ait,tarihler ve dönemler itibariyle yaprak oransal su içeriği	106
Şekil 4.4. Araştırma alanlarına ait, tarihler ve dönemler itibariyle yaprak su içeriği	109
Şekil 4.5. Araştırma alanlarına ait, tarihler ve dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı	112
Şekil 4.6. Araştırma alanlarına ait, tarihler ve dönemler itibariyle SPAD değerleri.....	115
Şekil 4.7. Uydu görüntüleri alım tarihleri ile yağış durumu	118
Şekil 4.8. PlanetScope optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği	120
Şekil 4.9. Planetscope band ve optik-radar değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği	123
Şekil 4.10. Sentinel-2 Optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği	141
Şekil 4.11. Sentinel-2 Optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği	149
Şekil 4.12. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki eğilim grafiği..	163
Şekil 4.13. Kompsat-5 HV verileri ile yaprak oransal su içeriği ilişkisi eğilim grafiği.....	189
Şekil 4.14. Kompsat-5 HV verileri ile yaprak su içeriği ilişkisi eğilim grafiği	192
Şekil 4.15. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 HV verileri ile yaprak su noksanlığı ilişkisi eğilim grafiği.....	195
Şekil 4.16. Kompsat-5 HV verileri ile SPAD değerleri ilişkisi eğilim grafiği.....	197
Şekil 4.17. Sentinel-1 verileri ile yaprak oransal su içeriği ilişkisi eğilim grafiği	205
Şekil 4.18. Sentinel-1 verileri ile yaprak su içeriği ilişkisi eğilim grafiği	208
Şekil 4.19. Sentinel-1 verileri ile yaprak su noksanlığı ilişkisi eğilim grafiği	211

SİMGELER ve KISALTMALAR

%	: Yüzde
BBCH	: Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemische Industrie
DN	: Digital Number- Bir pikseldeki sayısal değer
EMS	: Elektromanyetik Spektrum
FD	: First Derivative (Birinci Derece Türev)
HR	: High Resolution (Yüksek Çözünürlük)
LAI	: Leaf Area Index(Yaprak Alan İndeksi)
m	: Metre
mm	: Milimetre
MA	: Moving Average (Hareketli Ortalama)
MN	: Mean Normalization (Ortalama normalizasyonu)
MSC	: Multiplicative Scatter Correction (Çarpımsal Saçılma Düzeltmesi)
MWIR	: Medium Wave Infrared (Orta Dalga Kızılötesi)
NIR	: Near Infrared(Yakın Kızılötesi)
NIR1	: Near Infrared 1(Yakın kızılötesi-1)
NIR2	: Near Infrared 2(Yakın kızılötesi-2)
PLS	: Partial Least Squares(Kısmi En Küçük Kareler)
PS	: PlanetScope
RGB	: Red-Green-Blue
SAR	: Synthetic Aperture Radar(Sentetik Açıklıklı Radar)
SCS	: Single-look Complex Slant
SD	: Second Derivative (İkinci Derece Türev)
SG	: Savitzky-Golay Smoothing (Savitzky-Golay yumuşatması)
SNV	: Standard Normal Variate (Standart Normal Değişken)
SPAD	: Soil and Plant Analyzer Development
ST	: Standart
SWIR	: Orta Kızılötesi
UTM	: Universal Transverse Mercator
VIS	: Visible(Görünür bölge)
YA	: Yaş Ağırlık
YG	: Yılın Günü
YOSI	: Yaprak Oransal Su İçeriği
YSI	: Yaprak Su İçeriği
YSN	: Yaprak Su Noksanlığı
WGS84	: World Geodetic System 1984
WS	: Wide Swath
WV-2	: WorldView-2
TIR	: Thermal Infrared(Termal Kızılötesi)

TEŞEKKÜR

Tezin her aşamasında teşvik edici, sabırlı, iyi niyetli yaklaşımı ve çok değerli katkılarından dolayı saygıdeğer hocalarım, Prof. Dr. Selçuk ALBUT, Doç. Dr.Mehmet ŞENER ve Prof. Dr.Nebiye MUSAOĞLU'na,

Araştırma ve laboratuvar sürecinde çok değerli katkıları için Dr. Nesrin AKTEPE TANGU, Dr. Arzu ŞEN, Dr. Muammer YALÇIN, Yük. Müh. Selma ÖZYİĞİT, Dr. Adnan DOĞAN, Dr. İbrahim SÖNMEZ başta olmak üzere enstitü ve Hasat Sonrası Fizyolojisi Bölümü Laboratuvarı çalışanlarına,

İstatistik analizler konusunda yardım ve destekleri için Yük. Müh. Alamettin BAYAV'a,

Tez sürecinde sabır, anlayış ve destekleri için Yük. Müh. Mehmet SAĞLAM, Yük. Müh. Tamer UYSAL, Yük. Müh. Ebru UYSAL ve ailelerine,

Bizi biz yapan, bugünlere gelmemizde sonsuz emekleri olan, anne, baba ve kardeşlerime, anlayış ve sabırlarından dolayı eşime ve çocuklarım Beyda Nur, Gül Yaren ve Esra'ya,

Teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ekim, 2019

Mehmet Cengiz ARSLANOĞLU

1. GİRİŞ

Dünya’da küresel iklim değişikliği ve dolayısıyla küresel ısınma, tüm ülkeler gibi Türkiye’yi de tehdit etmektedir. Küresel ısınma sonucunda kutuplardaki buzulların erimesi, okyanuslardaki akıntıları etkilemekte ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. İklim değişikliklerinin dünya üzerinde yaşayan tüm canlı hayatını etkileyeceği, aşırı ve düzensiz yağışlar, kuraklık gibi iklimsel etkenler nedeniyle tarımsal üretimin de azalacağı bildirilmektedir. Varol ve Ayaz (2011), Türkiye’nin, küresel ısınmanın sonuçlarından en fazla etkilenecek ülkeler arasında bulunduğunu, yaz ve kış sıcaklıklarının artacağını, yağışların azalacağını ve bunun tarımsal üretimde azalmaya neden olacağını belirtmektedir.

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (2013), Dünya genelinde kuraklıkların ve dolayısıyla bitkisel ürünler için su stresinin artacağını, su açığının en önemli abiyotik stres faktörü olacağını öngörmektedir (Erice ve ark. 2018). Sürdürülebilir tarım için sürdürülebilir su kullanımı stratejilerinin ve bitkilerin kuraklık direncini arttırmaya yönelik ıslah ve biyoteknolojik yaklaşımların acil olarak bütünleştirilmesi gerektiği ifade edilmektedir.

Tarım, gayri safi milli hasıla içinde %9 luk payla ekonomik açıdan Türkiye’nin en önemli sektörlerindendir(Gergerli, 2008). Türkiye’nin en önemli tarımsal ürünlerinden birisi olan zeytin de, kurak koşullara dayanıklı bir tür olmasına rağmen küresel iklim değişikliğinden etkilenecek tarımsal ürünler arasında gösterilmektedir (Varol ve Ayaz, 2011). Zeytin, ekonomik değeri yüksek, yetiştirildiği ülkelerin ekonomisine katkı sağlayan, meyvesinin yanısıra yağıyla ve yaprağıyla çok yönlü değerlendirilme olanağına sahip bir bitkidir. Dünya’da son yıllarda giderek artan sağlıklı ve dengeli beslenme alışkanlıkları nedeniyle insanların zeytin ve zeytinyağı tüketimi de her geçen yıl artmaktadır (Gönenç 2011, Anonim 2017d). Zeytin, aynı zamanda erozyon ve çölleşme tehlikesi bulunan alanlarda erozyonu önlemekte, dört mevsim yeşil yapraklarının transpirasyonu havanın kurummasını önlemektedir (Fernandez ve Moreno 2008, Gönenç 2011).

Ülke tarım politikalarının planlanması, oluşturulması ve uygulanmasında tarımsal üretim alanlarının ve bu alanlarda üretimi yapılan tarım ürünlerinin doğru olarak belirlenmesi ve üretim sezonu boyunca ürün gelişim sürecinin izlenmesi önemli avantajlar sağlamaktadır.

Bitkiler üzerinde fenolojik dönemleri belirlemek amacıyla yapılan gözlemler, iklim faktörleri etkisi altında hayatlarını devam ettiren, büyüme ve fizyolojik gelişmeleri meteorolojik faktörlere bağlı bitkilerde ekim, gübreleme, zararlılarla mücadele, sulama ve kültürel uygulamaların zamansal planlaması, erken ve geç donlardan zarar görmeyecek bitki ve çeşitlerin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir (Şimşek ve ark. 2014). Ayrıca kültür bitkilerine uygun yeni üretim alanlarının belirlenmesi ve planlanması açısından fenolojik gözlemlere ve fenolojik dönemlerin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Fenolojik gözlemler, ülkelerin tarımsal üretim değerlerini belirleyen ürün fiyatlarının oluşması, ithalat ve ihracat planlamalarının yapılması açısından önemlidir ve ekonomik, endüstriyel ve sosyal faaliyetleri de etkilemektedir.

Özellikle ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarıyla tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından üretim alanlarının belirlenmesi, ürün gelişmelerinin izlenmesi ve günümüzde birim alandan en yüksek geliri sağlayacak üretim teknolojilerinin geliştirilmesinde uzaktan algılamanın rolü giderek artmaktadır.

Tarımsal uygulamalar açısından uzaktan algılama, tarımsal üretim alanlarının ve ürünlerin belirlenmesi, üretim sezonu boyunca ürün gelişme süreçlerinin izlenmesi, bitki besin maddesi eksiklikleri ile sulama zamanının belirlenmesi, afetlerde hasar tespiti ve verim tahminleri konusunda ekonomik çözümler sunmaktadır. Bu bilgiler, ulusal tarım politikalarının belirlenmesinde, planlanmasında ve karar alma süreçlerinde oldukça faydalıdır. Tarımsal ürünlerin üretimi, ithalatı ve ihracatı ile ilgili politikalarda, piyasa fiyat dengelerinin oluşmasında ve uluslararası rekabet koşullarında uzaktan algılama ile elde edilen bilgiler önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ülkemiz gibi ürün çeşitliliği açısından zengin ülkelerde ürün sınıflandırmaları ve uzaktan algılama ile yapılan üretim tespitleri güvenilir olmak zorundadır ve bu sistemler süreklilik arzetmelidir.

Optik ve radar uydu görüntüleriyle bitkiye ait biyokütle, yaprak alan indeksi (LAI), klorofil ve bitki su içeriği, bitki kaplama alanı, fenolojik dönemler, bitki boyu gibi veriler tespit edilebilmektedir. Optik ve radar uydu görüntüleri, aynı zamanda toprağa ait renk, toprak bünyesi, organik madde, tane büyüklüğü, yüzey pürüzlülüğü, demiroksit miktarı gibi verilerin de elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Anonim 2016).

Tarımsal uygulamalarda yaygın olarak pasif algılama sistemli optik uydu görüntüleri kullanılmaktadır ve optik uydu görüntüleri, enerji kaynağı olarak güneşten yararlanılmaktadır. Uzaktan algılama ile üretim tespitlerinde, ürün sınıflandırma işlemlerinde ve ürün gelişim düzeylerinin izlenmesinde, her ürüne özgü fenolojik dönemlerde ve tarih aralıklarında uydu görüntülerinin elde edilmesi gerekmektedir. Ürün sınıflandırma, ürün gelişimini izleme için kritik dönemlerde bulutluluk, sis, yağış gibi iklimsel olaylar, optik görüntüleme sistemli uydulardan görüntülerin elde edilememesine neden olmaktadır. Bu olumsuzluklar, bitkisel üretim süreçlerinin izlenmesinde ve özellikle verim tahminlerinde bilgi kaybına yol açmakta, dolayısıyla üretim planlaması, ihracat-ithalat açısından kritik öneme haiz bilgilerin tutarlılığını etkilemekte, hatalı-eksik bilgilerin üretilmesine neden olmaktadır.

İklimsel faktörlerden dolayı, optik uydu görüntülerinin temin edilemediği dönemlerde bitkisel ürünler ile ilgili bilgi sağlayabilecek alternatif uygulamalardan biri, radar uydu görüntülerinin kullanılmasıdır. Radar uydularının aktif algılama yapmasından dolayı gece, gündüz, bulutlu ve sisli havalarda da görüntü sağlanabilmektedir. Özellikle bulutlu ve yağışlı bölgelerde radar görüntüleri, buluta penetrasyon özelliği nedeniyle pasif uydu görüntülerinin elde edilemediği durumlarda üretim alanlarının görüntülenmesinde alternatif bir uygulama olarak ortaya çıkmaktadır (Shao ve ark. 2001). Ayrıca radar görüntülerinin en büyük avantajlarından biri, farklı bandlar kullanılarak bitki veya toprak yüzeyi altındaki yüzeylerden veri elde edilebilmesidir.

Optik ve radar uydu verileri ile spektrometreden elde edilen spektral veriler yardımıyla zeytinin farklı fenolojik dönemlerinde bitkinin su durumu ve klorofil düzeyinin belirlenmesi, fenolojik dönemlerin tahmin edilebilmesi ve sulama, gübreleme, ilaçlama ile hasat gibi tarımsal faaliyetlerin planlanmasında oldukça önemlidir. Fenolojik dönemlere göre bitki su durumu ile klorofil düzeyi hakkında bilgi sahibi olmak, verim ve kaliteyi doğrudan etkileyebilecek tedbirlerin alınmasını sağlamaktadır.

Bu araştırmada, Gemlik çeşidi zeytinin farklı fenolojik dönemlerinde, optik ve radar uydu verileri ile spektrometreden elde edilen spektral verilerin yaprak su göstergeleri ve klorofil değerleriyle ilişkileri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, Gemlik çeşidi zeytinin yıllık vejetasyon sürecinin çoğunu kapsayan, yaprak su göstergeleri, klorofil içeriği, spektral yansımalar, çok zamanlı optik ve radar görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak, fenolojik dönemlere ait farklılıklar ortaya konmuştur.

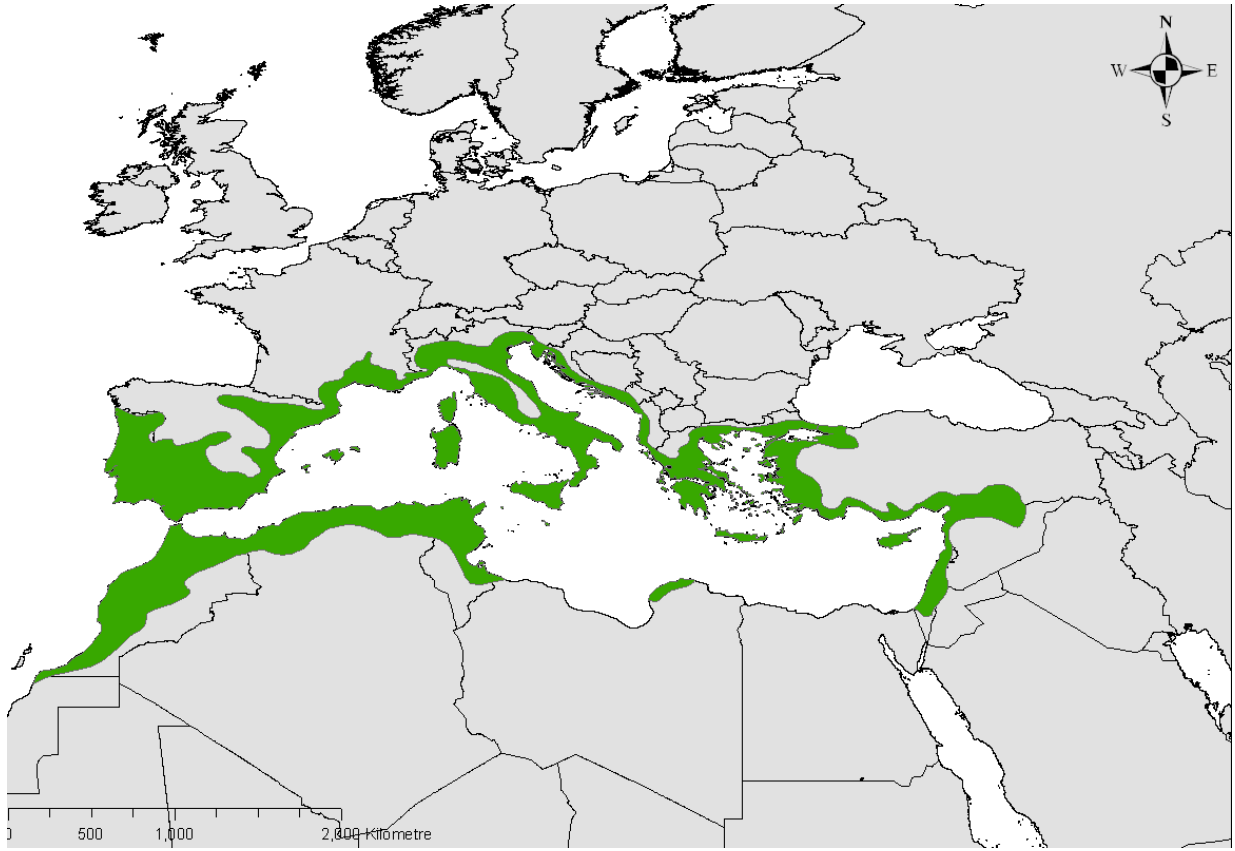
Araştırmada kullanılan metod ve bulguların, üretim alanlarının ve üretim deseninin belirlenmesi, fenolojik dönemlere göre ürün gelişim durumlarının, bitki su durumunun, su stresinin, ürün gelişim süreçlerindeki anormalliklerin tespit edilmesi, verim tahminleri gibi süreçlerde kullanılabileceği ve diğer tarımsal ürünlerde yapılacak benzer araştırmalara kaynak olabileceği değerlendirilmektedir. Bu metod ve bulgular, karar destek sistemlerinde yapay zeka uygulamaları kullanılarak coğrafı bilgi sistemlerine entegre edilebilecek, üreticiler ve ilgili kurumların istifadesine sunulabilecektir.

Araştırmanın birinci bölümü giriş, ikinci bölümü araştırma konusu ile ilgili kaynak taramasına ayrılmıştır. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan materyal ve metodlar anlatılmıştır. Dördüncü bölümde araştırma bulguları ortaya konmuş, beşinci bölümde araştırma bulguları tartışılmış ve altıncı bölümde ise sonuç ve öneriler değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Zeytin ve Zeytinin Yetiştirme Koşulları İle İlgili Çalışmalar

Zeytin ve zeytinyağı, yüzyıllar boyunca insan beslenmesinde, tedavide ve ticarete önemli yeri olan bir meyvedir. Zeytin ağacının (*Olea europaea* L.) anavatanı Yukarı Mezopotamya'dır ve kuzey ve güney yarım kürenin 30-45° enlemleri arasında yetişebilmektedir (Şekil 2.1) (Gönenç 2011, Yorulmaz ve ark. 2017).



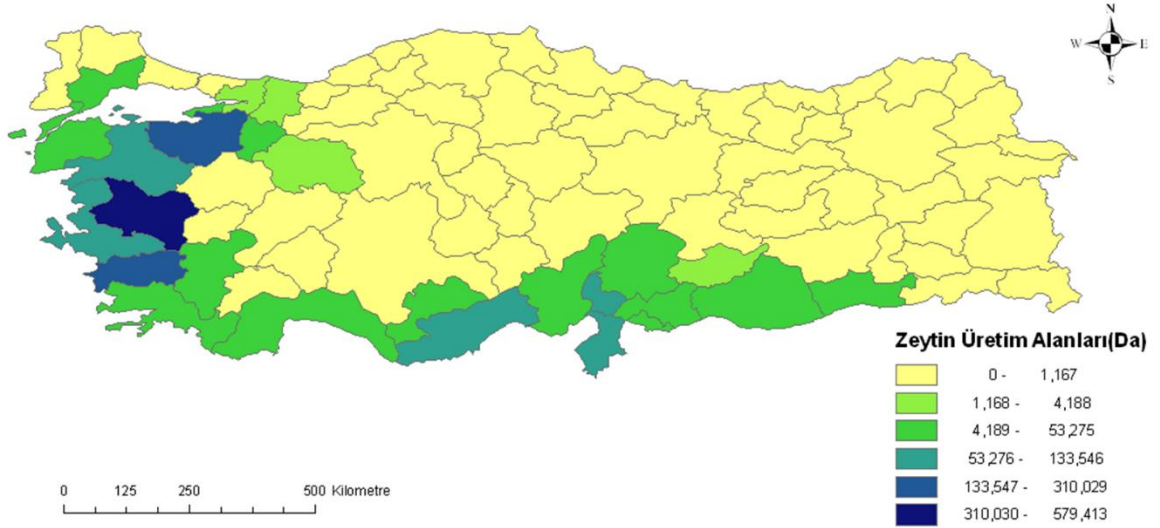
Şekil 2.1. Akdeniz ülkeleri, zeytin üretim alanları (Caudullo ve ark. 2017)

Zeytin yetiştiriciliği yapılan alanların %90'ı Akdeniz ülkelerinde, %10'luk bölümü Latin Amerika ülkelerinde yer almaktadır. Dünya üzerinde 9 milyon hektarlık bir alanda yaklaşık 900 milyon adet zeytin ağacından zeytin ve zeytinyağı elde edilmektedir. Son beş yıllık ortalamalara göre dünya sofralık zeytin üretimi 2,87 milyon ton civarındadır. En önemli zeytin üreticisi ülkeler, İspanya, İtalya, Yunanistan, Tunus, Suriye ve Türkiye'dir. Dünya genelinde üretilen zeytinin %90'ı yağlık, %10'u da sofralık olarak değerlendirilmektedir (Erdal ve Erdal 2017, Anonim 2017d, Gönenç 2011).

Türkiye, Dünyanın en önemli zeytin üreticisi ülkelerinden biridir ve zeytin, Marmara, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgelerinde yetiştirilmektedir. Türkiye, iklimsel koşulları, arazi ve toprak arazi yapısı, coğrafi konumu ile zeytin tarımına elverişli alanlara sahiptir. Türkiye'de toplam tarım alanlarının (23.199.946 ha) %3,72'si (864.428 ha) zeytinliklerden oluşmaktadır (Anonim 2019a). 2018 yılı itibariyle üretilen zeytinlerin %78'i yağlık ve %22'si de sofralık olarak değerlendirilmektedir. 2018 yılı zeytin üretiminin de sofralık 455.772 ton, yağlık 1.593.698 ton olacağı tahmin edilmiştir. 2018 yılı zeytinyağı üretiminin ise 287.041 ton olması beklenmektedir (Anonim, 2019a).

Zeytin meyvesi ve zeytinden elde edilen zeytinyağı, Avrupa Birliğine katılım sürecinde Türkiye'nin tarım sektörü açısından önemli ve rekabet gücü yüksek olan tarımsal ihracat ürünlerindendir (Anonim, 2017d). Zeytinin yaprağı da oleuropein, flavonoidler, tanen açısından zengin olduğundan doğal antibiyotik ve antioksidan özellikler taşımaktadır (Di Donna, 2007), fiziksel ve kimyasal metodlarla elde edilen zeytin yaprağı özü önemli bir gelir kaynağıdır. Özellikle erozyon ve çölleşmeyle mücadele çalışmalarında da kökleri ile toprakları tutmakta; herdem yeşil yaprakları sayesinde transpirasyon yolu ile havanın kurumasını önlemektedir (Fernandez ve Moreno 2008, Gönenç 2011).

Türkiye'de zeytin ağaç sayısı ve zeytin üretimi giderek artan bir eğilim göstermektedir. 2000'li yılların başında 100 milyon adet olan Türkiye'nin zeytin ağaç varlığı, 2018 yılında yeni tesis edilen zeytin bahçelerinin de etkisiyle yaklaşık 177 milyon adete yükselmiştir (Anonim 2019a). Ege, Marmara, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde doğal yetiştirme alanlarında yetiştirebildiği gibi, kapama zeytin bahçeleri tesis edilerek de yetiştiriciliği yapılmaktadır(Şekil 2.2). Zeytin üretimi açısından en önemli iller, Aydın, İzmir, Muğla, Balıkesir, Bursa, Manisa, Çanakkale, Gaziantep ve İçel'dir(Aktepe Tangu 2012, Pouyafard 2013).



Şekil 2.2. Türkiye'de zeytin üretiminin yapıldığı iller (Anonim 2019a)

Kocadağlı (2010), zeytin ağacının 2-4 m boyunda, nadiren 10 m'ye kadar uzayabilen bir bitki olduğunu, taç genişliğinin fiziksel gelişimle orantılı olduğunu belirtmektedir. Özen (2010), zeytin ağacının herdem yeşil yapraklı, yani yaz ve kış aylarında yapraklı bulunduğunu, yaprakların üstünün koyu gri-yeşil ve tüysüz, alt yüzünün mavimsi gümüş renginde ve beyaz sık ipeksi tüylerle kaplı olduğunu bildirmektedir. Yaprakların boyutlarının ve şeklinin, zeytin çeşidine göre değiştiğini, ortak özelliklerinin, yaprak kenarlarının düz ve kısa saplı olması olduğunu ifade etmektedir.

2.1.1. Zeytinin fenolojik dönemleri ile ilgili çalışmalar

Şimşek (2014), kültür bitkilerinin fenolojik dönemlerinin bilinmesinin, ekim, hasat, gübreleme, zararlılarla mücadele ve sulama planlamalarında önemli olduğunu, bir bölgenin iklim şartlarında yetiştirilebilecek kültür bitkilerinin seçiminde ve ıslahında fenolojik gözlemlerin dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir.

Hepdurgun ve ark. (2003), hastalık ve zararlılarla mücadelede bitkilerin fenolojik dönemlerinin izlenmesinin büyük önem taşıdığını bildirmektedir.

Etöz ve ark.(2016) nin bildirdiği üzere, fenoloji, Lieth (1974) tarafından başlangıçta “yinelenebilir olayların zamanlamasının incelenmesi, biyotik ve abiyotik güçlerle ilgili zamanlamalarının nedenleri ve aynı veya farklı türlerin evreleri arasındaki ilişki” olarak tanımlanmıştır. Fenoloji kavramı, bitki ve hayvanların her yıl tekrarlanan hayat dönemlerini

zaman açısından tanımlayan bir kavramdır. Pomoloji ise meyvelerin fiziksel özellikleri ile ilgilidir (Atalay 2004). Efe ve ark.(2009), zeytinin fenolojik dönemleri ve meyvenin gelişimi üzerinde sıcaklık koşullarının belirleyici bir etkiye sahip olduğunu bildirmektedir.

Fenoloji,, potansiyel olarak bitki ve hayvanların iklim değişikliğine tepkisini izlemek için güçlü bir araç olduğu gibi fenolojik gözlemler, iklim değişikliği, bitki ve hayvan gelişimleri arasındaki ilişkiyi araştırmak için de değerli bir bilgi kaynağıdır(Etöz ve ark.2016)

Efe ve ark. (2013), zeytin ağaçlarında çiçeklenmeye yönelik tomurcuk oluşumunun bir yıllık sürgünlerde tam çiçeklenmeden yaklaşık olarak 8 ay önce başladığını, oluşan tomurcukların bir bölümünün aynı vejetasyon dönemi içinde çiçek açarken diğer bir bölümünün de uyku(latent) durumunda kalıp ertesi yıl çiçek açtığını bildirmektedir.

Osborn ve ark. (2000), zeytin çiçeklenme tarihinin bahar sıcaklıklarına bağlı olduğunu, havadaki zeytin polen konsantrasyonlarının 50 km'lik bir yarıçap içinde zeytin popülasyonlarının çiçeklenme fenolojisini yansıttığı için, iklimsel ısınmanın hassas bir bölgesel göstergesi olabileceğini, fenolojik modellerin, havadaki polen verilerinden elde edilen çiçeklenme tarihleri kullanılarak test edilebileceğini bildirmektedir. Araştırmalar geçtiğimiz yüzyıl boyunca yükselen bahar sıcaklıklarının ABD ve Avrupa'daki yüksek kuzey enlemlerinde birçok türdeki yapraklanma ve çiçeklenme zamanlamasını geciktirdiğini göstermektedir (Osborn ve ark. 2000)

Etöz (2016), BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemische Industrie) ölçeğinin, European ve Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) tarafından resmen kabul edilmiş bir ölçek olduğunu, geniş bir ürün yelpazesinde ve yabancı otların büyüme evrelerini tanımlamak için kullanıldığını, bu ölçeğin Zadoks ve ark.(1974) tarafından geliştirilen, iyi bilinen tahıl koduna dayanan, ondalık, iki sayıdan oluşan bir ölçek olduğunu bildirmektedir. Ölçeğin birinci basamağı (0-9 arası) birincil gelişim aşamasını(örneğin çiçeklenme), ikinci basamağı da o ölçekteki gelişim basamağını (ilk çiçeklerin açılması gibi) tanımlar (Sanz-Cortez ve ark., 2001). Sanz-Cortes ve ark(2001), Şubat 1998 ile Mart 2000 tarihleri arasında İspanya Castellon bölgesinde yaptıkları bir çalışma ile zeytinin BBCH ölçeğine göre fenolojik dönemlerini belirlemişlerdir.

Zeytin ağacında fizyolojik gelişime ve BBCH ölçeğine göre fenolojik dönemleri Çizelge 2.1 deki gibidir (Kaynaş 1996, ve Etöz ve ark. 2016).

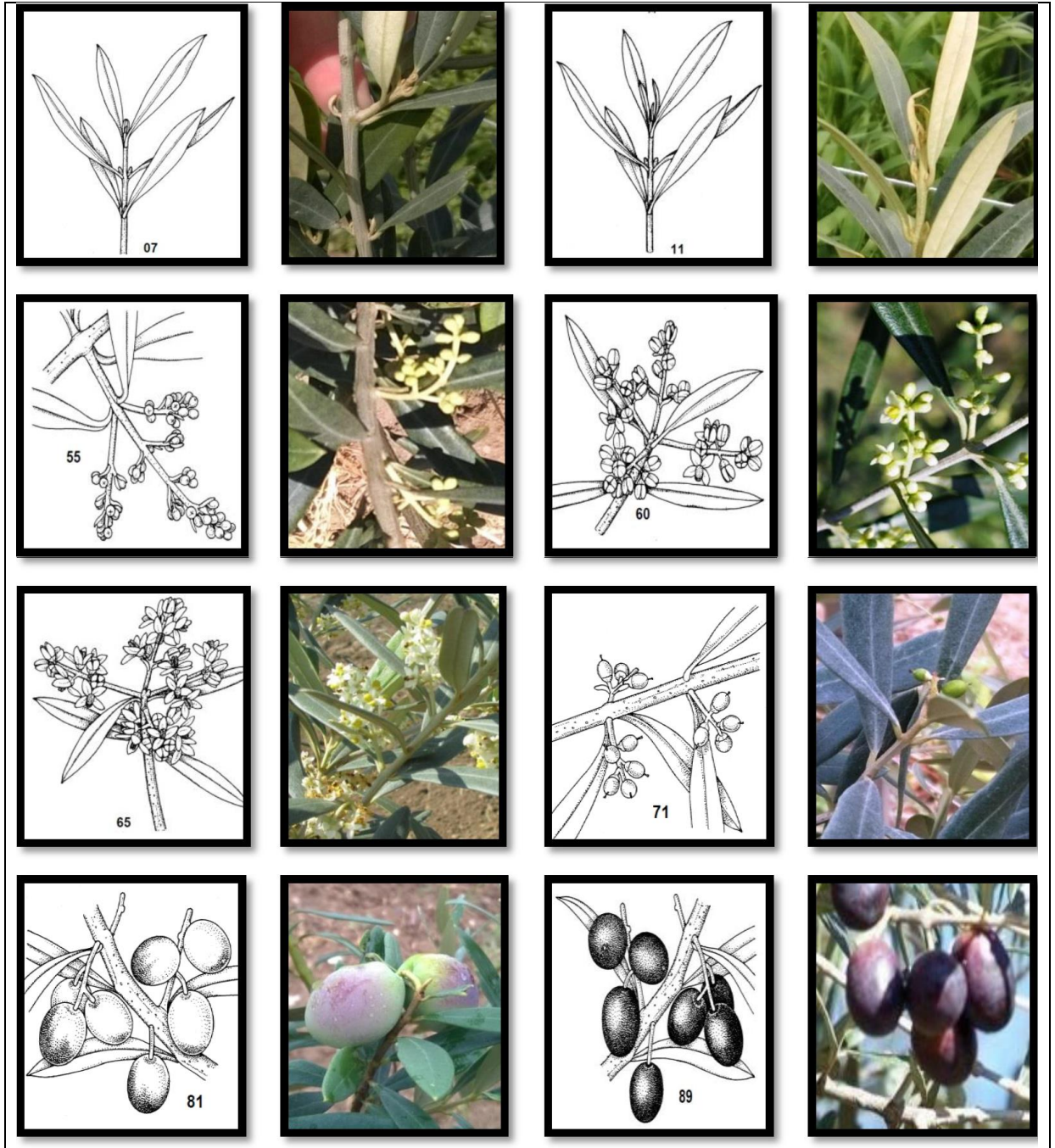
Çizelge 2.1. Fizyolojik gelişim, Kaynaş ve BBCH ölçeğine göre zeytin fenolojik dönemleri

BBCH Ölçeği	Fenolojik Dönem(Kaynaş,1996)	BBCH Fenolojik Dönem, Açıklama(Etöz ve ark.2016)
0		Temel gelişim aşaması 0: Sürgün gelişimi
00		Bir önceki yetiştirme sezonunda oluşmuş yaprak sürgünlerinin yaprak taslağı halinde olduğu görülür.
07		Küçük dış yapraklar açılır, tamamen olmasa da gövdeden ayrılır.
1		Temel gelişim aşaması 1: Yaprak gelişimi
11		İlk oluşan yaprak sürgünler tamamen açılmış, ayırık bir haldedir. Gri yeşil renktedirler.
19		Yapraklar nihai boyutunu almıştır.
3		Temel gelişim aşaması 3: Filiz (gövde sürgün) gelişimi
33		Filiz uzunluğu nihai boyutunun %30'una ulaşmıştır.
5		Temel gelişim aşaması 5: Çiçek taslaklarının oluşması
51		Çiçek tomurcukları gövde üzerinde şişmeye başlamıştır.
55	Somaklanma Başlangıcı	Çiçek kümeleri tamamen genişlemiştir. Çiçek tomurcukları açılmaya başlar.
6		Temel gelişim aşaması 6: Çiçeklenme
60	Çiçeklenme Başlangıcı	İlk çiçeğin açılması.
65	Çiçeklenme	Tam çiçeklenme aşaması: Çiçeklerin en az %50'sinin açıldığı dönem
69	Meyve Tutumu	Çiçeklenme sonu. Meyve tutumunun başlaması. Döllenmemiş çiçeklerin (yumurtalıkların) dökülmeye başlaması.
7		Temel gelişim aşaması 7: Meyve gelişimi
75	Meyve Gelişme	Meyve, son ulaşacağı boyutun %50'sine ulaşmıştır. Bu aşamada çekirdekte ligninleşme başlar. Çekirdek çizilme ve ezilmelere drenç göstermeye başlar.
79	Yeşil Olum	Meyve büyüklüğü son ulaşacağı boyutun % 90'ına ulaşmıştır. Yeşil zeytin olarak kullanılacak zeytin ağaçlarının hasat zamanıdır.

Çizelge 2.1 (Devam) Fizyolojik gelişim, Kaynaş ve BBCH ölçeğine göre zeytin fenolojik dönemleri

8		Temel gelişim aşaması 8: Meyvenin olgunlaşması
85		Zeytine özgü siyah renk artmaya başlar.
89	Siyah Olum	Hasat zamanı. Yağlık zeytinler için uygun hasat zamanıdır. Meyve tipik siyah ve parlak rengini almıştır.
9		Temel gelişim aşaması 9: Olgunlaşma/Yaşlanma
92		Zeytinler küçülmeye ve dalından düşmeye başlar

Etöz (2016) çalışmasında BBCH ölçeğine göre fenolojik dönemleri **Şekil 2.3**'te şematize etmiştir. Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin gelişim ve olgunlaşma süreci ise **Şekil 2.4** te verilmiştir.



Şekil 2.3. BBCH ölçeğine göre zeytinin fenolojik dönemleri (Etöz, 2016)



Şekil 2.4. Gemlik çeşidi zeytin meyvesinin gelişim ve olgunlaşma süreci (Yalçın, 2015)

2.1.2. Fenolojik dönemler itibariyle zeytin iklim istekleri

Akdeniz ülkeleri, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık, nemli ve yağışlı bir iklime sahiptir. Küresel ısınma sebebiyle küresel iklim değişikliğine yönelik tahminlerde 2050 yıllarına doğru Akdeniz havzasında kış yağışlarında artış, yaz yağışlarında ise %10-15 düzeyinde bir azalmanın beklendiği bildirilmektedir (Pouyafard 2013).

Yapılan araştırmalar vejetasyon devresinin süresi ile zeytin meyvesinin iriliği, meyve ağırlığı, çekirdek büyüklüğü ve meyvenin içerdiği yağ miktarı arasında ilişkiler olduğu, vejetasyon süresinin 9 aya düştüğü bölgelerde zeytin meyvesinin kısmen de olsa bir kalite kaybına uğradığı bildirilmektedir (Kaya, 2006).

Zeytin meyvelerinin fizyolojik ve pomolojik özellikleriyle iklim parametreleri arasında sıkı bir ilişki vardır. Yıllık ortalama sıcaklık isteği, 15-20°C dir (Cengil, 2009). Zeytin, 40°C ile -7°C arasındaki sıcaklıklara dayanabilmektedir. -7°C den daha düşük sıcaklıklar, zeytin bitkisinde önce yapraklar, sonra sürgünler ve dallarda, daha düşük sıcaklıklarda ise gövdede donmalara sebep olur (Efe ve ark, 2008).

Zeytin soğuklanma ihtiyacını ancak 7°C ile -7°C arasındaki sıcaklıklarda karşılayabilmektedir. Zeytin ağacının vejetatif faaliyetlere başlaması açısından günlük ortalama eşik sıcaklık değeri 7°C dir. Kış aylarında bu sıcaklıkta ve daha düşük değerlerde zeytin bitkisi için vejetasyon dönemi sona ermekte ve bitki uyku (dinlenme) dönemine

girmektedir (Alper, 2006). Sıcaklık şartlarının durumuna göre somaklanma başlangıcı, bazı yıllarda daha erken bir zamanda da gerçekleşebilir (Dokuzoğuz ve Mendilcioğlu 1971).

Her fenolojik dönem için zeytinin farklı sıcaklık gereksinimleri bulunmaktadır ve bu sıcaklıkların optimum değerler dışına çıkması, fenolojik döneme göre zeytin fizyolojik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Ortalamanın altında ve üstündeki sıcaklıklar, somaklanma ve çiçek açma döneminde döllemeyi etkilerken, meyve tutumu döneminde meyve bağlamayı, olum dönemlerinde meyvenin olgunlaşmasını, irileşmesini ve yağ toplamayı olumsuz etkiler (Efe ve ark. 2013, Kaya 2006, Çepel 1983).

Yıllık yağışın aylara ve mevsimlere göre dağılışı, “**Yağış Rejimi**” olarak ifade edilir. Zeytin yetiştiriciliği bakımından yağışın mevsimlere dağılışı, toplam yağış miktarından daha önemlidir. Yağışlarla toprakta biriken suyun, yıllık gelişme döneminin başlangıcında, sürgün gelişimi ve çiçek salkımlarının(somaklanma) oluşması dönemi olan Mart-Nisan aylarında %24’ü, çiçeklenme dönemi olan Mayıs ayında %6’sı, meyve büyüme dönemi olan Haziran-Temmuz aylarında %50’si, meyvenin olgunlaşma dönemi olan Ağustos-Eylül aylarında ise %20’si kullanılmaktadır (Anonim 2016d) .

Ekonomik bir zeytin yetiştiriciliği için yıllık yağışın 541 mm ile 1157 mm arasında olması istenir. Bu sınırların altında yağış alan bölgelerde meyve kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. 849 mm lik bir yağış, sulamaya gerek duyulmadan zeytin yetiştiriciliğinin yapılabileceğini göstermektedir (Efe ve ark. 2013).

İlkbahar mevsimi, zeytin ağacının fenolojik dönemler itibariyle fizyolojik faaliyetleri bakımından en kritik dönemdir ve bu mevsimde çiçek tomurcuk salkımları (somaklar) oluşmakta ve bu salkımlardaki tımurcuklar çiçek açmaktadır (Kocadağlı, 2010).

Yaz mevsimi, zeytin ağacının çiçek açma, meyve bağlama ve meyve büyüme evresidir. Bu kritik evrede ağacın su ihtiyacı artmakta ancak su ihtiyacı ile ters orantılı olarak yağışlar minimum düzeye inmekte ve kurak devre başlamaktadır. Zeytin tarımının yoğun olarak yapıldığı bölgelerin tamamında Yaz mevsimi, yağışlar açısından kritik ve risklidir (Kaya, 2006).

Zeytin ağacının fenolojik dönemlerinden olgunlaşma ve yağ bağlama dönemi Sonbahar (Eylül, Ekim, Kasım) aylarına denk gelmektedir. Zeytin ağacının fizyolojik faaliyetleri açısından Eylül ayındaki yağışlar, kritik bir öneme sahiptir. Eylül ayında yağışların yetersiz olması, meyve verim ve kalitesinde, yağ oranında önemli kayıplara neden olur (Efe ve ark. 2013).

Zeytin yetiştiriciliğinde bir diğer iklimsel faktör de oransal nemdir. Türkiye’de zeytin yetiştiriciliğinin yoğun olduğu yerlerde oransal nem %70 ile %80 arasında değişmektedir. Havanın oransal nem oranının %80’i geçtiği yerlerde zeytin ağacının çeşitli bitkisel hastalıklara yakalanma riski artmakta ve meyve yağ kalitesi olumsuz etkilenmektedir (Gümüştay ve Topuz, 2006). Efe ve ark. (2013), havadaki oransal nemin, bitkilerde transpirasyon üzerinde etkili olduğunu, oransal nemin azalmasıyla transpirasyonun şiddetlendiğini, bitkinin su ihtiyacının arttığını bildirmektedir. Havadaki oransal nem arttığında transpirasyon ve dolayısıyla bitkinin su tüketimi de azalmaktadır.

Efe ve ark. (2013), zeytinin fenolojik devreleriyle oransal nem oranı arasındaki ilişkinin önemli olduğunu, kış mevsimindeki oransal nemin %80’in altında olmasının ani sıcaklık düşüşlerine engel olarak zeytini düşük sıcaklıklardan ve don tehlikesinden koruduğunu belirtmektedir.

Rüzgârların esiş yönleri ve esiş hızları da, zeytin tarımını sınırlayan faktörlerdendir (Efe ve ark. 2013). Kuzeyden esen rüzgârlar, soğuk veya serin bir özellik taşıdığından hava sıcaklığının düşmesine neden olur. Bu rüzgarlar, kış aylarında yağışlı ve soğuk, yazın ise serin ve kısmen nemli bir havayı da beraberlerinde getirirler. Yazın esen kuzey yönlü rüzgârlar bu nedenle sıcaklığın fazla yükselmesini önleyerek evapotranspirasyon şiddetini azaltır. Güneyden esen rüzgârlar genellikle sıcak ve ılıktır. Bu rüzgârlar denizden karaya doğru estiğinde beraberlerinde nem de getirirler. Kışın estiklerinde ılık, nemli hava ve yağış getirirler. Bu nedenle zeytin için zararlı olan don olaylarının oluşmasına engel olurlar. Bu rüzgarlar yazın estiklerinde evapotranspirasyonu şiddetlendirerek bitkinin su ihtiyacını arttırırlar, özellikle meyve gelişim döneminde meyvenin gelişiminde olumsuz etkilere neden olurlar(Efe ve ark. 2013).

2.1.3. Yaprak su göstergeleri ve zeytin su stresi ile ilgili çalışmalar

Cimato ve ark. (1990), Toskana'da yaptıkları bir araştırmada, fenolojik dönemlerde temel iklim parametrelerini incelemişlerdir. En önemli biyolojik süreçlerin bitkinin su eksikliğine maruz kaldıkları dönemlerde gerçekleştiğini, su eksikliğinin sıcaklık koşullarından daha önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Daniell (1982)'de şeftalide yaptığı çalışmada, yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli ve toprak nem içeriği arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu belirtmektedir. Yine Ihuoma ve Madramootoo (2017), bitki su stresinin izlenmesi için geleneksel yöntemlerin, belirli bir süre boyunca bitki ve topraktan kaybedilen su miktarını tahmin etmek için yerinde toprak nemi ölçümlerine ve meteorolojik değişkenlere dayandığını, bitki kök bölgesindeki suyun durumunu değerlendirmek için toprağın düzenli olarak örneklenmesi gerektiğini ancak bu yöntemin ve diğer evapotranspirasyon modellerinin zaman alıcı olduğunu bildirmektedir. Yaprak oransal su içeriğinin, yaprak su durumunun doğrudan bir ölçümü ve iyi bir göstergesi olduğunu, analiz için daha az ekipman gerektirdiğini, ancak yapraklara zarar verici ve zaman alıcı bir analiz olduğunu bildirmektedir.

Oterros ve ark. (2013), kısıtlı su koşullarının çeşitli fenolojik dönemlerde zeytin gelişimini etkileyen önemli bir parametre olduğunu, özellikle çiçek tomurcuklarının (somakların) oluşum döneminde bu etkinin çok önemli bulunduğunu bildirmektedir.

Torres ve ark (2018), zeytin ağacının çevre koşullarına en duyarlı organının yapraklar olduğunu, yaprak oransal su içeriğinin bitki su durumunun önemli bir göstergesi olduğunu, yaprak oransal su içeriğinin yaprak su açığını ifade ettiğini, kuraklık veya yüksek sıcaklık koşullarında bitkinin stres derecesini gösterdiğini, zeytin ağaçlarının üreme döngüsünde fenolojik dönemlerdeki su stresinin belirlenmesinde faydalı olacağını bildirmektedirler. Zeytin çeşitlerinin su stresine duyarlı olduğu fenolojik dönemlerde bitki su ihtiyacını belirten önemli bir gösterge olduğunu belirtmektedirler.

Bitkilerin kuraklığa toleransları veya kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarının anlaşılması için yapılan araştırmalarda bitki su durumunun uygun bir teknikle doğru olarak belirlenmesi esastır. Toprak nemi ve gövde su içeriğini belirlemeye yönelik yaklaşımlara kıyasla yaprak su durumunun bitki su durumunu daha iyi yansıttığı ifade edilmektedir. Bitkilerin kuraklığa verdikleri tepkiler üzerinde çalışan araştırmacılar, farklı sulama rejimleri

arasındaki farklılığı vurgulamanın bir yöntemi olarak bitki su durumunun, dolayısıyla yaprak su durumunun belirlenmesine odaklanmışlardır (Erice ve ark. 2018).

Kocadağılı (2010), zeytin ağacının çeşitli fenolojik dönemlerinde ihtiyaç duyduğu suyu alamamasının verimde önemli düşüşlere neden olabildiğini, zeytin ağacının doğal yollarla su ihtiyacının karşılanmadığı durumlarda iyi bir verim için sulamanın önemini arttığını bildirmektedir.

Kayam ve Korkmaz (2009), sulama programlarının planlanmasında daha çok bitkinin fenolojik dönemleri, topraktaki nem azalması gibi geleneksel yöntemlerin kullanıldığını, ancak son çalışmalarla bitkide susuzluk nedeniyle ortaya çıkan verim azalmasının toprak nemi ile dolaylı, buna karşılık bitki su potansiyeli ile doğrudan ilgili olduğunu ortaya konduğunu, buna göre, bitki bünyesindeki suyun ve bitkinin su stresinin doğrudan belirlenmesine yönelik gözlem ve ölçümlerin, toprak nemi ölçümlerine kıyasla daha iyi bir gösterge olduğunu bildirmektedirler. Bitkilerin içsel su durumlarını tanımlamada, yalnızca toprak nemine ilişkin bilgilerin yetersiz olduğunu ve sulama zamanını bitkilerin, sulama suyu miktarını ise toprağın gösterdiğini belirtmektedirler.

Bitki su içeriğinin bilinmesi, bitki su ilişkilerinin incelenmesi açısından önemlidir. Yaprak su içeriği, yaprağın içerdiği suyun toplam kütleye oranıdır. Bitki yaprak dokularındaki % su miktarının belirlenmesinde yaprağın kuru ağırlığı esas alınmakta ve yaprak su içeriği oransal olarak hesaplanmaktadır (Aktepe Tangu, 2012). Ancak, yaprak kuru ağırlığının mevsimsel olarak değişmesi ve hatta gün içinde değişim göstermesi, yaprak su içeriğinin belirlenmesinde yaprak kuru ve yaş ağırlıklarının birlikte hesaplanmasını zorunlu kılmaktadır. Yaprak oransal su içeriği ise yaprağın tam doymuş halinde içerdiği su miktarının mevcut su içeriğine oranıdır. Yaprak oransal su içeriği, hücre su noksanlığının fizyolojik sonuçlarının ifadesinde bitki su durumunun bir göstergesidir.

Bir ekosistemde yaşayan tüm canlıların yaşam döngüsü, biyotik ve abiyotik faktörlere bağlıdır. Ekosistemdeki biyotik faktörler, bitkiler, hayvanlar, mantar ve bakteri gibi tüm canlılardır. Abiyotik faktörler ise canlının yaşadığı ekosistemdeki hava, toprak, su, güneş ışığı gibi tüm canlı olmayan faktörlerdir. Biyotik faktörler, canlılığını sürdürmek için abiyotik faktörlere ihtiyaç duyar (Anonim, 2018f).

İpek (2015), bir ekosistem içinde bitkileri etkileyen pek çok stres faktörünün bulunduğunu, abiyotik stres faktörlerinin ürün kayıplarının % 50'den fazlasına sebep olduğunu, en önemli abiyotik stres kaynağının kuraklık stresi olduğunu belirtmektedir.

Küresel iklim değişikliği ile birlikte abiyotik stres faktörlerinin tarımsal ürünlerde verim ve kaliteyi olumsuz etkileyeceği bildirilmektedir. Stres koşulları, bitkilerin hem yaşamsal faaliyetlerini, hem de verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte ve yayılışlarını sınırlamaktadır. Türkiye'de zeytin yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerde yarı kurak ve kurak iklim koşulları hakimdir, zeytinin ihtiyacının bulunduğu dönemlerde yeterli yağış olmamaktadır. Pouyafard (2016), Goldhamer (1999), Moriana ve ark.(2003); Grattan ve ark.(2006); Hidalgo ve ark.(2009)'a göre, zeytinin kuraklığa dayanıklı bir bitki olmasına rağmen kurak dönemlerde farklı bölge, çeşit ve üretim sistemlerinde sulamaya farklı tepkiler gösterdiğini belirtmektedir.

Son yıllardaki gelişmeler, zeytin üretiminde entansif tarımı zorunlu kılmış, sulama yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bununla birlikte üretim sistemindeki bu değişim, özellikle bir an önce üretim olgunluğuna ulaşabilmek için maksimum gelişimin amaçlandığı genç bahçelerde girdilerin optimizasyonunu zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, su stresinin etkilerini ortadan kaldıracak sulama programlama tekniklerine ihtiyaç bulunmaktadır (Moriana ve Fereres, 2002).

Pouyafard (2013), Türkiye'de yaz aylarındaki yağışların yetersiz, sıcaklıkların yüksek olması nedeniyle özellikle sulama olanağı bulunmayan bahçelerde zeytin meyvelerinin buruştuğunu, sonbahar geç yağmurlarından etkilenecek yere düştüğünü, bunlara bağlı olarak sofralık zeytin ve zeytinyağı kalitesinin düştüğünü, ağaç başına verim değerlerinde kayıplar meydana geldiğini bildirmektedir. Pouyafard (2013) ve Akyüz (2017)'e göre Aşık ve ark. (2010), Memecik zeytin çeşidinde farklı sulama düzeylerinin vejetatif gelişime ve verime etkisini araştırdıkları çalışmada, farklı sulama düzeylerinde bitkinin gelişim parametrelerinden sürgün uzunluğu, sürgün çapı, sürgündeki somak sayısı, taç hacmi, meyve tutum oranının ve dolayısıyla verimin değiştiğini ifade etmişlerdir.

Kaya (2012), Bornova koşullarında farklı sulama konularına göre Ayvalık ve Gemlik zeytin fidanlarının morfolojik değişimlerini incelemiş, Ayvalık zeytin çeşidinin Gemlik zeytin

çeşidine göre su stresine karşı daha toleranslı olduğunu, Gemlik çeşidinde büyüme parametrelerinin su stresinden daha fazla etkilendiğini belirtmiştir.

Aktepe Tangu (2012), Kaynaş ve ark. (2009), Khanna-Chopra ve Sinha (1991), Barrs (1968) ve Hsiao (1973) ya göre, bitki su noksanlığının; bitkideki su miktarı ve toplam su potansiyeli (suyun enerji statüsü) parametreleriyle tanımlandığını, kısıtlı suyun bitkilerde yol açtığı stres sonucu ortaya çıkan ilk belirtilerin, yaprak su potansiyelinin ve buna bağlı olarak yaprak oransal su içeriğinin düşmesi, yapraklardaki solmalar şeklinde ortaya çıktığını, bu temel parametrelerle ilişkili olan diğer bitkisel özelliklerin, bitki su noksanlığını dolaylı olarak açıklayabildiğini belirtmektedir. Bundan dolayı bitkilerdeki su stresinin belirlenmesinde, yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriğinin saptanmasının oldukça önemli olduğunu bildirmektedir.

Bacelar ve ark. (2004), kurak koşullarda Manzanilla, Negrinha, Cobrançosa, Arbequina, Blanqueta zeytin çeşitlerinin yapraklarının anatomik özelliklerini araştırdıkları çalışmada, kuraklık stresi ile karşılaşan zeytin yapraklarının farklı yüzey özellikleri geliştirdikleri belirtilmiştir. Kalefetoğlu ve Ekmekçi (2005), bitkilerde kuraklığın etkilerinin su noksanlığı ve kuruma olarak görüldüğünü, su noksanlığının stomalarda kapanmaya ve gaz değişiminde kısıtlamaya neden olan orta düzeydeki su kaybı olduğunu bildirmektedir. Hafif su noksanlığında yaprak oransal su içeriğinin yaklaşık % 70'te kaldığını ve bu durumda stomaların kapanmasına bağlı olarak karbondioksit alımının kısıtlandığı belirtilmektedir. Aşırı miktarda su kaybının ise kurumaya neden olduğu, metabolizma ve hücre yapısının tamamen bozulduğu, genellikle kurumaya duyarlı vasküler bitkilerin çoğunda vejetatif dokunun % 30'un altındaki yaprak oransal su içeriği değerlerinde bitkinin iyileşme sürecine giremediği bildirilmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Pouyafard (2013), zeytin bitkisinin gelişme periyodu içinde suya duyarlı olduğu dönemlerin bulunduğunu, Withers ve Vipont(1983), Beede ve Goldhamer (1994), Fereres (1995)'e göre su stresinin, zeytinin gelişme periyodu içindeki farklı dönemlerde farklı etkiler meydana getirdiğini bildirmektedir. Pouyafard (2013), Xiloyannis ve ark. 1999; Chartzoulakis ve ark. 2000'a göre, sürgün büyümesi döneminde su stresinin, zeytin ağaçlarında sürgün gelişimini azalttığını, su stresi devam ettiğinde ağacın vejetatif ve generatif gelişmesinde gerileme olduğunu, ağaçların normal hacmine ulaşamadığını, Metheney ve ark. 1994'a göre su stresinin, yapraklarda küçülme, kuruma ve dökülmelere neden olduğunu, Beede ve

Goldhamer, 1994'e göre meyve tutumu döneminde su stresinin çiçeklerin meyve tutma oranını düşürdüğü, periyodisiteyi arttırdığı; Lavee ve ark., 1990'ya göre meyve gelişim döneminde meyve büyüklüğünde azalmaya, haziran ayında ve temmuz ayının başında meydana gelirse çekirdek büyüklüğünde küçülmenin gerçekleştiğini, Inglese ve ark., 1999'a göre yağ oluşumu döneminde su stresinin meyve yağ oranında azalmaya neden olduğunu bildirmektedir. Ayaz ve Varol (2015) ise farklı fenolojik dönemlerde su stresinin etkilerini **Çizelge 2.2**'deki gibi değerlendirmişlerdir.

Çizelge 2.2. Zeytinin fenolojik dönemleri ve su stresinin zeytin ağacının büyüme ve meyve gelişimi üzerine etkileri(Ayaz ve Varol 2015)

Fenolojik Olay	Dönemi	Su stresinin Etkileri
Sürgün Büyümesi	Kış sonu- Yaz başı	Sürgün büyümesi azalır
Çiçek tomurcuğu oluşumu	Şubat- Mart	Çiçek tomurcuğu azalır
Çiçeklenme	Nisan- Mayıs	Abortif çiçek oluşur
Meyve tutumu	Mayıs- Haziran	Meyve tutumu azalır, periyodisite artar
Meyve gelişimi	1. Aşama Haziran- Temmuz	Meyveler küçük kalır
Meyve gelişimi	2. Aşama Temmuz- Ağustos	Meyveler küçük kalır
Meyve gelişimi	3. Aşama Ağustos- Hasat	Meyveler küçük kalır
Yağ oluşumu	Eylül- Hasat	Meyve yağ oranı azalır

Aktepe Tangu (2012), dört zeytin çeşidinin kurak koşullardaki performanslarını belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada su stresinin fotosentez üzerinde etkili olduğunu, transpirasyonda önemli bir değişimin olmadığını belirlemiştir. Kısıtlı su uygulamalarının bitki su içeriğinde azalmalara, vejetatif gelişmelerinde gerilemelere ve fotosentetik aktivitelerinde aksamalara neden olduğunu belirtmektedir.

Pouyafard (2013), Molz ve Klepper (1972)'in bitki gövde çapındaki hızlı değişimin transpirasyonla yakın ilişkili olduğunu, Garnier ve Berger (1986) ve Huguet ve ark. (1992)'inin ise gövdedeki büzülme ve genişleme ile ağacın su içeriğinin yakın ilişkisi olduğunu bildirdiğini belirtmiştir.

Talaie ve Shirzad (2003), İran'ın yerel zeytin çeşitlerinde su stresinin etkilerini inceledikleri araştırmada, su stresinin büyüme üzerindeki engelleyici etkisinin en fazla yapraklarda görüldüğünü belirtmişlerdir.

Giorio ve ark.(1999) zeytinde farklı sulama düzeylerinin fotosentez, yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği üzerine etkilerini araştırmışlar, yaz aylarında uzun süreli kuraklığın toprak nem içeriği, yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliği üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu, daha düşük stres uygulanan ağaçlarda da benzer etkilerin görüldüğünü ve yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, ve toprak nem düzeyi arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğunu belirlemişlerdir.

Masmoudi ve ark. (2010) zeytin ağaçlarında kısıtlı sulama koşullarında yaptıkları çalışmada stoma iletkenliği, stoma direnci, gün ortası yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriğini incelemişler ve yaprak su potansiyelinin yaprak oransal su içeriği ve stoma iletkenliği ile yakın ilişkisinin olduğunu ortaya koymuşlardır.

Şirin (2013), Faraloni ve ark. (2010) a göre, normal su rejimindeki bitkilerde yaprak oransal su içeriği değerleri %90'dan fazla iken, sulanmayan, bu nedenle stres altındaki bitkilerde yaprak oransal su içeriği değerlerinin %55.79'un altına düştüğünü, dolayısıyla yaprak oransal su içeriği değerlerinin önemli farklılıklar gösterdiğini bildirmiştir.

Yine Şirin (2013)'in bildirdiği üzere, Nejadsahebi ve ark. (2010), sulama miktarının azalmasıyla yaprak oransal su içeriği değerinin de düştüğünü, Srivasta ve ark. (1998); Türkan ve ark. (2005); Romanello ve ark. (2008) ise tuz ve kuraklık stresi etkisiyle yaprak oransal su içeriğinde azalma olabileceğini bildirmişlerdir .

Dhanda ve Sethi (2002), yaprak oransal su içeriğinin, kuraklık stresinde önemli bir gösterge olarak kabul edildiğini, hücre hacmi ile ilişkili olduğunu, transpirasyon oranı ile yaprağa sağlanan su arasındaki dengeyi gösteren bir parametre olarak değerlendirildiğini belirtmektedir.

Boussadia ve ark.(2008), Koroneiki ve Meski zeytin çeşitlerinde su stresinin etkilerini araştırmışlar, çalışmada stres düzeyi arttıkça, yaprak su potansiyeli, oransal su içeriği ve stoma iletkenliği değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Aktepe Tangu (2012), yaprak su durumunun belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemlerin bulunduğunu, kısıtlı su uygulamalarının yaprak su potansiyelinde önemli düşümlere sebep olduğunu, yaprak oransal su içeriği ile yaprak su potansiyeli arasında

istatistiksel anlamda önemli doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu, yaprak su potansiyeli yerine gerekirse yaprak oransal su içeriğinin de kullanılabileceğini, yaprak oransal su içeriğinin ölçülmesinin, hata payı artmakla birlikte, yaprak su potansiyeli ölçümüne kıyasla çok daha ucuz bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Zeytin bitkisi için, özellikle sadece kurak koşulların etkin olduğu ve tuz stresinin bulunmadığı koşullarda yaprak oransal su içeriği ölçümlerinin daha kolay ve daha ucuz bir yöntem olduğunu, yaprak su potansiyeli ölçümüne alternatif olarak kullanılabileceği ifade edilmektedir (Aktepe Tangu,2012).

Yaprak su durumunun hızlı ve ekonomik bir şekilde ölçümüne odaklı diğer yaklaşımlar, yaprakların elektriksel özelliklerine ve yaprakların optik yansıma özelliklerine yoğunlaşmıştır. Erice ve ark. (2018), Mizukami ve ark. (2006) çay yapraklarının nem içeriğini tahmin etmek için hücre duvarının elektriksel özelliklerinden, Kriston-Vizi ve ark (2008), yaprak su potansiyeli ile yaprak su içeriğini belirlemek için multi-spektral görüntülerden, Zhang ve ark. (2012) ise spektral yöntemlerden faydalanmıştır. Özellikle Zhang ve ark. (2012), ön işlem yöntemleri uygulanan spektral veriler yardımıyla kısmi en küçük kareler yöntemi ile tatmin edici doğrulukta su içeriğinin belirlenebileceğini ifade etmektedir.

2.1.4. Klorofil içeriği ve su stresi ile ilişkisi konusunda çalışmalar

Kocadağlı (2010), zeytin ağacının yapraklarının bitkinin sağlık durumunu çok iyi yansıttığını, hastalık ve zararlı etkilerinin önce yapraklarda görüldüğünü, aşırı sıcak ve soğuklarda yaprakların fotosentez hızının aniden değiştiğini bildirilmektedir.

Klorofil, tüm fotosentetik faaliyetler için indikatör olarak kabul edilen, yaprağa yeşil rengini veren pigmenttir. Yapraklarda klorofil kaybı olarak bilinen kloroz, sıcaklık, kuraklık, besin maddesi eksikliği, yaşlanma ile oluşan stresin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Reynolds 2011, Mullan 2011).

Klorofil içeriği, bitki sağlığının en önemli göstergelerinden biridir ve klorofil içeriği ne kadar yüksek ise bitki de o kadar sağlıklı demektir. Başayığıt ve Ersan (2013), klorofillerin fotosentez olayında görev yapan en aktif yaprak pigmentleri olduğunu, klorofil içeren

hücrelerin fotosentez faaliyeti sonucu güneş enerjisini karbonhidrata dönüştürdüğünü, bitkilerde bulunan sekiz klorofil çeşidinden en çok bulunanların klorofil a ve b olduğunu belirtmektedir. Bitkinin stres karşısında verdiği ilk tepkinin, yaprak hücrelerinde klorofil pigmentlerinin azalması şeklinde görüldüğünü, dolayısıyla bitkilerde biyotik veya abiyotik stresin şiddetini belirlemek için kullanılan en önemli analiz yönteminin klorofil içeriğinin belirlenmesi olduğunu ifade etmektedir. Bitki yapraklarında klorofil eksikliğinin erken tespiti açısından klorofil içeriğinin izlenmesi ile ürün kalitesi ve verimini olumsuz etkileyecek etkenlerin belirlenebileceği ve tedbirlerin alınabileceği bildirilmektedir.

Delgado ve ark. (2018), klorofilin bitkilerde fotosentez ve mikro besin maddeleri içeriği ile ilgili önemli bir biyofiziksel parametre olduğunu, klorofil ile azot içeriğinin ilişkili olduğunu, azot içeriğinin bitkinin fenolojik dönemlerine göre değişiklik gösterdiğini bildirmektedir.

Pouyafard (2013), kıyı ege koşullarında yetiştirilen Ayvalık çeşidi zeytin fidanlarında farklı sulama düzeylerinde su stresine bağlı fizyolojik ve morfolojik değişimleri incelediği çalışmada, klorofil içeriği açısından konular arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmadığını, ancak yaprak- hava sıcaklığı farkı, yaprak su potansiyeli, yaprak oransal su içeriği ve stoma iletkenliği açısından farkın önemli olduğunu belirlenmiştir. Pouyafard (2013), Arunyanark ve ark. (2008)'ına göre bir çok bitkide yapraklardaki klorofil içeriğinin fotosentetik kapasite ile yakından ilişkili olduğunu ve yine bir çok bitkide de su stresinin klorofil içeriğini etkilediğini ve bu nedenle de fotosentetik kapasiteyi sınırladığını bildirmektedir. Klorofil stabilitesinin kuraklığa dayanıklılığı belirlemede önemli bir kriter olabileceğini, genotipler arasında klorofil parametreleri ve transpirasyon randımanı açısından önemli farklar bulunduğunu ve klorofil yoğunluğu (ChlD) ile SPAD klorofil metre okuma değerleri arasında oldukça yüksek ve pozitif bir ilişki bulunduğunu bildirmiştir.

Kırnak ve Demirtaş(2002), Dalbastı kiraz çeşidinin farklı su stresi seviyelerinde fizyolojik ve morfolojik özelliklerini incelemişler, su stresinin, yaprak su potansiyeli, yaprak oransal nem içeriği ve klorofilin azalmasına yol açtığını ifade etmişlerdir. Kırnak ve Demirtaş (2002), su eksikliğinin hücre gelişimi ve bölünmesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak bitkinin büyümesini engellediğini, yaprak su miktarındaki azalmanın klorofil sentez hızını düşürerek klorofil parçalanmasını hızlandırdığını, klorofil kaybının bitkinin faydalanabildiği su miktarı yanında uygulanan stres süresine de bağlı olduğunu bildirmektedir.

Kaynaş (1994) farklı anaçlar üzerine aşılanmış şeftali ve nektarin anaçlarının farklı sulama suyu düzeylerinde yaprak klorofil içeriğini incelemiştir. Çalışmada klorofil a ve klorofil b ile toplam klorofilde en yüksek değerlerin bitkinin su noksanlığı ile karşılaşmadığı konuda tespit edildiğini, su stresinin en şiddetli olarak hissedildiği ağaçlarda yaprak rengi açılmasının erken tarihlerde başladığını, su stresi ile karşılaşmayan ağaçlarda yaprak rengi açılmasının daha geç tarihlerde gerçekleştiğini bildirmiştir.

Pouyafard (2013), Jyothi ve Rajadhav (2004) dan bildirdiğine göre, Rangpur Limonunun farklı çeşitlerinde su stresinin etkilerini inceledikleri çalışmada, su stresi arttıkça stoma sayısında ile klorofil a ve klorofil b'de azalma meydana geldiğini, Anju ve ark. (1994)'na göre klorofil azalma oranı düşük olan bitkilerin, kuraklık stresine daha toleranslı olduğunu ifade etmişlerdir.

2.2. Optik ve Radar Uzaktan Algılama İle İlgili Çalışmalar

Uzaktan algılamanın temel prensipleri ile ilgili çok sayıda çalışma ve literatür mevcuttur(Mulla 2012, Thenkabail ve ark. 2011, Maktav ve Sunar 1991, Kumar ve ark. 2003). Bu nedenle literatür taraması yapılırken, optik ve radar uzaktan algılamanın bitkisel uygulamalarına odaklanılmıştır.

Uzaktan algılama; yeryüzündeki doğal ve yapay nesneler hakkında nesnelere temas etmeden, yeryüzünden belirli bir yükseklikte yer, hava veya uzay araçları kullanılarak, algılayıcılar yardımıyla verilerin elde edilmesi ve bu verilerin bilgiye dönüştürülmesi için değerlendirme teknikleri olarak tanımlanmaktadır (Lillesand 2004).

Ban (1996), Campbell (1987), dünya nüfusunun giderek artması, kentleşme, çölleşme, ormansızlaşma, toprak erozyonu ve diğer çevresel faktörlerin tarımsal üretimin üzerindeki baskıları arttırabileceğini belirtmektedir. Bölgesel, ulusal ve küresel ölçekte, yerel ve dünyadaki tarımsal politika planlamacılarının tarımsal kaynakları daha verimli bir şekilde yönetebilmesi için ürün türü, üretim alanı, ürün gelişim durumu, üretimi ve dolayısıyla verimi etkileyebilecek hastalık ve zararlılar ile bilgilerin yanında dolu, sel, taşkın, kuraklık gibi iklimsel afetler hakkında doğru ve zamanında bilgi sağlayabilen tarımsal bilgi sistemlerine ihtiyacın duyulduğunu vurgulamaktadır. Bu bilgi sistemlerinin, üreticilerin, planlamacıların,

yöneticilerin, şirketlerin veya devletlerin tarımsal ürünlerdeki arz ve talep dengesizlikleri ve bu dengesizlikten kaynaklanan fiyat dalgalanmalarına karşı zamanında ve doğru bilgiyi sağlamak için önemli olduğu ifade edilmektedir. Uzaktan algılamanın, ürün ile ilgili gelişim durumunu zamanında ve doğru olarak sağlayabilen ekonomik bir teknoloji olduğunu belirtilmektedir (Ban 1996, Campbell, 1987).

Uzaktan algılamada esas, farklı algılayıcılar yardımıyla nesnelerden yayılan veya yansıyan elektromanyetik enerji miktarının ölçülmesidir. Elektromanyetik enerji, uzayda elektromanyetik dalgalar ya da fotonlar halinde yayılmaktadır. (Lillesand 2004, Kumar 2010, Çölkesen, 2014). Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik dalgaların frekans veya dalga boyuna göre dağılımını ifade eden bir kavramdır. Elektromanyetik enerjinin en çok bilinen formları, X-ray, morötesi(ultraviyole), görünür, kızıl ötesi, radyo dalgalarıdır (Lillesand ve ark. 2004).

Elektromanyetik spektrumda VIS(görünür bölge), insan gözünün spektral duyarlılığı olarak bilinen 0,4 μm ile 0,7 μm dalga boyları arasındaki bölgedir (Köse, 2006). Kızıl ötesi bölgeler, VIS bölgenin hemen bitiminde, kırmızı dalga boyuna bitişik dalga boyu bölgeleridir. Bu bölgelere ait dalga boyu bölgeleri, NIR(Near Infrared-yakın kızılötesi) için 0,75-1,4 μm , SWIR(short wave infrared-kısa dalga kızılötesi) için 1,4-3 μm , MWIR(orta dalga kızılötesi-medium wave infrared(MWIR) için 3-8 μm , LWIR(long wave infrared-uzun dalga kızılötesi) için 8 – 15 μm , FWIR(uzak dalga kızılötesi-Far wave infrared) için 15 -1000 μm dir. Ayrıca kızıl ötesi bölgede Termal Kızılötesi Bölge, yeryüzündeki nesnelerden yayılan ısı enerjisinin algılandığı dalga boyu aralığıdır. Termal kızılötesi bölge, 3.0-5.0 μm ve 7-14 μm dalga boyu bölgeleri olarak ikiye ayrılmaktadır (Anonim, 2019m).

Mikrodalga bölgesi, 1 mm < λ < 1 m dalgaboyları arasında yer alır. Mikrodalga bölgesinde aktif ve pasif algılama yapılabilir, dolayısıyla her türlü hava koşulunda algılama yapma imkanı bulunmaktadır. Mikrodalga bölgesi, algılama durumuna göre aktif ve pasif mikrodalga bölgesi olarak ikiye bölgeye ayrılır. Pasif mikrodalga bölgesi, elektromanyetik spektrumun 1 mm < λ < 1 m dalgaboyu bölgesinde yer alır. Aktif mikrodalga bölgesi ise, elektromanyetik spektrumun 1 cm < λ < 1 m dalgaboyunda yer alır. Radar olarak da adlandırılır. Aktif mikrodalga bölgesi de kendi içinde SHF (Süper Yüksek Frekans, 1 cm < λ < 10 cm) ve UHF (Ultra Yüksek Frekans, 10 cm < λ < 1 m) olarak sınıflandırılabilirdiği gibi dalga boylarına göre de ayrıca sınıflandırılmaktadır (Köse, 2006).

2.2.1. Elektromanyetik enerji-nesne etkileşimi ve bitki örtüsünün spektral yansıtma özellikleri

Atmosferde soğurulmayan veya yansıtılmadan yeryüzüne ulaşabilen elektromanyetik enerji, yeryüzündeki bir nesnenin yüzeyine ulaştığında üç temel enerji-nesne etkileşimi söz konusu olmaktadır. Enerji kaynağından gelen elektromanyetik enerji, dünya yüzeyinde herhangi bir nesneye çarptığında nesneler tarafından soğurulabilir, geçirilebilir veya yansıtılabilir. Enerji ve nesne arasındaki bu etkileşimler, uzaktan algılama uygulamalarının temelini oluşturmaktadır (Durna 2014).

Yaprakların yapısında yapraklara rengini veren ve pigment olarak isimlendirilen moleküller farklı oranlarda bulunmaktadır. Pigmentler, yapraklara sarı rengini veren ksantofil, turuncu rengi veren karoten ve kırmızı rengi veren antosiyanindir. Yaprak yüzeyleri için yansıma, soğurulma ve geçirimde yapraktaki pigmentler, yaprağın fizyolojik yapısı ve yapraktaki su miktarı önemli bir etkiye sahiptir. Rengi yeşil olan yapraklar yaşlandıkça yapılarındaki klorofil azalmaya başlar, yapraktaki karoten ve ksantofil pigmentleri daha baskın hale gelir (Maktav ve Sunar 1991, Çölkesen 2014).

Görünür bölgede, 400-700 nm dalga boyu aralığında, klorofil başta olmak üzere yaprakta bulunan pigmentler, spektral yansıma özelliklerinin belirlenmesi açısından önemli bir etkidir. Görünür bölgede mavi ve kırmızı dalga boylarında kuvvetli klorofil soğurması görülürken, yeşil dalga boylarında klorofil soğurması daha azdır. Yeşil dalga boylarındaki düşük soğurum ve yüksek yansıma, sağlıklı yaprakları yeşil olarak görmemizi sağlamaktadır (Koppe 2013, Lillesand ve ark.2004, Çölkesen 2014).

Yeryüzündeki diğer nesneler gibi, bitki yapraklarının hücre yapıları farklı olduğundan her bitkinin de farklı spektral özellikleri bulunmaktadır. Bundan dolayı bitkilerin 0.6–0.7 µm dalga boyları bölgesinde yansımalarının da farklılık gösterdiği ifade edilmektedir. Sağlıklı ve sağlıklı yapraklarda hücre yapısı farklılık gösterdiğinden NIR bölge, bitki sağlığı ile ilgili uygulamalarda da kullanılmaktadır (Çölkesen, 2014). Aouidi ve ark. (2012), zeytin yapraklarının kimyasal kompozisyonunda çeşide, ağaç yaşına, zeytin yaprak yaşına bağlı olarak doğal bir değişkenliğin bulunduğunu bildirmektedir

2.2.2. Pasif uzaktan algılama sistemleri ve optik uydu sistemleri

Pasif uzaktan algılama sistemleri, doğal kaynaklardan yansıyan veya yayılan elektromanyetik radyasyonu algılar ve ölçer. Pasif sistemlerde enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş'le eş zamanlı hareket eden bu sistemler, görüntü elde edebilmek için güneş ışığına ihtiyaç duymaktadır (Abdikan 2007). Pasif uzaktan algılama sisteminde algılayıcılar, elektromanyetik spektrumun görünür, kızıl ötesi (yakın kızıl ötesi, ortakızıl ötesi, uzak kızıl ötesi) bölgelerindeki enerjiyi algılayabilmektedir (Kurucu ve ark. 2000)

Optik uydu görüntüleri, pasif algılama sistemleridir ve enerji kaynağı olarak güneşten yararlanılmaktadır. Bu nedenle bu sistemler gündüz algılama yapmakta, kötü hava koşullarında veya bulutlu havalarda görüntü elde edilememektedir.

Nesne yüzeylerinin farklı dalgaboyları bölgelerindeki spektral yansıma özellikleri, nesnelerin aynı zamanda spektral yansıma özelliklerini belirler ve yansımaya ilişkin spektral imzaları olarak tanımlanır. Her nesnenin farklı spektral imzaları, nesnelerin ayırt edilebilirliğini sağlar ve sınıflandırma başta olmak üzere uzaktan algılama çalışmalarında yaygın olarak kullanılır (Hacıağaoğlu 2013, Anonim 2016).

2.2.3. Görüntü, piksel ve band kavramları

Sayısal uydu görüntüleri, farklı dalga boylarındaki elektromanyetik enerjinin algılayıcılar tarafından algılanması ve iki boyutlu sayı dizileri halinde sayısal bir ortamda saklanması ile elde edilmektedir(Lavender ve Lavender 2016). Görüntüler, piksel adı verilen ve her bir alanın parlaklığını sayısal bir değer veya dijital sayı ile temsil eden küçük, eşit boyutlu ve biçimli alanlara bölünerek dijital bir biçimde gösterilebilir ve görüntülenebilir.

Optik görüntülerde, bir dalga boyu bölgesi aralığını temsil eden her bir görüntüye band adı verilir. Her bir dalga boyu bölgesini temsil eden band, o dalga boyu bölgesinin özelliklerine göre, mavi, yeşil, kırmızı, kızılötesi, termal, mikrodalga vb. olarak isimlendirilir (Köse, 2006). Piksellerin bir araya gelmesinden bandlar, bir veya daha fazla bandın bir araya gelmesinden birleştirilmiş(kompozit) görüntüler elde edilebilmektedir (İslem 2000).

2.2.4. Çözünürlük

Çözünürlük, bilgisayar ekranında gösterilen piksellerin yeryüzünde temsil ettikleri alan ile ilgili algılayıcıların kaydettiği detayların ayırt edilebilirlik ölçüsüdür (Kahya 2005). Mekansal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük olmak üzere dört kısma ayrılır.

Mekansal(konumsal) çözünürlük, bir görüntüde bir pikselin(hücrenin) gerçek dünyada temsil ettiği geometrik büyüklüktür. Mekansal çözünürlük arttıkça nesnelerin yansıma değerlerinin tespit edilmesi kolaylaşmakta, nesnelerin birbirinden ayırt edilebilirliği artmakta ve yorumlama açısından kolaylaşmaktadır. Görüntünün mekansal çözünürlüğüne bağlı olarak örttüğü alan içinde bulunan nesneler, optik görüntülerden elde edilen piksel sayısal değerlerini (Digital Number, DN) oluşturur. Görüntünün çözünürlük özelliğine bağlı olarak nesne veya nesnelerin büyüklükleri, görüntüyü oluşturan piksellerin yansıma değerlerini etkiler (Kurucu 2008). Nesneler, yansıtma özelliğine ve örtme oranına bağlı olarak ortalama yansıtma değerine katılırlar.

Spektral çözünürlük, uzaktan algılama platformundaki algılayıcıların kaydedebileceği elektromanyetik spektrumun dalga boyu aralıklarını ve sayısını ifade etmektedir (Çölkesen 2014). Dalgaboyları, nanometre, mikrometre veya mikron ölçeğinde ifade edilirler (Köse 2006).

Multi spektral görüntüler, genellikle görünür ve kızıl ötesi dalga boylarını ayrı ayrı görüntüleyebilen uydu algılayıcıları tarafından elde edilen görüntülerdir. Multi-spektral görüntülerde ayrıca pankromatik band da bulunabilir. Hiper-spektral görüntüler, onlarca dalga boyu bölgesini bandlar halinde ayrı ayrı içeren görüntülerdir. Süper-spektral, spektral band sayısı olarak multi-spektral ve hiper-spektral arasındaki band sayısına sahip görüntülerdir.

Radyometrik çözünürlük, bir pikselin alabileceği rakamsal değerlerin boyutunu ifade eder ve 2'nin üsleri ile ifade edilir(Köse 2006). Radyometrik çözünürlük, görüntünün her bir pikseli için algılayıcıların parlaklık farklılıklarına olan hassasiyetini belirtmektedir. (Anonim 2001, Çölkesen 2014).

Zamansal çözünürlük, uyduların belirli bir alanı hangi zamansal sıklıkta görüntülediğini ifade eder. Görüntülerin farklı zaman aralıklarıyla elde edilmesi, çok zamanlı uydu görüntülerinin elde edilmesine imkan sağlamaktadır(Usul, 2010).

Günümüzde zamansal çözünürlüğü arttırmak için aynı özellikte uydular seri halinde görev yapmakta ve böylece zamansal çözünürlük arttırılmaktadır.

2.2.5. Optik uydu görüntülerinde görüntü analizi ve ön işlemler

Optik uydu görüntülerinde, algılayıcı ve platformdan kaynaklanan radyometrik ve geometrik bozulmaların ortadan kaldırılması amacıyla bazı düzeltme işlemleri uygulanmaktadır(Thenkabail ve ark. 2016).

Radyometrik düzeltmeler, uydu görüntülerinin algılanması sırasında ortaya çıkan atmosferik etkilerin azaltılması ve uydu görüntüsüne ait piksel parlaklık değerlerinin yersel spektral yansıtma değerleri ile spektral olarak karşılaştırılabilir birime dönüştürülmesi amacıyla uydu görüntülerine uygulanan düzeltme işlemleridir ve genel olarak iki aşamada gerçekleştirilir. İlk olarak piksel parlaklık değerlerini ifade eden sayısal numaralar(Digital Numbers-DN) spektral radyans (parlaklık) değerlerine dönüştürülür. Daha sonra, görüntü üzerindeki piksellere ait spektral radyans değerlerinden spektral yansıma (reflektans) değerlerine dönüşüm işlemi gerçekleştirilir. Radyometrik düzeltme işlemlerinden en önemlisi, atmosferik düzeltmelerdir (Ekercin 2007).

Geometrik düzeltmeler, uydu görüntülerinde, algılayıcı platformun yüksekliği, konumu ve hızındaki değişimler ile atmosferik kırılmadan kaynaklanan geometrik hataların düzeltilmesi ve görüntünün en yüksek geometrik doğruluğa ulaşmasını sağlamaktadır (Ekercin 2007, Reis 2003, Lillesand ve Kiefer, 2000). Geometrik dönüşüm 2 boyutlu veya 3 boyutlu olarak gerçekleştirilebilir. 3 boyutlu dönüşümde SYM kullanılır ve ortorektifikasyon adını alır Ham haldeki görüntünün geometrik olarak düzeltilmesinde görüntüden görüntüye dönüşüm de kullanılan diğer bir yöntemdir. Bu yöntemde daha önce koordinat sistemi tanımlanmış bir görüntü kullanılarak, her iki görüntüdeki ortak noktalar yardımıyla geometrik düzeltme işlemi gerçekleştirilir. Yer kontrol noktaları kullanılarak yapılan geometrik düzeltme işlemi ile ham haldeki uydu görüntüsü, arazide koordinatları bilinen uygun sayıdaki yer kontrol noktaları yardımıyla uygun koordinat sistemine dönüştürülür(Çölkesen 2014).

Geometrik düzeltme yeniden örnekleme de kapsar. Geometrik kayıt işleminden bir sonraki adım yeniden örneklemedir. Geometrik düzeltme işlemi uygulanan görüntülerde orijinal piksel değerleri kullanılarak yeni piksellerin sayısal değerlerinin belirlenmesi işlemine

yeniden örnekleme denir. En çok kullanılan yeniden örnekleme yöntemleri, en yakın komşuluk, bilineer enterpolasyon ve kübik katlama yöntemleridir (Un 2006, Reis 2003, Çölkesen 2014).

Görüntü Dönüşümleri

Görüntü dönüşümlerinde amaç, bir görüntüdeki özellikler arasında ayırt edilebilirliği arttırmak, dolayısıyla görsel yorumlamayı kolaylaştırmaktır. Bu amaçla kontrast iyileştirme, filtreleme ve çok bandlı görüntülerin zenginleştirilmesi gibi teknikler kullanılmaktadır.

Kontrast, bir görüntüde açık ve koyu tonlar arasındaki farklılığın miktarını ifade eden bir kavramdır (Çakal ve ark. 2002). Dünya yüzeyindeki farklı nesnelerin belli bir dalga boyu bölgesinde yansıttıkları enerjinin büyüklüğünün farklı olması, uydu görüntüsünde bu iki nesne arasında kontrast farkının bulunduğu anlamına gelir (Anonim 2019l).

Filtreleme işlemi, çeşitli matematiksel eşitlikler kullanılarak görüntüdeki gürültü etkisinin azaltılması, böylece görüntüdeki cisimlerin ayırtedilebilirliğinin artırılmasıdır (Musaoğlu 1999). Kahya (2005), Lillesand ve Kiefer (2000) e göre filtreleme, orijinal görüntüdeki piksel değerlerini komşu piksellerin gri ton değerlerini temel alarak değiştiren yerel bir işlemdir.

Çok bandlı görüntülerin zenginleştirilmesi, band oranlama yöntemleri ve temel bileşenler analizi olarak sınıflandırılmaktadır (Kahya 2005).

Musaoğlu (1999), uydu görüntülerinin farklı bandları arasında farklı kombinasyonlar ve bu kombinasyonların birbirine oranlanmasıyla bitki indekslerinin elde edildiğini bildirmektedir. Band oranlama ile elde edilen görüntülerde farklı bandlardaki dolayısıyla farklı dalgaboylarındaki spektral yansıtma eğrilerindeki eğim değişiminin belirgin duruma getirilmesi ve görüntüde ayırt edilebilirliğin artırılması söz konusudur.

Campbell ve Wynne (2011), vejetasyon indekslerinin, bitki canlılığının belirlenmesinde kullanılan niceliksel ölçümler olduğunu bildirmektedir. Uydu görüntüsündeki bir pikseldeki bitki canlılığını veya bitki örtüsü miktarını ifade edebilecek tek bir değer hesaplanmasında, farklı bandlardan elde edilen piksel değerlerinin yani farklı dalga boylarındaki spektral yansıma değerlerinin toplanması, çıkarılması, çarpılması veya

oranlanması gibi matematiksel dönüşümler yardımıyla vejetasyon indeksleri hesaplanmaktadır (Çölkesen 2014).

Band oranlaması ile elde edilen indekslere örnek olması açısından, uzaktan algılama uygulamalarında en çok kullanılan vejetasyon indeksi, normalleştirilmiş bitki farklılık indeksidir (NDVI) (Richards 2013). NDVI için temel eşitlik, kızılötesi (NIR) ve kırmızı (Red) bandın kombinasyonu şeklinde (2.5)'de gösterilmiştir.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2.1)$$

2.2.6. Optik uydu görüntülerinde bitkilerin yansıtma özellikleri

Bitkiler, yeryüzündeki nesneler ile algılayıcılar arasında görüntünün kalitesini olumsuz yönde etkileyecek nesnelerin yer almaması ve kendilerine özgü yansıma karakteristikleri göstermeleri dolayısıyla uzaktan algılama yöntemleri ile kolayca tanınmakta ve haritalanmaktadır(Anonim 2017a).

Uzaktan algılama sistemleri, uydu görüntülerinin sahip olduğu bandların dalga boyu özelliklerine göre yüzeyindeki cisimlerden yansıyan ve yayılan enerji miktarlarını kaydetmektedir. Yeryüzü üzerindeki nesnelerin farklı spektral özelliklere sahip olması, uzaktan algılama teknolojileri ile ayırt edilebilmelerinin en önemli nedenidir (Şekil 2.30) Her cismin kendine özgü yansıma, yayılma(enerji salma-emissive) özelliği bulunduğundan uzaktan algılamada kullanılan algılayıcılar, elektromanyetik spektrumun 0.3–15 µm aralığındaki farklı dalga boyu bölgelerinde cisimlerden yansıyan veya yayılan enerjiyi kaydederler (Kurucu 2008).

Bitkiler, elektromanyetik spektrumun VIS bölgesi dışında kalan NIR bölgesinde elektromanyetik enerjiyi neredeyse hiç kullanmadan yansıtırlar ve bu özellikleri nedeniyle bitkiler, uydu görüntülerinde toprak, su, jeolojik yapılar vb. diğer nesnelerden kolaylıkla ayırt edilebilirler. Bitkilerin yansıma özelliğini etkileyen faktörler, bitki yapraklarının yeryüzündeki konumları yani toprağa dik ya da paralel olma durumları, bitkinin boyutları, yaprak şekilleri, hücre şekilleri, bitkideki su miktarı, toprağı örtme oranlarıdır ve bu faktörler, her bitki için bitkiye özgü spektral özelliğini oluşturur. Bu veriler değerlendirilerek bitkiler kendi içinde ayrıca sınıflandırılabilirler (Kaya 2010, Kurucu ve ark. 2008).

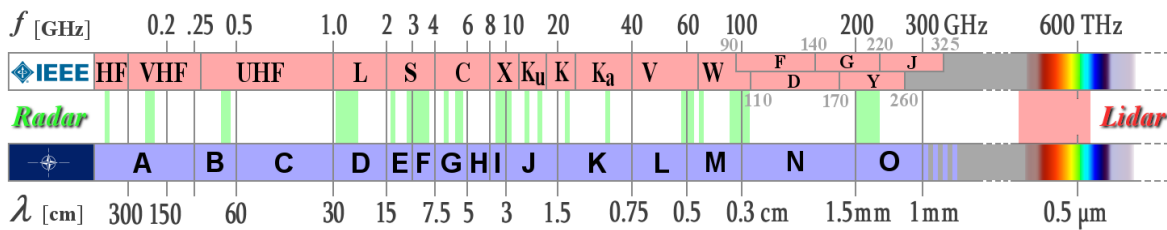
Yapraklarda klorofil pigmenti, kırmızı ve mavi dalga boylarındaki radyasyonu kuvvetle soğurur, ancak yeşil dalga boylarını yansıtır. Yapraklar, klorofil içeriği en yüksek olduğu zaman bize "en yeşil" görünür. Bu nedenle sağlıklı yapraklar kızılötesi dalga boylarında parlak olarak görünür. Yapraklarda daha az klorofil bulunduğu daha az soğurum ve kırmızı dalga boylarında daha fazla yansıma olmaktadır, bu da yaprakların kırmızı veya sarı renkte görünmesini sağlar(Esetlili 2008). Bu nedenle yakın kızılötesi dalga boylarında yansımayı ölçmek ve izlemek, bitki örtüsünün sağlıklı (veya sağlıklı) olduğunu belirlemenin bir yoludur (Esetlili 2008). Yine yer yüzeyine paralel duran cisimler, gelen enerjiyi dik duranlara oranla daha şiddetli yansıtır.

Optik uydu görüntülerinde piksel ortalama yansıma değerini etkileyen faktörler incelendiğinde, öncelikle bitki örtüsünün toprağı örtme oranının dikkate alınması gerektiği bildirilmektedir (Esetlili, 2008).

2.2.7. Aktif sistemler ve radar-sentetik açıklıklı radar(SAR) uydu görüntüleri

Aktif sistemler kendi ürettikleri elektromanyetik dalga sinyallerini hedefe yollar ve hedeften geri saçılan enerjiyi algırlar (Kurucu 2008). Aktif algılama sistemleri gece ve gündüz, her türlü hava koşulunda çalışabilmektedirler. Bu sistemler görüntü kaydeden ve etmeyenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır, görüntü kaydedebilen aktif mikrodalga algılayıcı olarak en çok bilinen sistemler, Radar'lardır (Esetlili 2008). Radar kelimesi, RAdio Detection And Ranging kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur (Engdahl 2013, Köse 2006).

Uzaktan algılamada kullanılan en uzun dalga boyu mikrodalga bölgesinde yer almaktadır ve Radar bu bölgede 1 mm ile 1 m dalga boyları arasında değerler alır (Şekil 2.5) (Abdikan 2007).



Şekil 2.5. Elektromanyetik spektrumda radar bölgeleri, frekans ve dalgaboyları (Anonim 2016e)

Radar görüntüleri, elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesinde kaydedilir. Aktif sistemler olması nedeniyle hedefe gönderilen elektromanyetik enerjinin güç, frekans ve polarizasyon gibi özellikleri çalışma amacına uygun olarak ayarlanabilmektedir. Atmosferik koşullardan etkilenmedikleri için yüksek radyometrik ve mekansal çözünürlük sağlanabilir, hareketli hedeflerin izlenmesinde ve görüntülenmesinde kullanılabilir. Sistemin dalga boyuna bağlı olarak yeryüzündeki nesnelere, bitki örtüsüne ve toprağa penetre olabilme özelliği taşır. Ayrıca zemin yüzeyinde kullanılan GPR(GroundPenetration Radar) kullanılarak toprak profili görüntülenebilir (Anonim 2016f). Ancak, radar sistemlerinin pahalı ve karmaşık sistemler olması, algılanan görüntülerin geometrik hataları, görüntülerdeki benek-gürültü etkisi ile optik sistemlerden çok farklı ve işlenmesi ve değerlendirilmesi güçtür(Esetlili 2008)..

Optik sistemlerle karşılaştırıldığında Radar görüntüleme sisteminin üstünlükleri şu şekilde sıralanmaktadır (Podest 2017, Köse 2006):

-Radar görüntüleme sistemleri aktif sistemlerdir, yeryüzeyine kendi ürettikleri enerjiyi göndererek algılama yaptıklarından dolayı güneş ışığından bağımsız olarak, her türlü hava şartlarında yeryüzünü görüntüleyebilmektedir.

-Yeryüzünde deniz ve kara ortamlarındaki morfolojik değişimleri çok hassas algılayabilmektedir.

-Yüzey pürüzlülüğüne duyarlıdır.

-Dielektrik özelliklere duyarlı olduğundan nesnelerin su içeriği, biyokütle ve buzul çalışmalarında kullanılabilir.

-Su yüzeylerini ve bağıl nemi hassas bir şekilde algılayabilmektedir.

-Toprağın nem ve yoğunluğuna bağlı olarak yeraltı özellikleri ile ilgili bilgiler elde edilebilir.

-Faz bilgisi kullanılarak hassas mesafe ölçümleri yapılabilir.

-Bir yüzey altındaki nesnelere ait veri elde edilebilir, örneğin tamamıyla bitki örtüsü altında kalan toprağın veya toprak yüzeyinin altından geri saçılma verisi elde edilebilir.

Dezavantajları ise,

- Radar görüntülerinde karmaşık etkileşimler (anlama güçlüğü, karmaşık işlemler)
- Benek lekeleri efektleri (görsel yorumlamada güçlük)

- Topografik etkilerden kaynaklanan görüntüleme hataları
- Yüzey pürüzlülüğünün etkisi

Radar görüntüsü, yer yüzeyine gönderilen elektromanyetik enerji ile alıcıya geri dönen elektromanyetik enerji arasındaki oran hesaplanarak oluşturulur (Sekil 2.5). Uydu, kendi ürettiği dalga boyundaki enerjiyi yeryüzüne gönderir ve geri saçılan enerji bir anten aracılığı ile algılanır ve sayısal olarak kaydedilir. Algılayıcıya geri dönen enerjiye geri saçılma (**backscatter**) denir (Kurucu 2009, Abdikan 2007, Balık 2004). Nesneleri birbirinden ayırt edebilmek için geri saçılma (scattering) miktarı ölçülürken, aynı zamanda yollanan ve dönen sinyal arasındaki zaman farkı da hedef ile uydu arasındaki mesafeyi belirlemek için kullanılabilir (Kurucu ve ark. 2008).

2.2.8. Radar parametreleri

Aktif uzaktan algılamada kullanılan farklı dalga boyundaki enerjilere nesneler farklı tepki gösterirler. SAR, yansıma sinyalinin gücünü ölçer ve bu sayede görüntüdeki her resim ögesinin (piksel) parlaklığı belirlenir. Bir yüzey veya nesneden geri saçılmanın az olması, piksel değerinin küçük olmasına, dolayısıyla siyaha yakın koyu bir rengin oluşmasına, geri saçılmanın yüksek olması ise piksel değerinin büyük olmasına ve dolayısıyla da piksel renginin beyaza yakın bir renkte görünmesine neden olur (Uşul 2010).

Geri saçılan enerjinin büyüklüğü ya da başka bir deyişle yoğunluğu, enerjinin nesne yüzeyi ile etkileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bu etkileşim, radar sistem parametreleri ve hedef parametrelerine bağlıdır. Bu parametrelerin bir çoğunun birbiri ile ilişkili olması nedeniyle, radar görüntülerinde her birinin etkisini tek tek belirleyebilmek çok güçtür. Bu parametreler, iki grupta incelenmektedir;

- Sistem parametreleri (frekans, polarizasyon ve yansıyan sinyallerin gelme açısı)
- Hedef parametreleri (yüzey pürüzlülük oranı, geometrik Şekil ve nemlilik)

Sistem Parametreleri:

a. Frekans

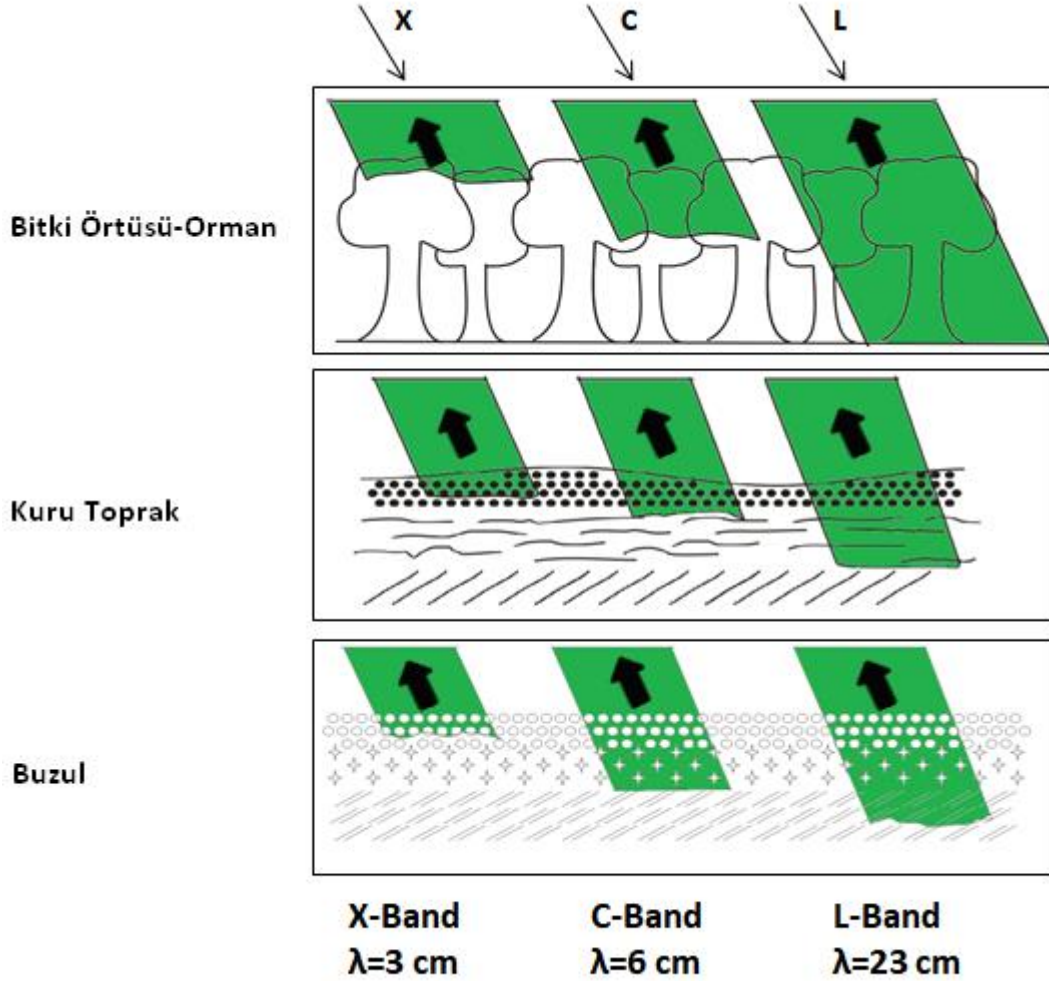
Radarın mikrodalga frekansı, bir nesne yüzeyinin altına inilebilecek derinliğin anlaşılmasında ve yüzey pürüzlülüğünün mutlak (bağıl) olarak ölçülendirilmesinde kullanılır. Bir nesne yüzeyinden geçerek nesne yüzeyinin altına ulaşan elektromanyetik dalganın ulaşabileceği derinlik, dalga boyunun artması ile doğru orantılıdır (Köse, 2006). Aktif uzaktan algılamada kullanılan bandlar ve bu bandlara ait frekans ve dalga boyları, **Çizelge 2.3**'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. IEEE standartlarına göre SAR bandları ve özellikleri (Anonim 2016f)

Bandlar	Frekans(GHZ)	Dalga boyu(cm)
HF	0.003 - 0.030	10000 - 1000
VHF	0.030 - 0.300	1000 - 100
UHF	0.300 - 1	100 - 30.0
L band	1 - 2	30.0 - 15.0
S band	2 - 4	15 - 7.5
C band	4 - 8	7.5 - 3.8
X band	8 - 12	3.8 - 2.5
Ku band	12 - 18	2.5 - 1.7
K band	18 - 27	1.7 - 1.1
Ka band	27 - 40	1.1 - 0.75
V band	40 - 75	0.75 - 0.40
W band	75 - 110	0.40 - 0.27
mm veya G	110 - 300	0.27 - 0.10

Radar bandlarının farklı dalga boyları, elektromanyetik dalgaların nesneyi geçme-nüfuz etme özelliğini(penetration) değiştirir. Tarla bitkileri ile kaplı bir alanda uzun dalga boyuna sahip L bandı, bitki yapraklarını geçerek yere kadar etki edebilir ancak kısa dalga boyuna sahip X bandı ise yapraklardan geri döner. Meyve ağaçları ve ormanlık bir alanda ise, X bandı ($\lambda = 2.5-3.8$ cm) kullanılması durumunda, sinyaller, ağaçların üst kısmındaki yaprak yüzeylerinden geri saçılır. Böylece ağaçların en üst kısmındaki yapraklar hakkında veri elde edilebilir. C bandı ($\lambda = 3.8-7.5$ cm), nesnelerin yüzeye yakın bölgelerine ulaşabilmektedir. L bandı ($\lambda = 15-30$ cm) kullanıldığında ise sinyaller, gövde kısmındaki yapraklara ve küçük dallardan geri saçılacaktır. Bu durumda da ağacın dalları ve yaprakları hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Bu durum **Şekil 2.6**'da gösterilmiştir. Böylece farklı frekans ve dalga boyundaki radar bandları, farklı nesnelere ait bilgilerin üretilmesinde kullanılsa da su ve nem oranı dikkate alınmak zorundadır, çünkü mikrodalgalar su ve ıslak yüzeylerde birkaç

milimetreden fazla derinliğe geçemezler(Durna 2014, Köse, 2006, Esetlili 2008, Abdikan 2006).



Şekil 2.6. X, C ve L Band Penetrasyonu (Anonim, 2019e)

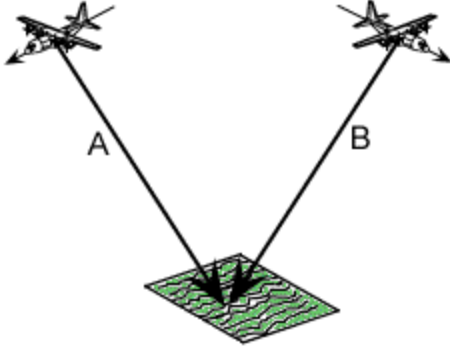
b. Polarizasyon

Polarizasyon, elektromanyetik dalganın elektrik alan vektör yönünü belirten bir kavramdır ve elektrik alanın vektör yönü yatay(horizontal, H) ya da dikey(vertical, V) olabilir (Irak, 2009). Sistem tasarımında yatay ve düşey polarizasyonların birlikte kullanıldığı HV, HH, VH ve VV şeklinde kombinasyonlar mümkündür.

c. Bakış Yönü

Radarın bakış yönü, radar ışınlamının yer yüzeyinin doğrusal özelliklerine göre yönünü belirlemektedir. Özellikle görüntülenen nesneler tarım arazileri, dağlar gibi doğrusal

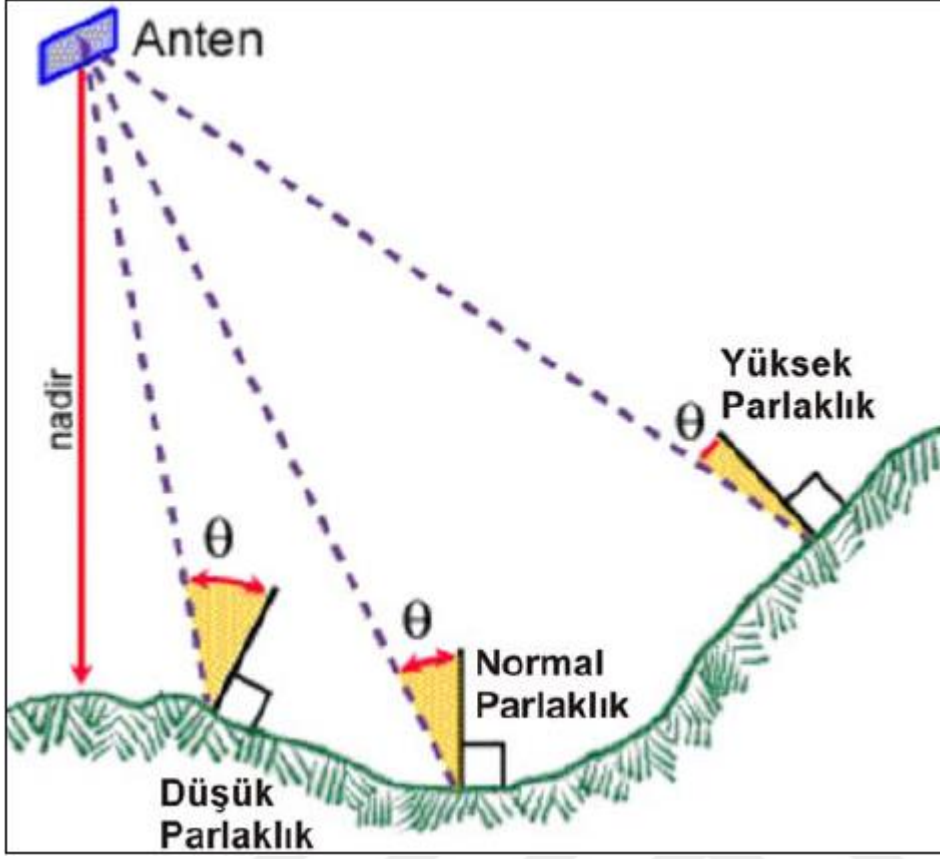
özellikle, bakış açısı bir radar görüntüsünde nesnenin görünümünü etkileyen önemli bir özelliktir. Aynı bölgenin farklı bakış açıları ile görüntülenmesi ile nesnenin özellikleri hakkında farklı bilgilerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir (Şekil 2.7) (Esetlili 2008, Kurucu 2008).



Şekil 2.7. Bakış yönü veya alım açısı (Anonim, 2017b)

d. Geliş Açısı

Algılayıcı tarafından gönderilen ışın demetinin geliş açısı, görüntüdeki nesnelerin analizini etkileyen önemli bir etkidir. Geliş açısı (incidence angle), radar ışını ile alım anındaki nesne yüzeyinin eğimine dik olan çizgi arasındaki açıdır (Şekil 2.8). Geliş açısının artması geri saçılmaların azalmasına dolayısıyla daha koyu gri tonların elde edilmesine, geliş açısının düşmesi geri saçılmaların artmasına ve dolayısıyla daha açık tonda gri değer elde edilmesine neden olmaktadır (Köse 2006, Kurucu 2008, Esetlili 2008).



Şekil 2.8. Geliş açısı ve lokal geliş açısı (Anonim, 2017b)

Şekil 2.8 den de görülebileceği üzere düzlem yüzeylerde bölgesel geliş açısı radardan gönderilen elektromanyetik dalgaların geliş açısı(θ) ile aynıdır. Yükseklik farklarının olduğu yüzeylerde bu durum söz konusu değildir. Genellikle radara doğru bakan eğimli yüzeylerde bölgesel alım açısı küçük olacağından geri saçılım yüksektir, bu da görüntüde bu yüzeylerin daha parlak görünmesine sebep olmaktadır(Esetlili 2008, Kurucu 2008).

Hedef parametreleri:

a.Pürüzlülük etkisi ve yüzeyin geometrik yapısı

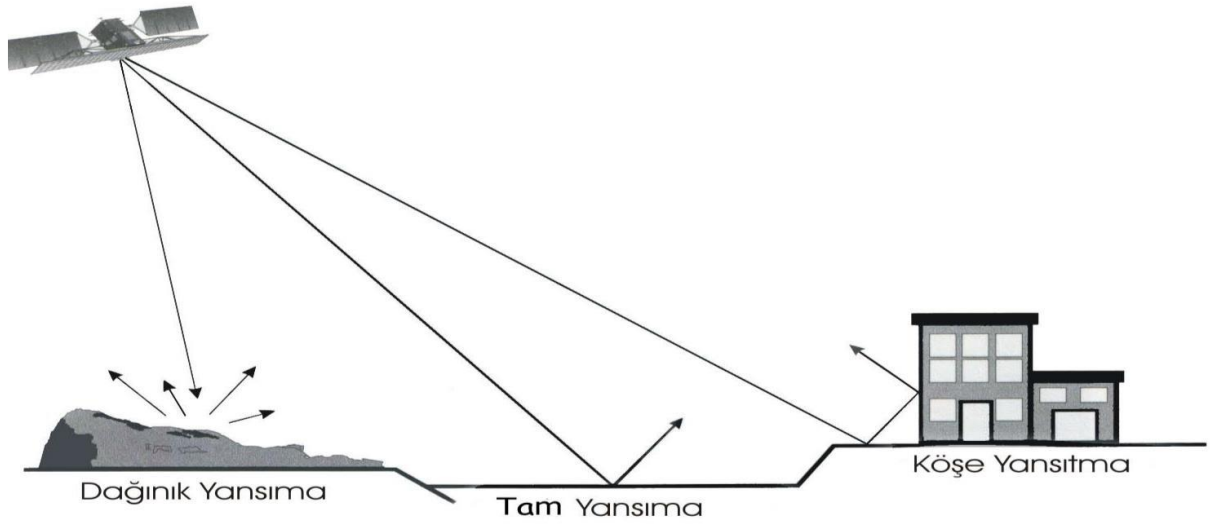
Yüzey pürüzlülüğü, mikrodalga enerjisinin yer yüzeyi ile etkileşimini belirleyen bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü nesnenin düzlemden olan yükseklik farklılıkları anlamına gelmekte ve cm boyutunda ölçülmektedir. Bir yüzeyin pürüzlü olarak ölçülmesi, radarın dalga boyuna ve alım açısına bağlı olarak değişmektedir (Esetlili 2008, Kurucu 2008)..

Yüzeye ait yükseklik değişiklikleri radar dalga boyundan küçük ise pürüzsüz (smooth) yüzey olarak algılanırken, yükseklik değişiklikleri dalga boyuna ulaştığında yüzey pürüzlü

olarak algılanmaktadır. Böylece aynı yüzey, sistemin dalga boyu kısaltıldıkça pürüzsüz olarak görünürken, dalga boyu uzadıkça pürüzlü olarak görünecektir. Pürüzsüz yüzeyler, gelen enerjiyi saçılmadan yansıtırlar ve gönderilen enerjinin ancak küçük bir miktarı algılayıcıya geri dönebilmektedir. Pürüzlü yüzeyler ise, gelen enerjiyi bütün yönlerde hemen hemen eşit miktarda saçarlar ve saçılan enerjinin büyük bir kısmı radar sistemlerince kaydedilebilir; saçılan enerji piksel değerini arttırdığından açık tonlarda görünürler. Pürüzlü yüzeyler radar görüntülerinde daha açık tonlarda görünürler. Alım açısı ve dalga boyu yüzeyin pürüzlü olarak algılanmasında önemli bir rol oynar. Herhangi bir yüzey ya da dalga boyu için alım açısı büyüdükçe yüzey daha pürüzsüz gözükecektir. Bu nedenle yakın görüntüleme noktasından uzak görüntüleme noktasına doğru ilerledikçe, algılayıcıya dönen enerji azalacak ve görüntünün gri ton değeri koyulaşacaktır(Köse 2006).

Karasal yüzeylerdeki karakteristik şekil ve geometrik farklılıklar, yüzey pürüzlülüğünü arttırdığından yüzeylerden geri saçılan sinyallerin sayısı ve kuvveti ile birlikte parlaklık derecesi de yüksek değerlerde algılanır. Radara doğru eğik olan yüzeylerde, yansıma daha fazladır ve radar görüntüsünde daha parlak görünürler. Radar tarafından aydınlatılmamış alanlar (dağın arka yamacı) gölgede kalırlar ve koyu görünürler (Köse 2006).

Yüzey geri saçılması, gönderilen elektromanyetik enerjinin dalgaboyu ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiye göre açıklanır ve bunlar Rayleigh ölçütü veya Fraunhofer ölçütü olarak adlandırılır (**Şekil 2.9**)(Abdikan 2007). Saçılım oranı, geliş açısı ve saçılım açısının bir fonksiyonudur. Ancak uzaktan algılamada saçılım açısı ile geliş açısı aynıdır çünkü radar sistemlerinde alıcı anten ile elektromanyetik enerjiyi enerji gönderen anten aynı yerdedir. Bu nedenle uzaktan algılamada geri saçılım değerleri ele alınır (Gabriel,1996).

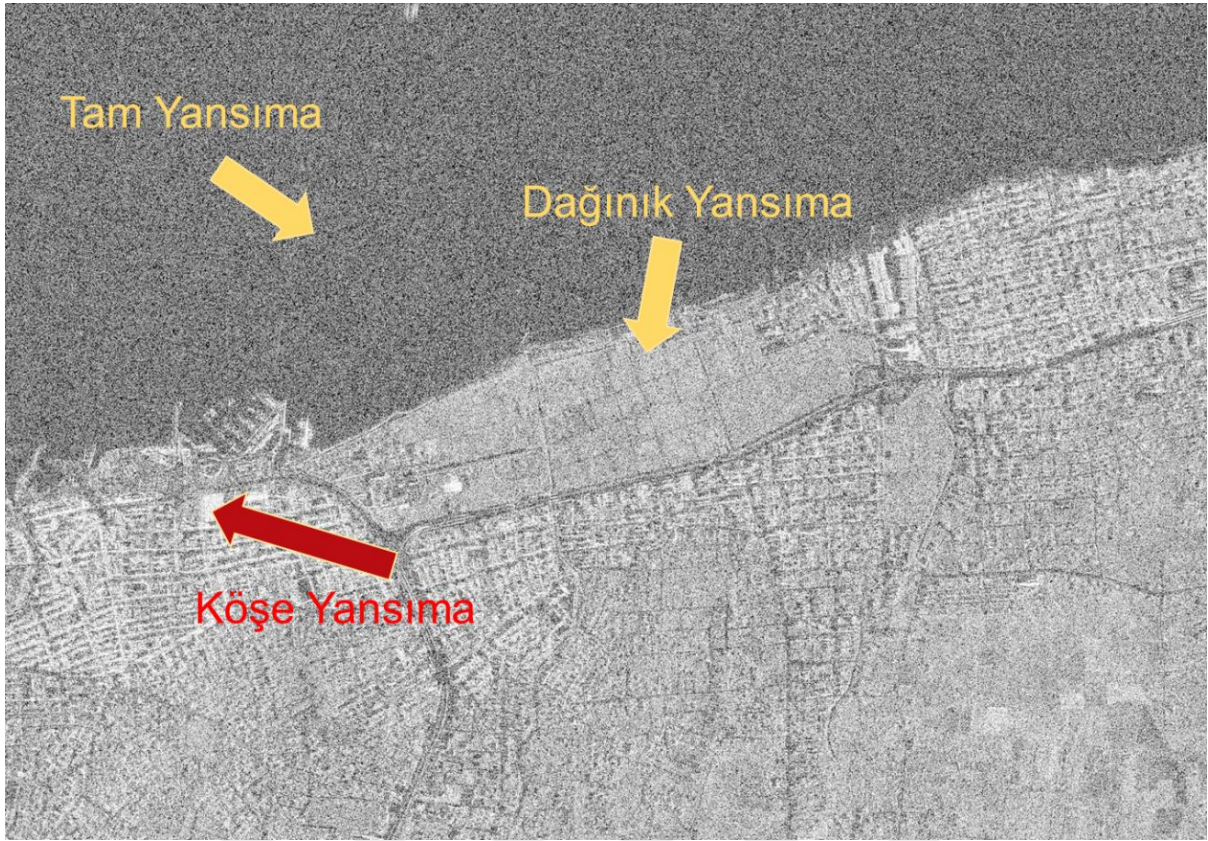


Şekil 2.9. Farklı yer yüzeyi özelliklerine göre geri saçılma (Anonim 2017b).

Tam yansıtma, yollar veya su gibi düz yüzeylerde görülmekte olan, aynasal yansıtma olarak da adlandırılan geri saçılma değildir. Elektromanyetik dalgaların çok az miktarı algılayıcıya geri dönmektedir. Bu nedenle düşük piksel değerlerine sahip olduğundan görüntüde koyu-siyah renkte görünmektedir(Kurucu 2008).

Birbirine dik birden fazla yüzeyi olan nesneler, elektromanyetik dalgalarda köşe yansımalarına sebep olabilir ve bu yüzeyler iki kere yansımadan dolayı elektromanyetik dalgaların büyük bir kısmının geri saçılmasına neden olur. Köşe yansımaları genellikle yerleşim alanlarında, binalar, yollar, köprüler ve diğer insan yapımı nesnelerde görülmektedir. Doğal alanlarda oluşan köşe yansımaları ise kayalık, uçurum gibi yüzeylerde ya da bölgelerde söz konusu olmaktadır. Her durumda köşe yansımaları nesnelerin çok parlak gözükmesine neden olur(Esetlili 2008, Kurucu 2008).

Tam ve köşe yansıtma yapan yüzeyler dışındaki yüzeyler, dağınık yansıtma yapan yüzeylerdir. Ormanlık alanlar, bitki örtüsü ile kaplı alanlar, sürülmüş tarım alanları dağınık yansıtma görülmektedir (**Şekil 2.10**). Görüntüdeki her bir farklı gri ton, doku (texture) ve desen (pattern) özellikleri ile birlikte yorumlanarak tarım alanlarından birçok konuda bilgi elde edilmesi mümkün olmaktadır (Esetlili 2008, Kurucu 2008).



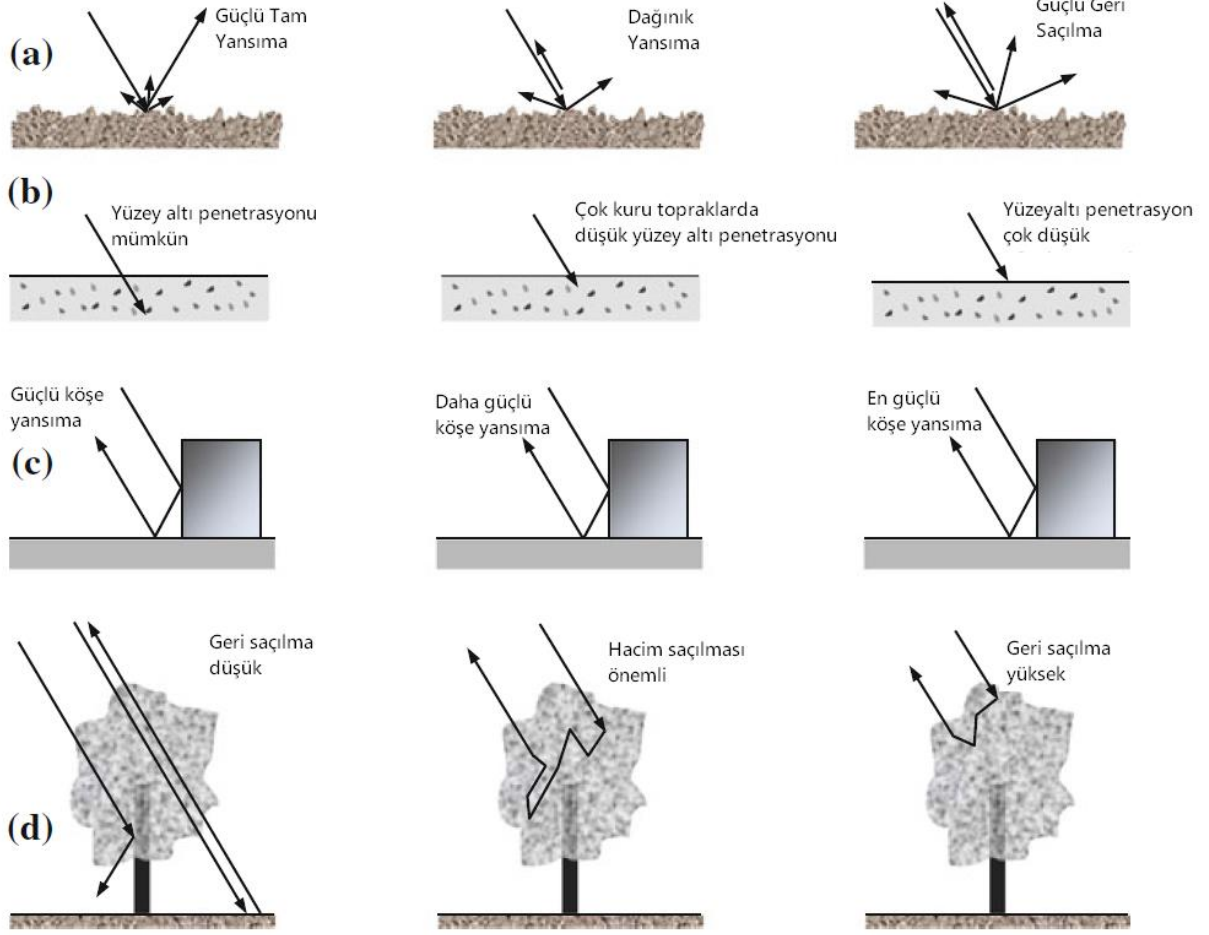
Şekil 2.10. SAR görüntüsünde köşe, tam yansima ve dağınık yansima, Yalova Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü üretim alanları ve kent alanına ait Kompsat-5 X Band HV görüntüsü

Radar enerjisi, dalga boyuna bağılı olarak bir yüzeyi geçip ilerlediğinde hacim saçılması (volume scattering) gerçekleşir (**Şekil 2.11**). Hacim saçılması belli bir hacimdeki yüzeylerden yada ortamdan olan saçılma ve saçılma olan yüzeylerin farklı bileşenlerinden aynı anda gerçekleşen yansımalar topluluğudur. Örneğin ağaçlarda saçılma en tepede bitki örtüsünün yapraklarından, derinlerde yaprak ve dallarından, daha derinlerde ise ağaç gövdesi ve topraktan olan yansımadır. Hacim saçılması geri saçılan enerjinin miktarına bağılı olarak görüntünün gri ton değerinin artmasına da azalmasına da neden olabilir. En çok ağaçlar, yapraklar, toprak katmanları, kar örtüleri gibi nesnelerde görülür (Esetlili 2008, Kurucu 2008, Köse 2006).

Uzun Dalga Boyları (P, L)

Orta Dalga Boyları (S, C)

Kısa Dalga Boyları (X, K)

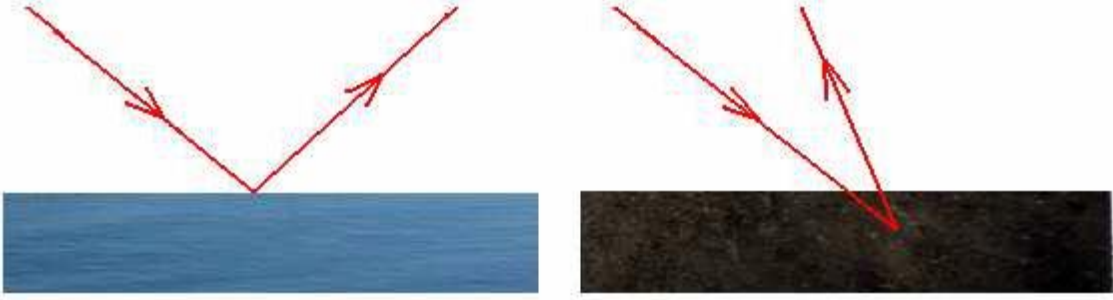


Şekil 2.11. Farklı bandlarda geri yansımalar (Richards 2013)

b. Nemlilik etkisi

Nem miktarı, nesnelerin di-elektrik özelliklerini etkilediğinden nesnelerin gelen elektromanyetik enerjiyi soğurma, geçirme ve geri saçılmalarını da etkilemektedir. Genellikle geri saçılma (görüntünün parlaklığı) nesnenin nem miktarı arttıkça artmaktadır. Örneğin, toprak ve bitki örtüsü gibi yüzeyler ıslak(nemli) olduklarında kuru olduklarından daha parlak görünürler. Artan nem içeriği ile penetrasyon azalmakta, dolayısıyla geri saçılma daha yüksek olmaktadır(Koppe 2013). Ancak deniz ve göl yüzeyleri bu durumun dışındadır. Çünkü bu bölgeler sadece sudan oluşurlar ve sinyaller bu bölgelerde düzgün yansımaya yaparlar. Şekil 2.12’de radar sinyallerin su ve toprak ortamında yansımaları gösterilmiştir(Köse 2006).

Esetlili (2008), nesnelerin nem oranı arttıkça nesne yüzeylerinden geri saçılmanın daha fazla olduğunu, yansıma şekli ve büyüklüğünün, nesnenin radara pürüzlü bir yüzey olarak gözükme derecesine bağlı olarak değişmekte olduğunu bildirmektedir. Nesneler kuru olduğunda yüzey pürüzsüz gözükmemektedir ve bitki örtüsü, orman örtüsü gibi fazla geri saçılmaya neden olan ya da toprak, kum ve buz gibi homojen bir yüzey olmasından bağımsız olarak radar enerjisi yüzeyden derinliklere kadar ilerleyebilmektedir. Bu durumda herhangi bir yüzey için uzun dalga boyları, kısa dalga boylarından daha fazla penetre olabilmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Neme bağlı olarak radar sinyallerinin su ve toprak ortamında yansıması

2.2.9. SAR görüntüsünün özellikleri

Yeryüzündeki bir nesne veya yüzeyden geri yansımalar, radar görüntüsünde pikseller olarak kaydedilmektedir. Görüntüdeki piksellerin değerinin yüksek olması, geri saçılmanın yüksek olduğu, dolayısıyla pikselin parlaklık değerinin yüksek olduğu anlamına gelir. Tersine, geri saçılmanın az olması, piksel değerinin küçük olmasına ve dolayısıyla pikselin koyu olduğu anlamına gelir. Düşük enerjili geri yansımalar, görüntüde koyu, yüksek enerjili geri yansımalar açık olarak görüntülenmektedir (Köse, 2006).

2.2.9.1. Benek Etkisi

Radar görüntülerinde aynı fiziksel, kimyasal özelliklerde bir yüzeyden geri yansıyan sinyallerin kuvvetinde oluşabilen farklar nedeniyle görüntüde çok parlak veya çok koyu piksel değerlerinin oluşması, benek etkisi olarak tanımlanmaktadır. Bunun nedeni, elde edilen ham verinin kompleks olması (yani genliği ve fazının olması) ve bu verinin eş evreli (yani ham verideki faz bilgisinin korunması) olarak işlenmesidir. Benek etkisi, radar görüntülerinin

analizini veya sınıflandırma uygulamalarında kullanımını zorlaştırmaktadır (Saygılı 2008, Koppe 2013, Demirel 2002, Köse 2013).

Radar görüntülerinde benek etkisini en aza indirmek veya tamamen yok etmek için çok bakışlı(multi-looking) görüntü işleme yöntemi ve filtreleme teknikleri kullanılır. Çok bakışlı görüntü işleme yönteminde, her bir piksel için, bakış sayısı kadar elde edilen gri değerlerin ortalamaları alınır ve elde edilen yeni değer kullanılmak suretiyle görüntü elde edilir. Ancak çoklu bakış işlemi uygulanan görüntülerin mekansal çözünürlükleri de düşer. Filtreleme ise, birkaç pikselden oluşan bir çerçevenin görüntüdeki her piksel üzerinde gezdirilerek, çerçeve altındaki pikseller üzerinde matematiksel işlemlerle merkez pikselin değerinin elde edilmesidir (Saygılı 2008).

2.2.10. Radar Eşitliği, Radar Kesit Alanı ve Geri Saçılma Katsayısı

Radar anteninden gönderilen sinyalin nesneden geri saçılmasını güç cinsinden ifade etmek gerekirse, nesneden geri yansıyan güç;

$$P_s = \frac{P_i G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R_s^4} \quad (2.7)$$

Anten Alanı;

$$A = \frac{G \lambda^2}{4\pi} \quad (2.8)$$

ise nesneden geri yansıyan güç,

$$P_s = \frac{P_i A^2 \sigma}{(4\pi) \lambda^2 R_s^4} \quad (2.9)$$

Burada G = Anten kazancı, A =Anten Alanı, σ = Yansıtma Yüzey Alanı, Görünen yüzey (m^2), R_s = Mesafe (radar-nesne arasındaki uzaklık), P_s : Nesneden Geri Yansıyan Güç, P_i =Radardan Nesneye gönderilen gücü ifade etmektedir.

Geri saçılım katsayısı (backscattering coefficient), farklı kaynaklarda Geri Saçılma Yoğunluğu, Normalleştirilmiş Radar Kesit Alanı olarak da ifade edilmektedir.

SAR, geometrik polarizasyonun fonksiyonu olarak nesneden geri saçılım sinyalini ölçmektedir, yansıtma yüzey alanı(radar cross-section) ise;

$$\sigma = 4\pi R_s^2 \frac{P_s}{P_i} \quad (2.10)$$

σ = Yansıtma Yüzey Alanı, Görünen yüzey(m²)

R_s = Mesafe(radar-nesne arasındaki uzaklık)

P_s : Nesneden Geri Yansıyan Güç

P_i =Radardan Nesneye gönderilen güç

Dağınık nesneler için her bir çözünürlük hücresi pek çok saçıcı içerir ve faz konuma bağlı olarak çeşitlilik gösterir(Abdikan, 2016), Geri saçılma katsayısı(σ^0),

$$\sigma^0 = \frac{4\pi R_s^2 P_s}{\Delta A P_i} \quad (2.11)$$

σ^0 = (m²/m²) birimi ile geri saçılma katsayısı,

ΔA = Fazın sabit olduğu varsayıldığında aydınlatılan yüzey alanı

Radar görüntüleri, genlik ve fazdan oluşan kompleks bir görüntüdür, görüntü gerçel(real) ve sanal (imaginary) bileşenlerden oluşan bir vektör ile ifade edilir. Bu vektörün uzunluğu genlik(amplitude) ve yönü ise faz bilgisidir(Köse 2013).

Radar görüntüleri, iki farklı şekilde sunulmaktadır, SLC(single look complex) ve Ground Range Detected.

SLC görüntüler, sinyal işlemeden sonraki ilk seviye görüntülerdir. SLC görüntülerde her bir piksel, gerçel ve sanal bir sayıdan oluşur. a gerçel sayıyı (i), b ise sanal sayıyı (q) ifade etmek üzere, kompleks sayı, a+bi dir.

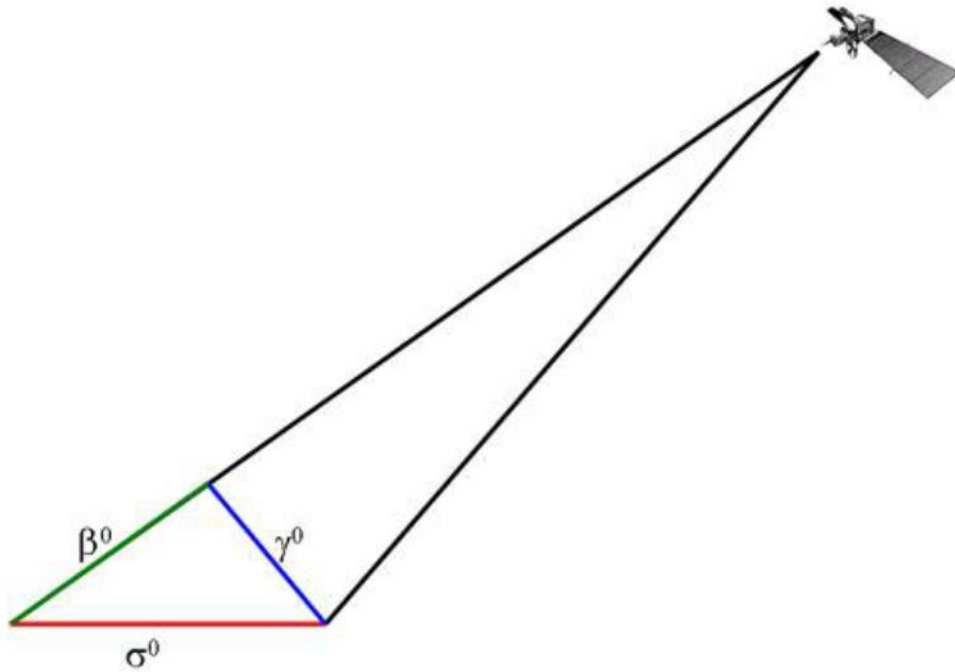
Detected görüntüler, gerçel ve sanal sayının birleştirilmesiyle elde edilen bir sonraki işlem seviyesine karşılık gelmektedir (Oliver 2004, Anonim 2015a). Genlik değeri(A),

$$A = \sqrt{i^2 + q^2} \quad (2.13)$$

Intensity değeri(I), şiddet(power) olarak da ifade edilmektedir; genlik değerinin karesi, yoğunluk(intensity) değerini vermektedir.

$$I = A^2 = i^2 + q^2 \quad (2.12)$$

i ve q değerleri, farklı kalibrasyon modelleri ile betanought (β°), sigmanought(σ°) ya da gammanought (γ°) değerlerine dönüştürülerek farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. Şekil 2.13’de farklı şekillerde izdüşürülerek ifade edilen kalibre edilmiş gerisaçılım değerleri görülmektedir.



Şekil 2.13. Radar Geri Saçılım Değerinin İzdüşüm Değerleri (Esetlili, 2008)

“Betanought” değeri, radar anteninden gönderilen sinyalin gücü ile antene dönen sinyalin gücü arasındaki orandır. Bir başka deyişle, betanought değeri eğik alım durumunda geri saçılım miktarıdır. Bu değerler, geometrik olarak yer yüzeyinin gerçek durumuna henüz iz düşürülmemiş değerlerdir. Gammanought değeri ise anteni kalibre etmek için kullanılan geri saçılım değeridir.

“Sigmanought” değeri, ortalama geri saçılım (backscatter) değerinin alım açısına oranlanması ile elde edilir. Sigmanought değeri aynı zamanda geri saçılma katsayısı olarak da ifade edilmektedir. Sigmanought (σ°) değerinin büyüklüğü hedefin/nesnenin fiziksel ve elektriksel özelliklerine, SAR sisteminin dalga boyu ve polarizasyonuna ve de alım açısına bağlıdır. Alım açısı ise her noktadan yüzeyin lokal eğimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Esetlili 2008).

Radar uydu görüntülerinde çözünürlük kavramı

Radar görüntülerinde çözünürlük kavramı, optik görüntülerden farklıdır. Radar görüntülerinde çözünürlük, range x azimut şeklinde tanımlanır, ek olarak yer örnekleme aralığı da range x azimut şeklinde tanımlanır (Engdahl 2013).

Mekansal çözünürlük, sistemin bitişik hedefleri ayırt edebilme yeteneğinin bir ölçüsüdür, yer örnekleme aralığı ise görüntüdeki bitişik pikseller arasındaki mesafedir. SAR görüntülerinde yer örnekleme aralığı mekansal çözünürlüğe eşit değildir. Genellikle biraz daha büyüktür. Bunun nedeni, radar görüntülerinin yeniden örneklenmesidir.

2.3. Optik Uydu Görüntüleri İle İlgili Çalışmalar

Ban (1996), ürün tanımlama ve üretim alanı tahminlerinin elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi dalga boyu bölgelerinde çalışan uydu algılayıcılar kullanılarak oldukça başarılı bir şekilde yapılabildiğini, ancak büyüme mevsiminin kritik aşamalarındaki bulut örtüsü problemleri nedeniyle veri toplamanın güvenilir olmayabileceğini bildirmektedir.

Neil (1999), bitki örtüsü spektral verilerinin %90'ının kırmızı ve yakın kızılötesi bandlardan elde edilebildiğini, kırmızı kenar(Red Edge) bandlarının su stresi analizlerine odaklanmayı sağladığını, vejetasyon stresininin farklı bileşenleri için NDVI, Azot, Lignin, MSI ve PRI indekslerinin kullanılabileceğini bildirmiştir.

Özelkan (2014), bağların güncel mekansal dağılımlarının uydu görüntüleri ile tespiti, asmanın su stresi ile fotosentez durumlarının yersel hiperspektral uzaktan algılama yöntemleri ile incelenerek elde edilen sonuçların multispektral uydu görüntülerinde uygulanması, asmanın iklim, toprak ve topografik istekleri göz önünde bulundurularak farklı kaynaklardan oluşturularak temin edilen verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi ve bağıcılık için uygun alanların belirlenmesi konusunda çalışmıştır. Çalışmada, yaprak su potansiyeli ölçümleri ile en çok ilişkili bandın kırmızı kenar (red edge) olduğu, 686 nm, R944/R691 ile [R690-R895]/[R690+R895] band oranının önemli derecede ilişkili olduğu ortaya konmuştur.

Çölkesen (2014), yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanarak benzer spektral özelliklere sahip doğal nesnelerin ayırt edilmesine yönelik bir metodolojinin geliştirilmesi konusunda çalışmıştır. Bu çalışmada, spektrometre ölçümleri ile tespit edilen ağaç türlerine ait spektral özellikler belirlenmiş ve ağaç türlerine özgü spektral kütüphaneler oluşturulmuştur. Spektral kütüphaneler yardımıyla bitki türlerinin ayırt edilebildiği en uygun spektral dalga boyu aralıkları analiz edilmiş, WorldView-2 uydu görüntüsü ile birlikte çeşitli vejetasyon indeksleri, temel bileşenler analizi, doku özellikleri ve ton-doygunluk-yoğunluk dönüşümü ile elde edilen bileşenleri içeren yardımcı veriler oluşturulmuştur.

Amany ve ark. (2016), Mısır'da El-Beheira vilayetinde Picual, Manzanillo ve Kalamata çeşidi zeytin ağaçlarında ürün tanımlama ve verim tahmini için optik uydu görüntülerinin kullanımını araştırmışlardır. Ölçümler beş farklı büyüme döneminde yapılmıştır. Bu dönemler; uyku, çiçek açma, meyve bağlama, olgunluk ve hasat olgunluğu dönemleridir. Her dönemde tüm çeşitlerin spektral yansıma desenleri belirlenmiştir. Her çeşit için beş büyüme aşamasında normalleştirilmiş farklılık bitki indeksi (NDVI), modifiye klorofil emilim indeksi (MCARI), üçgen vejetasyon indeksi (TVI), modifiye klorofil emilim indeksi-1 (MCARI-1), modifiye klorofil absorpsiyon oranı indeksi-2 (MCARI-2), modifiye üçgen vejetasyon indeksi-2 (MTVI2) ve klorofil indeksi(CI) olmak üzere yedi indeks hesaplanmış ve ürün verim modellemesi için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre zeytin ürün gelişimini izleme ve verim tahminlerinde meyve bağlama ve olgunluk dönemlerinin en uygun dönemler olduğunu belirtmişlerdir. Üç çeşide ait spektral ölçümler, en yüksek spektral yansıma oranının yakın kızıl ötesi spektral bölgede(700-1300 nm) olduğunu göstermiştir.

Kefi ve ark.(2016), Tunus'ta, Landsat 8 görüntülerini kullanılarak sulanan zeytin bahçelerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmada, su stresinin genel bitki sağlığını etkilediğini, NDVI değerinin mekansal dağılımındaki değişimin kuraklığın yoğunluğundan etkilendiğini bildirmektedir. Bu nedenle, sulanan zeytin alanlarının uzaktan algılama ile belirlenmesinin, sürdürülebilir su yönetimi stratejileri ve sulanan alanların izlenmesi için iyi bir çözüm olabileceğini belirtmektedirler.

Noori ve Panda (2016), hassas tarım uygulamaları kapsamında, uzaktan algılama verileri ile sağlıklı zeytin ağaçlarının yaprak alan indeksi, kanopi hacmi, yaprak kuru madde yüzdesi, gövde çapı gibi fizyolojik gelişim özellikleri ile toprak özelliklerini araştırmışlardır.

Araştırma sonucunda bazı indekslerin fizyolojik özellikler ile yüksek bir korelasyona sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ihuoma ve Madramootoo (2017), bitki su stresinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda geleneksel alan ölçümlerine alternatif olarak uzaktan algılanan verilerin kullanımına odaklanıldığını, bunun bitkilerin mekansal ve zamansal değişkenliği hakkında bilgi sağladığını belirtmektedir.

2.4. SAR İle İlgili Çalışmalar

Tarımsal uygulamalarda kullanılan radar uydu görüntülerinde hedef, bitki yüzeyi ve bitki örtüsü altındaki topraktır. Bitki yüzeylerinde temel parametreler, bitki boyu, bitki örtüsü, bitki yoğunluğu, yaprak alanı indeksi (LAI), bitki biyokütlesi ve su içeriği, bitki sıra yönü, fenolojik dönem, bitkinin yüzey yapısı-geometrisi ve yabancı ot istilasısıdır. Genel olarak, X-bandı gibi daha kısa dalga boylarının kullanılması, bitki örtüsü yüzeyinden doğrudan geri saçılma ile sonuçlanır ve yoğun bir bitki örtüsünün iç yapısı ve bitki örtüsü altındaki yüzey hakkında çok az bilgi sağlar. C-bandı, hem mahsul kanopi tabakasının iç yapısına hem de sınırlı bir ölçüde altındaki toprak yüzeyine duyarlılık göstermiştir. L-bandı gibi daha uzun dalga boyları ise, bitki örtüsünün iç kısımlarına ve hatta toprak yüzeyinden geri dönüş sağlama kabiliyetine sahiptir (Ban 1996, Werle, 1992).

Ferrozzoli ve ark. (1992), bitki biyokütlesinin yüksek açılı HV polarizasyonu, toprak neminin ise daha dik açılarla HH polarizasyonu ile elde edilebileceğini, C bandı geri saçılma katsayısı(σ°) ile yaprak alan indeksi(Leaf Area Index-LAI) arasında bir ilişkinin olduğunu, dar yapraklı ürünlerde VV polarizasyonunun biyokütle arttıkça azaldığını, daha büyük yapraklı ürünlerde bunun tam tersi olduğunu belirtmişlerdir.

Bergen ve ark. (1999), Michigan, Wisconsin ve Minnesota yöresi orman örtüsünün biyokütle ve haritalama çalışmalarını SAR görüntüleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. 70 ayrı orman alanı içerisinde 4'er hektarlık test alanları oluşturulmuş, ağaçların türü, yaşı ve yoğunluğu belirlenmiştir. Biyokütle belirleme çalışmalarında radar görüntüsü kullanımı yanında yer çalışmaları ile ağaç türü, çapı ve yükseklik algoritmaları dikkate alınmıştır.

Yapılan araştırmalar, VV polarizasyonunun bitki örtüsü ve yapısı ile, HH polarizasyonunun ise toprak yapısı, przllğ ve nemi ile daha gl etkileşim içinde olduğunu göstermektedir. rn türünün ve arazi kullanım sınıflandırma sonuçlarının arttırılması ve biyofiziksel, jeofiziksel parametrelerin (ormanın biyokütlesi) doğruluğunun belirlenmesinde kullanılan polarizasyon tekniğine ayrıca PolSAR(Polarimetrik SAR) da denilmektedir (Ouarzeddine, 2002).

Esetlili (2008), SAR uydu görüntülerini doğrudan ve Spot-2 optik görüntü ile birleştirerek (fusion) toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenebilirliğini araştırmıştır. Araştırma, Radarsat-1, ENVISAT-ASAR ve SPOT 2 kullanılarak Menemen ovası (İzmir) ve deltasını oluşturan düz araziler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntülerinin alımı ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile toprak örnekleri alınmış ve laboratuvar analizleri ile nem, bünye, organik madde, pH, tuzluluk ve kireç içerikleri belirlenmiştir. zerinde bitki örtüsü olan ve çıplak alanlarda toprak nemi izlenmiştir. Bu veriler ile mikrodalga boyundaki enerjinin geri saçılım ilişkilerini incelemek için SAR görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmıştır. Toprak yüzeyini örten buğday ve diğer tek yıllık bitkilere rağmen, SAR görüntülerinin C bandının kullanılması ile toprak nemindeki değişikliklerin izlenebileceği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, toprak nemi miktarı ve toprak dokusu ile geri saçılım değerleri arasında önemli düzeyde istatistiksel ilişki saptanmıştır.

Radar uydu görüntülerinin band özelliğine göre, geri saçılımın X bandta ince dallara ve ağaç yapraklarına karşı yüksek duyarlılık göstereceği, C bandta ise geri saçılımın yaprak dnklğne ve geometrisine bağlı olduğu ve L bandta ise ağaç dalları ve gövdelerinin yanında daha derine penetre olarak toprak ve yüzey hakkında bilgi sağlanabileceği anlaşılmaktadır (Esetlili, 2008).

Radar sinyallerinin penetrasyon özellikleri, su içeriğinin bir fonksiyonu olan dielektrik özelliklere de bağlıdır. Bitki su içeriğinin dielektrik katsayısı ile ilişkili olduğunu, dielektrik katsayısının geri saçılmayı etkileyen en önemli etmenlerden biri olduğu yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir (Koppe 2013, Moghaddam 1999)

McNairn ve ark. (2008), Kanada’da yıllık ürün envanterinin belirlenmesi amacıyla, uydu verilerini kullanarak gerekli metodolojileri geliştirmek üzere çok yıllık, çok alanlı bir araştırma projesi uygulamışlardır. Ürün tanımlama ve sınıflandırma için güvenilir ve doğru bilgi sağlayacak bir metodolojinin geliştirilmesi sürecinde optik uydu verilerinin yanında radar(SAR) uydu görüntülerinin de kullanılmasına karar verilmiştir. Bu süreçte optik ve radar uydu görüntülerinin birlikte kullanıldığı sınıflandırma ve ürün tanımlama uygulamalarında doğruluk ve tutarlılık, optik ve radar görüntüsü sayısı ile kritik görüntü alım dönemleri ile sınıflandırma modelleri sorularına yanıtlar aranmıştır. Araştırma sonucunda SAR uydu görüntüleri ile optik uydu görüntülerinin ürün sınıflandırmada birlikte kullanılabileceğini göstermişlerdir. Optik görüntülerin ürün sınıflandırması için tercih edilen veri kaynağı olmasına rağmen SAR-Optik (İki SAR ve bir optik) veri kümesinin %85’lik bir doğrulukla operasyonel olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Baghdadi ve ark. (2009), radar sinyalinin zemin parametrelerine duyarlılığının, geliş açısı arttıkça azaldığını ve geri yansımının, esasen yaprakların nem içeriği ve boyutlarına göre belirlendiğini bildirmektedir.

Baghdadi ve ark. (2009), farklı geliş açılarında ve polarizasyonlarda elde edilen çok zamanlı TerraSAR-X, ASAR / ENVISAT ve PALSAR SAR verilerinin şeker kamışının izlenmesi için kullanılma potansiyelini araştırmışlardır. Şeker kamışı üretim alanlarının karakterizasyonu ve hasat sürecinin izlenmesi için en uygun radar konfigürasyonunu belirlemek için farklı radar parametrelerinin(dalga boyu, geliş açısı ve polarizasyon) şeker kamışı büyüme evrelerine duyarlılığı analiz edilmiştir. Araştırmada radar geri saçılma katsayısı(σ^0) ile NDVI arasında yüksek bir korelasyon bulunduğu tespit edilmiştir.

Baghdadi ve ark. (2009), Ulaby ve ark. (1986)’ya göre X-bandı (~3 cm) ve C bandı (~6 cm) gibi kısa dalga boylarının bitki yüzeyinin üst kısmı ile etlileşime girerken L-bandı(~20cm) ve P-bandı (~100 cm)nın daha yüksek bir penetrasyon derinliğine sahip olduğunu, bitki örtüsüne nüfuz ederek toprağa ulaşabileceğini belirtmektedir. Frekans, polarizasyon ve geliş açısına bağlı olarak bitki yüzeylerinden geri saçılan radar sinyali, bitki biyokütlesi, yaprak boyutu, gövde yoğunluğu, yaprak alan indeksi, toprak nemi, yüzey pürüzlülüğü gibi birçok faktörlerden etkilenir. Geri saçılmanın çoğunlukla yaprakların nem içeriği ve boyutlarına göre belirlenmektedir.

Laurila ve ark. (2009), hububat verim tahminleri için vejetatif ve generatif dönemlerdeki fenolojik gelişimleri modellemek amacıyla sadece optik ve SAR uydu verilerini kullanan modellerin başarımını incelemişlerdir. Bu amaçla SAR uydu verilerini ve optik uydu görüntülerinden elde edilen indeks değerlerini kalibre etmişlerdir. Oluşturulan bu modeller, Finlandiya'daki hububat verim tahminlerinde test edilmiştir.

Yine Jiao ve ark. (2010), Radarsat-2 görüntüleri ile Yaprak Alan İndeksinin de tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmada çift polarizasyonlu X-Band TerraSAR-X stripmap verisi, dört polarizasyonlu C-Band RADARSAT-2 Fine-Beam verisi, çift polarizasyonlu L-Band ALOS PALSAR verisi ve ayrıca Compact Airborne Spectrographic Imager (CASI) ve optik SPOT-4 multi spektral görüntüler kullanılmıştır. Görüntü alım, yaprak alan indeksi ve toprak nemi ölçümleri tarihleri, ürünlerin önemli fenolojik gelişme dönemleri dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda L ve C gibi düşük frekanslı radar bandlarının yaprak alan indeksi ile yakın ilişkisi bulunmuştur. C bandının HH, VV ve HV bandlarında yaprak alan indeksi arttıkça geri saçılımın da arttığı, yüksek frekanslı X-Band görüntülerinin ise hem mısır, hem de soya fasulyesinden alınan yaprak alan indeksi değerleriyle korelasyonunun ilişkisinin zayıf olduğu tespit edilmiştir.

Teekapakvisit (2010), şeker kamışı, mısır ve manyok üretim alanlarından oluşan araştırma alanlarında C-bandı VV polarizasyonun ürün sınıflandırmada önemli bir rol oynayabileceğini, HH polarizasyonun da şeker kamışının mısır ve manyok ayırımında önemli olduğunu, ürün tanımlamada Radarsat-2 uydu görüntülerinin kullanılabileceğini belirtmiştir. Özellikle çok zamanlı radar görüntüleri ile ürünlerin farklı gelişim aşamalarında daha fazla çalışma yapılmasını önermiştir.

Cotlier ve ark. (2011), bahçe bitkileri üretiminin birim alan başına daha yüksek gelir elde edildiği için yoğun arazi kullanımını gerektirdiğini, bahçe bitkileri üretiminin izlenmesinde uzaktan algılamanın kullanışlı bir araç olduğunu, gelecekteki ürünler, fiyatlar ve tedarikler hakkında karar verebilmek için bahçe bitkilerinin gelişimini izlemenin ve gelişim dönemleri ile ilgili verileri elde etmenin önemli olduğunu, tüm hava koşullarında kullanılması ve daha ucuz olmaları sebebiyle radar görüntülerinin tercih edildiğini belirtmektedir.

Santi ve ark. (2011), X-band görüntüleri kullanılarak biyokütle veya bitki örtüsü su içeriğini ele alan araştırmalarında biyokütle ve enerji değişim modellerinde SAR verilerinin NDVI ve LAI indekslerinin üretilmesinde anahtar rol oynayabileceğini ifade etmişlerdir.

Moran ve ark. (2012)., bitki ve toprak koşullarının izlenmesinde çok zamanlı ve dört polarizasyonlu Radarsat-2 görüntülerinin bitki ve toprak koşullarını izlemek için yararlı olduğunu, soğan ve mısırdaki σ^0 değerleri ve NDVI arasında pozitif bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir.

Qin Ma (2013), Mısır ve Soya alanlarında, bazı polarimetrik parametreler ile normalleştirilmiş farklılık bitki indeksi (NDVI) arasında güçlü korelasyonların olduğunu tespit etmiş, arazi kullanımı ile bitki gelişim sürecinde Radarsat-2 verilerinin kullanılabileceğini, çok zamanlı radar görüntülerinin ürün sınıflandırmada kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmacı, Kanada, Güneybatı Ontario'da çok zamanlı polarimetrik RADARSAT-2 verileriyle yaptığı bir çalışmada, buğday, soya fasulyesi, mısır, bezelye saha ve yem bitkisi ürünlerini %91'lik bir doğruluk derecesiyle sınıflandırdığını belirtmiştir.

Kumar ve ark. (2013), Radar Bitki İndeksinin (Radar Vegetation Indice-RVI) Soya Fasulyesi ve Pamukta NDVI'ya alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada RVI'nin, bitki gelişim sürecinin izlenmesi açısından potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur. Çalışma, 2011 muson döneminde elde edilen dört RADARSAT-2 veri seti kullanılarak, Maharashtra Vidharba bölgesinde yürütülmüş, RVI aynı tarihli MODIS bitki indeksi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada RVI'nin 0 ile 1 arasında değiştiği, çevresel etkilere düşük düzeyde duyarlı olduğu ifade edilmektedir. Bitki büyümesi arttıkça RVI değerinin arttığı, bitki su içeriği azaldıkça RVI'da da bir düşüşün olduğu belirtilmektedir.

Gao ve ark. (2013), optik ve radar uydu görüntülerinden elde edilen yansıma-geri saçılma değerlerinden yeni indeksler elde etmiş ve bunların başarımını araştırmışlardır. Yeni elde edilen bu indekslerin, mısır bitkisinde yaprak alan indeksi(LAI), boy ve biyokütle gibi yapısal parametrelerini orijinal indekslerden daha iyi tahmin ettiğini ve daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. Bu yöntemin sadece optik veya mikrodalga görüntülerini kullanmanın iyi bir alternatifi olduğunu göstermiştir.

Capodici ve ark. (2013), İtalya Campania’da Sele ovasında otsu bitkiler üzerinde yaptıkları bir araştırmada, HV polarizasyonu geri saçılma değerlerinin vejetasyon indeksleri (NDVI) ve LAI ile ilişkisini araştırmışlardır. Tarımsal uygulamalarda optik ve X-Band görüntülerinin birlikte kullanımının uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir. HV polarizasyonu, geliş (incidence-etki) açısı ve optik görüntülerden elde edilen vejetasyon indeksleriyle ilişkiler araştırılmıştır. SAR verilerinden elde edilen vejetasyon indekslerinin tarımsal uygulamalarda optik bazlı uygulamaların başarısını arttırabileceğini belirtmişlerdir. LAI ve polarizasyon farkı arasında ampirik bir ilişkinin olduğunu, bununla birlikte bir kümedeki piksellerde LAI ile benzerlik gösteren X-Band geri saçılması değerleri değişkenliğinin, LAI değerinin X-Band geri saçılması değerleriyle elde edilmesine izin vermediğini, bu değişkenliğin benek etkisi ve topraktaki su içeriğinin geri saçılmaya katılma etkisinden kaynaklandığını belirtmiştir.

σ_{HV}^o ile optik görüntülerden elde edilen NDVI değerleri arasındaki korelasyonun mısırdaki mısırdaki $R^2= 0.98$, yonca için $R^2=0.66$, standart hatanın ise 0.05 ile 0.26 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Mısır bitkisinde σ_{HV}^o ile LAI arasında güçlü bir korelasyonun bulunduğu ($r^2=0.83$), standart hatanın da (0.29-1.41) olduğu bildirilmiştir (Capodici ve ark. 2013).

Özellikle Kanada’da tarımsal ürünlerin izlenmesinde optik algılayıcıların yanında radar verileri de kullanılmaktadır. Araştırmacılar, sadece radar verileriyle tarımsal ürünlerin izlenmesinin mümkün olabileceğini bildirmektedir (Mc Nairn ve ark. 2014).

Haagsma (2015), uzaktan algılamada optik uydu görüntülerinin sağlanamadığı durumlarda radar görüntülerinin kullanım potansiyelini, görünür ve yakın kızılötesi bandlardan elde edilen NDVI gibi indekslerin radar parametreleri ile ilişkisini araştırmıştır. Araştırmada mısır, kanola, soya ürünlerinin farklı gelişim dönemlerinde radar yansımalarından elde edilen parametreler kullanılarak ürün gelişim dönemleri incelenmiştir. Her ürün için NDVI ile SAR’dan elde edilen değişkenler arasındaki ilişki incelenmiş, kanola, mısır ve soya fasulyesi için korelasyon(R) 0.90 (HV, power-güç), 0.95 (RVI, polinom) ve 0.92 (Entropi, polinom) olarak bulunmuştur.

Çift polarizasyonlu radar görüntülerinin NDVI ile ilişkisinin dört polarizasyonlu görüntüler ile yakın olduğu belirlenmiştir. Bu da dual polarizasyonlu radar görüntülerinin ürün gelişimini izlemek için yeterli olduğu anlamına gelmektedir. Araştırmada ayrıca Sentinel 1-A görüntülerinin ürün gelişim dönemlerini izleme potansiyeli incelenmiş, şekerpancarında VH polarizasyonunun önemli olduğu bildirilmiştir. Bunun ürün verimi modellemelerinde, hasat ve nakliye planlamalarında kullanılabileceği görülmüştür.

Erten ve ark. (2016), 2014-2015 yıllarında, çeltik alanlarında interferometrik, polarimetrik interferometrik SAR ve radyasyona dayalı zıt geri saçılım verilerini kullanarak bitki boyunun belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır.

Abdikan ve ark. (2016), Sentinel-1 görüntülerinin arazi örtüsü haritalamada kullanılma potansiyelini araştırmışlardır. Çift polarizasyonlu (VV+VH) Sentinel-1 görüntüler üzerinde görüntü ön işleme aşamaları(kalibrasyon, yüzey düzeltme ve Gamma Map yaklaşımıyla 5x5 filtreleme) uygulanmıştır. SAR görüntüleri, yüzey düzeltme işleminde 25m çözünürlüklü DEM haritaları kullanılarak 20 m pixel aralığına yeniden örneklenmiştir. Görüntü sınıflandırmada karar destek makineleri metodu piksel bazlı eğitilmiş sınıflandırmaya uyarlanmıştır. Eğitim ve test verileri, yüksek çözünürlüklü Google Earth görüntülerinden sağlanmıştır. Sonuç olarak çift polarizasyonlu Interferometrik Wide Swath (IW) görüntülerinin tek polarizasyonlu görüntülere oranla daha başarılı olduğu, çift polarizasyonlu görüntülerin büyük şehirlerde kırsal alan planlama ve yönetiminde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Üstüner ve ark. (2017), Sentinel-1A C Band SAR görüntüsünün arazi örtüsü ve kullanım sınıflandırmasında kullanılabilirliği ve sınıflandırma algoritmaları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu çalışma ile sadece Sentinel-1A SAR verileri ile istenilen doğrulukta arazi örtüsü kullanım sınıflandırması yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Acar (2017), Radarsat-2 verileri ile toprak nemi arasındaki ilişkiyi saptamak ve bu ilişkiye göre toprak nemini tahmin etmek amacıyla yaptığı araştırmada radar görüntülerinin toprak nem tahmini için güçlü bir araç olduğunu belirlemiştir.

Frison ve ark.(2018), Fransa'da Fontainebleau ormanlarında yaptıkları bir araştırma sonucunda, fenolojik dönemlerin tahmininde, atmosferik koşullara duyarlı olmadığından

dolayı 6 veya 12 günlük Sentinel-1 verilerinin optik uydu görüntülerine kıyasla daha başarılı olduğunu bildirmektedir.

2.5. Optik ve Radar Uydu Görüntülerinin Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar

Le Thoan ve ark. (1984), 9 GHz frekansında X band radar görüntülerinde geri saçılım değerleri ile LAI arasında kuvvetli bir istatistikî bir ilişkinin bulunduğunu, bu ilişkinin bitkiden bitkiye farklılık gösterdiğini saptamışlardır.

Wu ve ark. (1985), X band ve VV polarizasyona sahip, 30 ile 50 derecelik geliş açısı bulunan radar uydu görüntülerindeki geri saçılım değerlerinin, buğday bitkisinin yeşil aksamının toprağı tamamen örttüğü başaklanma döneminden hemen sonraki zamanda en yüksek ilişki düzeyine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ulaby ve ark.(1984), Ku-band (13 GHz) VV polarizasyona sahip ve geliş açısı 50° olan radar görüntülerindeki geri saçılım değerleri ile buğday bitkisine ait LAI değerleri arasında $R^2=0.90$ değerinde bir determinasyon katsayısını bulmuşlardır. Toprakta gelen geri saçılım değerlerinin çok önemli ve etkili olduğunun bu nedenle görüntünün bitkinin gelişim periyodunda toprağı en iyi örttüğü zamanda alınmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Mısır ve sorgum bitkilerinin LAI değerleri ile radar geri saçılım değerleri arasında bir ilişkinin bulunduğunu ancak bu ilişkinin buğday bitkisinde belirledikleri ilişki kadar yüksek olmadığını saptamışlardır.

Henderson ve Lewis (1998), Major ve ark. (1986). Ulaby ve Bush (1976), yaprak alan indeksi-LAI (Leaf Area Index) ile radar geri saçılım değerleri arasında çok kuvvetli bir ilişkinin bulunduğunu, yaprak alan indeksinin, bitkinin toplam fotosentetik oranı ve biyokütlesi hakkında bilgi veren bir gösterge olduğu belirtmişlerdir. X band'a sahip VV polarizasyonlu ve geliş açısı nadir noktasına çok yakın olan radar görüntülerindeki geri saçılım değerleri ile hasattan bir ay öncesindeki buğday bitkisinin fizyolojik ve morfolojik değişimleri arasında güçlü bir ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir.

Blumberg (2007), daha uzun dalga boylarına kıyasla biyolojik ve jeofizik çalışmalar için göz ardı edilen X-band radar görüntülerinin yüksek çözünürlükte kullanıldığında çok yararlı olduğunu belirtmiştir.

2.6. Spektral Analizler

Penuelas ve ark. (1993), bitki su içeriğinin bir göstergesi olarak 950–970nm dalga boylarındaki yansımaya oranlarını değerlendirerek bitki su içeriğine duyarlı yeni indeksler geliştirmişlerdir. Bu indekslerden ilki, su soğurum bandlarından birisi olan 970 nm’deki yansımaya ile referans dalga boyundaki 900 nm yansımının oranıdır (R970/R90). Diğeri ise, yakın kızıl ötesi bölgede spektral yansımaların ilk türevinin en küçüğü (dNIRminimum) ve bu en küçük türevin bulunduğu dalga boyudur (λ NIRminimum). Gerbera bitkisinde 950-970 nm aralığında yansımaya oranları, bitkinin kuruya bırakılması ile azalmıştır. Bu nedenle, R970/R900 indeks ile dNIRminimum ve λ NIR minimum indeksleri, yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli ve bitki sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkı değişimlerini çok yakından izlemiştir. Bununla birlikte bu su düzeyi indekslerinin özellikle yaprak oransal su içeriğinin % 85’ in altında olduğu koşullarda daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Penuelas ve ark (1997) ağaç, çalı ve ot türleri için bitki su içeriği ile WBI(Water Band Indeks) indeksi arasında 0,66 korelasyon katsayısı elde edildiğini belirtmektedirler. Penuelas ve Inoue (1999), yaprak oransal su içeriği ile WBI indeksi korelasyonunun, yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L.) için WBI / NDVI oran indeksleriyle korelasyonundan daha iyi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca yaprak oransal su içeriği ve SIPI indeksi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Ceccato ve ark. (2001) bitki örtüsü su içeriğinin yaprak spektral yansımaları kullanılarak tespit edilebildiğini bildirmiştir.

Roth (2002), pamuklu bitkilerin su durumundaki değişikliklerin, zemin seviyesindeki bir spektrometre ile alınan yansımaya ölçümleri kullanılarak izlenebileceğini bildirmiştir.

Leon ve ark.(2006), zeytin ağaçlarına ait yapraklar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, genç ve yetişkin zeytin ağaçlarına ait yapraklarda belirgin spektral farklılıkların bulunduğunu belirtmişlerdir.

Köksal (2006), Shibayama ve ark. (1993)’nın çeltik bitkisinde yaptıkları bir araştırmada, yakın kızıl ötesi bölgede (1190-1320 nm), orta kızıl ötesi bölgede (1230, 1600 nm) bölgelerindeki dalga boyu bölgelerindeki yansımaların ilk türevinin, tam örtülü koşullarda yüzey suyunun azalmasına duyarlı olduğunu, 960 nm dalga boyundaki yansımının ilk türevinin ise bitkinin su yüzeyini tespit etme kabiliyetinde olduğunu belirtmektedir. Genel

olarak spektral verilerde yakın kızıl tesi bölge (NIR) ve orta kızıl ötesi bölge (MIR) yansımalarının ilk türevlerinin çeltik bitkisinde su stresinin belirlenmesi için etkili olduğu bildirilmektedir.

Yine Çamoğlu(2010), tatlı mısırın su stresine bağlı fizyolojik, morfolojik özelliklerini, su tüketimini, yaprak yüzeyindeki spektral yansımalarından elde edilen spektral indekslerin değişimini ve spektral indeksler ile bitkinin fizyolojik ve morfolojik özellikleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışmada, el spektoradyometresi ile yansıma ölçümleri yapılmış ve bu ölçümlerden yararlanılarak hesaplanan 12 farklı spektral indeks (NDVI, NDVI705, WBI, SR, SR705, SIPI, SIPIpen, PSSR, MCARI, TCARI, REpht ve ZM) ele alınmıştır. İncelenen spektral indekslerden su stresini ayırt etme bakımından en kuvvetli indekslerin NDVI, NDVI705, SR, SR705, SIPI, SIPIpen, PSSR ve ZM olduğu belirlenmiştir. Spektral indeksler ile fizyolojik ve morfolojik parametreler arasında tek değişkenli ve çok değişkenli olmak üzere istatistiksel olarak önemli modeller oluşmuştur. Sonuç olarak bu çalışma, mısır bitkisinin su stresine karşı oldukça duyarlı olduğunu ve strese bağlı olarak değişen fizyolojik ve morfolojik parametrelerin belirlenmesinde uzaktan algılama araçlarının kullanılabileceğini göstermiştir.

Zhang ve ark. (2012), kemometrik yöntemler kullanılarak, görünür-yakın Kızılötesi (400-1100 nm) dalga boyu aralığından elde edilen spektral veriler ile yapraklarda su içeriğinin belirlenebileceğini ve ön işleme yöntemleriyle birlikte tatmin edici bir tahmin hassasiyeti sunabileceğini bildirmektedir.

Aouidi ve ark.(2012), zeytin yapraklarının spektral özelliklerinin kullanılarak zeytin çeşitlerinin sınıflandırılması ve tanımlanması üzerine bir araştırmada, kemometrik yöntemler kullanılarak spektral verilerin zeytin çeşitlerinin sınıflandırmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Di Donna ve ark.(2010), fenolik bileşenlerin zeytin çeşitlerinin ayırımına uygun belirteçler olduğunu, spektrometrik yöntemlerle elde edilen veriler kullanılarak aynı bölgede yetiştirilen zeytin çeşitlerinin sınıflandırılabilceğini göstermişlerdir.

Çamoğlu (2013), bazı zeytin çeşitlerinde farklı stres koşullarında spektral yansımalar ile yaprak su parametreleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Altı zeytin çeşidi üzerinde dört farklı stres koşulunda yaprak su potansiyeli ile yaprak oransal su içeriği kullanılarak yaprak su durumu analiz edilmiştir. Ayrıca spektoradyometre ile spektral yansımalar ölçülmüş ve bu

yansıma değerleri üzerinden farklı bitki vejetasyon indeksleri belirlenmiştir. Çalışmada zeytinin su stresine çok duyarlı olduğu, su stresinin göstergeleri olarak yaprak oransal su içeriği ve yaprak su potansiyelinin belirlenmesinde uzaktan algılanan spektral verilerin kullanılabileceği tespit edilmiştir. Çalışmada yaprak oransal su içeriği ile Photochemical Reflectance Index (PRI) arasında $R^2= 0.70$ ve yaprak su potansiyeli ile Photochemical Reflectance Index (PRI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ve Normalized Pigment Chlorophyll Index (NPCl) arasında $R^2=0.81$ olarak bulunmuştur. Sonuçlar, zeytinin su stresine karşı hassas olduğunu ve spektral indeksler kullanılarak yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriğinin belirlenebileceğini göstermiştir.

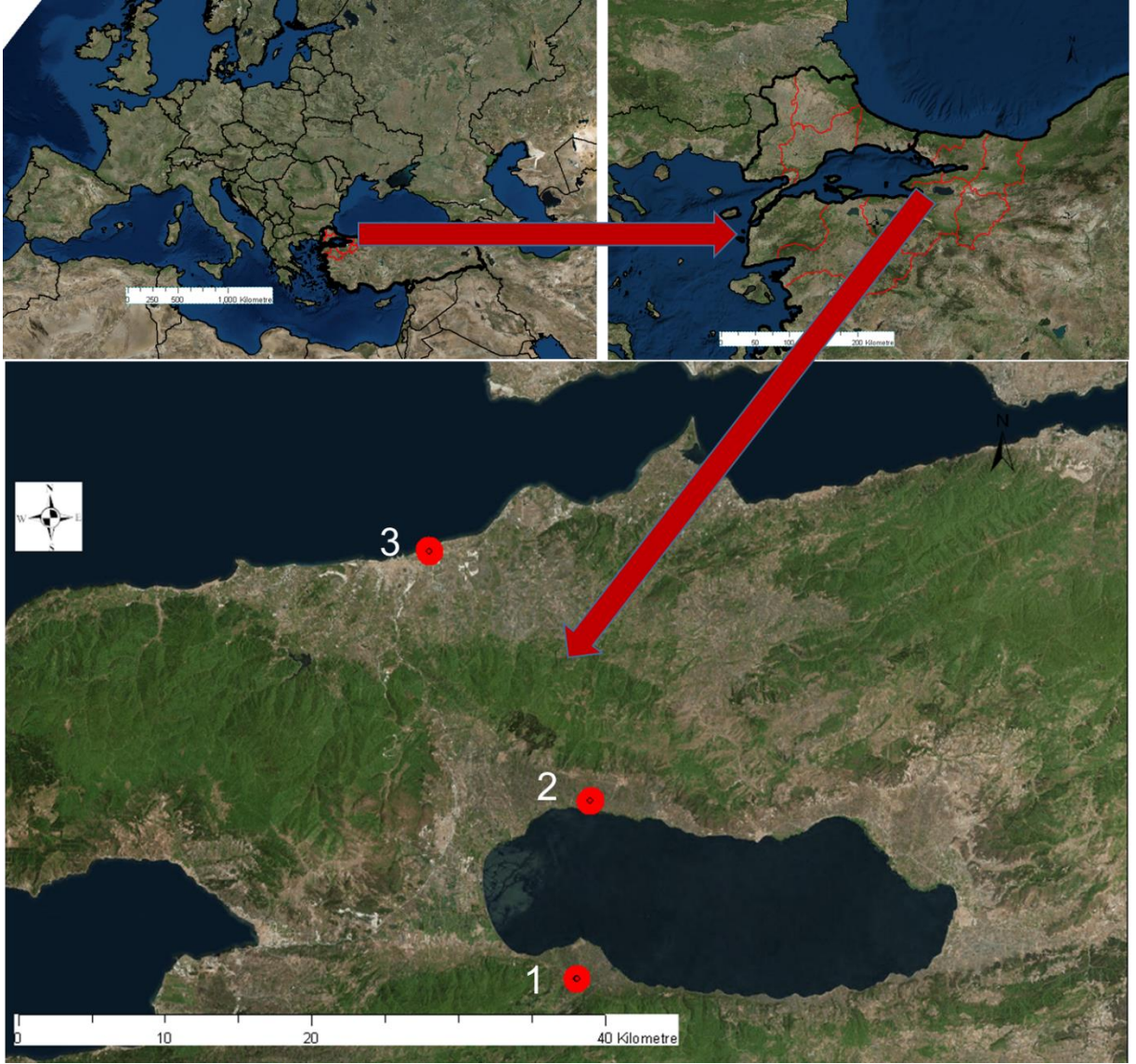
Çamoğlu (2013), Danson ve ark. (1992)'nın, spektral verileri kullanarak yaprak su içeriğini ve klorofil miktarını belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, yakın kızılötesi bölgede, su içeriği ile yaprak yansıması arasında pozitif bir ilişki bulunduğunu, düşük su absorpsiyonu olan bölgelerde (750-950 nm ve 1050-1150 nm) bu ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, yaprak yapısında çeşitlilik bulunduğu koşullarda, yaprak su içeriğinin hesaplanmasında, ilk türevin orijinal yansıma verisine göre daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma alanları, Marmara Bölgesi, Yalova Merkez ve Bursa Orhangazi ilçelerinde, yaklaşık 30-40 yaşında ağaçlardan oluşan, 7m sıra arası ve 6.5 m sıra üzeri aralıkla dikilmiş, Gemlik çeşidi zeytin yetiştiriciliği yapılan üç parselden oluşmaktadır. İlk parsel, Bursa İli Orhangazi İlçesi Sölöz köyünde (40°23'52.45"K, 29°24'35.41"D), ikincisi Bursa İli Orhangazi İlçesi Üreğil köyünde(40°30'25.26"K, 29°25'28.97"D) ve üçüncüsü Yalova Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü sınırları içinde (40°39'45.74"K, 29°18'2.36"D) yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırmanın yürütüldüğü zeytin parsellerinin konumu, (1-Bursa İli Orhangazi İlçesi Sölöz Köyü, 2-Bursa İli Orhangazi İlçesi Üreğil Köyü, 3-Yalova İli Merkez İlçe)

İznik gölünün güneyinde, Sölöz köyü sınırları içinde yer alan birinci deneme alanı, alüvyal özellikte düz ve sulanabilir niteliktedir. Deniz seviyesinden yükseklik, 122m, parsel alanı 3.625 m² 'dir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Sölöz araştırma alanı ve ölçüm yapılan ağaç kodları

İznik gölünün kuzeyinde, Üreğil sınırları içinde yer alan ikinci deneme alanı da alüvyal özellikte düz ve sulanabilir nitelikte olup deniz seviyesinden yüksekliği 92 m'dir. Parsel alanı 6.298 m² 'dir(Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Üreğil araştırma alanı ve ölçüm yapılan ağaç kodları

Marmara Bölgesi'nin güneyinde yer alan ve Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü sınırları içinde bulunan üçüncü deneme alanının deniz seviyesinden yüksekliğı 3m, alüvyal özellikte düz ve sulanabilir nitelikte olup parsel alanı 7.550 m²' dir(Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yalova Merkez araştırma alanı ve ölçüm yapılan ağaç kodları

Araştırmanın yürüldüğü bahçelerde, 1 Haziran 2017 tarihinden sonra yaklaşık 9 günde bir sulama yapılmıştır. Sulama uygulamaları, Eylül ayının sonuna kadar devam etmiştir.

3.1.2. Zeytin ve araştırma alanına ait fenolojik dönemler

Aktepe Tangu (2012), Gemlik zeytin çeşidinin, orta kuvvette gelişen, iyi bakım koşullarında düzenli ürün veren, kısmen kendine verimli, soğuğa karşı dayanıklı olan ve çeliklerinin kolay köklenme özelliğine sahip olması nedeniyle çelikle çoğaltılan bir çeşit olduğunu belirtmektedir. Gemlik çeşidi, Türkiye’de Bursa, Tekirdağ, Kocaeli, Bilecik, Balıkesir, İzmir, Manisa, Aydın, Kastamonu, Zonguldak, Sinop, Samsun, Trabzon, Adana, Antalya, Adıyaman, İçel illerini içine alan çok geniş bir coğrafyada yetiştirilmektedir. Ağaç sayısı bakımından Memecik ve Ayvalık çeşitlerinden sonra 3.sırada yer almakta, Marmara bölgesindeki ağaç varlığının % 80’ini, toplam zeytin ağaç sayısının ise % 11’ini oluşturmaktadır.

Gemlik çeşidinin 1989-1995 yıllarına ait fenolojik dönemleri kapsayan tarihler ve fenolojik dönem kriterleri, Kaynaş (1996) tarafından belirlenmiştir. Fenolojik gözlemlerde bu dönemler dikkate alınmıştır(**Çizelge 3.1**).

Çizelge 3.1. Gemlik çeşidi zeytin fenolojik dönemlere ait ortalama tarihler (Kaynaş, 1996)

Fenolojik Dönemler	TARİH
Somakların belirmesi Çiçek Salkımları oluşmaya başlar	16 NISAN
Çiçeklenme başlangıcı Çiçeklerin yaklaşık olarak % 5'inin açtığı tarih	30 MAYIS
Tam çiçeklenme Çiçeklerin %80'inin açtığı tarih	9 HAZİRAN
Çiçeklenme sonu Çiçeklenmenin tamamlandığı tarih	14 HAZİRAN
Yeşil olum başlangıcı Meyveler, normal iriliklerine ulaşmış, parmaklar arasında sıkıldığında ezilmeyecek kadar sert, meyve rengi yeşil veya yeşilden açık sarıya kadar tonlarda	26 EYLÜL
Yeşil olum sonu Tam olgunluğa erişmemiş olan meyvede rengin yeşilden pembeye doğru döndüğü evre	9 EKİM
Siyah olum Meyve kabuğu rengi siyah, koyu mor veya kestane koyusu renkte, meyve etinde et kalınlığının yarısına kadar rengin pembeleştiği dönem	11 KASIM

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan, Bursa bölgesi Gemlik çeşidi zeytine ait fenolojik dönemler **Çizelge 3.2**'de verilmiştir. Bu çizelgedeki tarihlerden de görülebileceği üzere fenolojik dönemler, yıllık iklim parametrelerine göre değişim göstermektedir.

Çizelge 3.2. Meteoroloji genel müdürlüğü, 2006-2010 fenolojik gözlemler

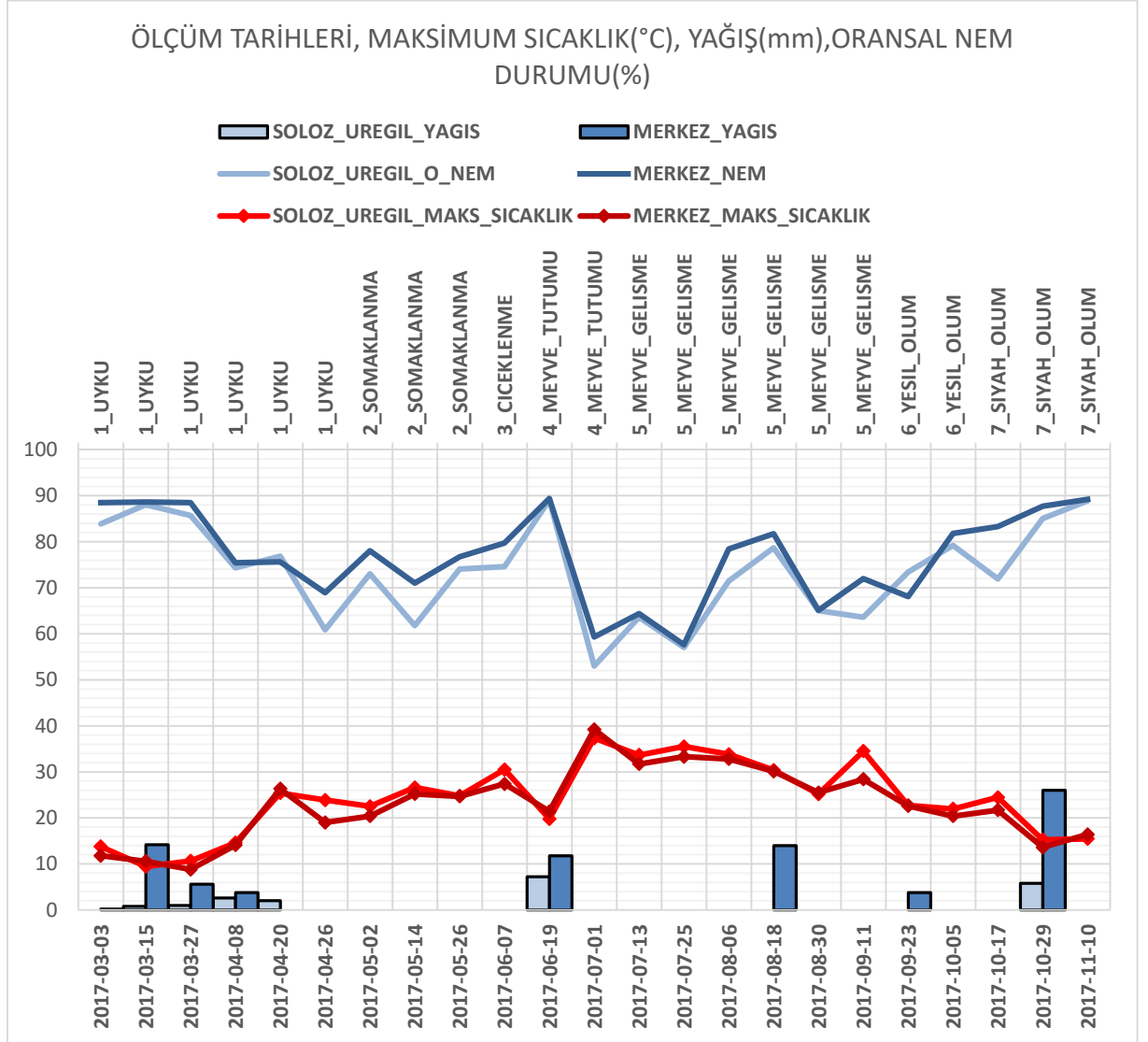
Dönemler	2006	2007	2008	2009	2010
SÜRGÜNLERİN AÇILMASI	3.05.2006	5.05.2007	9.03.2008	9.03.2009	2.04.2010
YENİ YAPRAKLARIN GÖRÜNMEŚİ	12.05.2006	16.05.2007	25.03.2008	25.03.2009	10.04.2010
ÇİÇEKLERİN BAŞLANGICI	21.05.2006	27.05.2007	14.05.2008	11.05.2009	25.04.2010
ÇİÇEKLENME	18.06.2006	12.06.2007	20.05.2008	20.05.2009	12.05.2010
MEYVE BAĞLAMA	29.07.2006	27.06.2007	21.06.2008	18.06.2009	22.06.2010
HASAT OLGUNLUĞU	3.11.2006	28.10.2007	23.10.2008	18.10.2009	23.10.2010

3.1.3. Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Araştırmanın yapıldığı Yalova Merkez İlçe ile Bursa Orhangazi ilçelerinin iklim özellikleri, bir makro-klima özelliği göstermekte ve Akdeniz-Karadeniz bölgesi iklim özellikleri arasında bir geçiş niteliği taşımaktadır. Bölgede yazlar sıcak ve kurak, ilkbahar,

sonbahar ve kışlar ılık ve bol yağışlıdır. Bölgenin doğal bitki örtüsü; nemli orman, kuru orman alanları ile maki (sürekli yeşil görünen ağaççık-çalılıklar) ve psödomakilerden (maki benzeri çalılıklar) oluşmaktadır (Anonim 2019f).

Ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle araştırma alanlarına ait sıcaklık, yağış ve nem durumu, **Şekil 3.5**'de görülmektedir.



Şekil 3.5. Araştırma alanlarına ait, tarih ve dönemler itibariyle maksimum sıcaklık, nem ve yağış grafiği

Araştırma alanlarında ölçüm tarihleri itibariyle sıcaklıklar, uyku döneminde 10°C ile 20°C ve uyku döneminin somaklanma dönemine yakın tarihlerinde 20°C ile 30°C arasında seyretmiştir. Somaklanma döneminde 20°C ile 30°C aralığında seyreden sıcaklıklar, 19.06.2019 tarihinde gerçekleşen yağışla birlikte 20°C ye düşmüş ve meyve tutumu

döneminde 30°C ile 40°C aralığında seyretmiştir. Meyve gelişme döneminin sonunda ve yeşil olum döneminde sıcaklıkların 20°C ile 30°C arasında, siyah olum döneminde ise sıcaklıkların 10°C ile 20°C ye düştüğü görülmektedir. Meyve tutumu döneminde en yüksek sıcaklık değerlerinin gerçekleştiği günlerde oransal nemin de düştüğü görülmektedir. Gün içi maksimum sıcaklık değerleri açısından Orhangazi ilçesinde sıcaklık değerleri daha yüksek olarak gerçekleştiği görülmektedir.

Ölçüm tarihleri itibariyle bahçeler oransal nem açısından değerlendirildiğinde, Yalova Merkez ilçenin Orhangazi'ye göre daha nemli bir iklime sahip olduğu görülmektedir. Yine oransal nem değerlerinin yükseldiği tarihlerde yağışın oransal nemin artışına neden olduğu düşünülmektedir.

3.1.4. Optik uydu görüntüleri

3.1.4.1. PlanetScope uydu görüntüleri

Planet takım uyduları, zamansal çözünürlüğü 1 gün olan bir görüntüleme sistemidir. Planetscope, 150'den fazla uydu ile günlük görüntü sağlamaktadır. Ürünlerini basic, ortorektifiye edilmiş, radyans veya yüzey reflektans verisi olarak sunmaktadır (Planet Team, 2018). Araştırma kapsamında görüntüler, Planet firmasından ücretsiz olarak sağlanmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Planetscope uydu görüntülerinin özellikleri

Bandlar ve Dalga Boyu Bölgeleri	Kırmızı- Red (0.59 to 0.67) Yeşil- Green (0.5 to 0.59) Mavi- Blue (0.455 to 0.515) NIR(0.78 to 0.86)
Ürünler	Renkli, Görsel, Analitik
Piksel Çözünürlüğü	3m
Radyometrik Çözünürlük	8 Bit(Görsel), 16 Bit(Analitik)
Pozisyonel Doğruluk	<10m RMSE
Veri Formatı	Geotif
Projeksiyon Sistemi	WGS84

3.1.4.2. Sentinel-2 uydu görüntüleri

Sentinel-2, Avrupa Birliği içinde Copernicus programının bir seri gözlem uydusundan biridir ve optik görüntüler temin etmek için kullanılmaktadır. Yüksek görüntüleme sıklığı-

zamansal çözünürlük, mekansal çözünürlük, kapsama alanının büyüklüğü açısından uzaktan algılama uygulamalarında tercih edilmektedir. Sentinel 2 serisi uydular, aşağıdaki görevler için tasarlanmıştır (Anonim 2018a);

- Taşkınlar, orman yangınları, heyelanlar konusunda risk yönetimi,
- Arazi kullanımı, arazi örtüsü sınıflandırması ve değişikliklerin izlenmesi,
- Ormanların izlenmesi,
- Gıda güvenliği / erken uyarı sistemleri,
- Su yönetimi ve toprak koruma,
- Kentsel haritalama,
- Doğal afetler,
- İnsani yardım ve kalkınma İçin haritalama

Sentinel-2 uydu görüntüsünde yer alan bandlara ait dalga boyları, band genişlikleri ve band çözünürlükleri Çizelge 3.3’de ve bu bandların elektromanyetik spektrumda yer aldığı bölgeler **Çizelge 3.4**’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Sentinel-2 uydu görüntüsüne ait spektral özellikler

Band No	S2A		S2B		Çözünürlük (m)
	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Band Genişliği (nm)	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Band Genişliği (nm)	
Band 1 - Mavi - Aerosol Tespiti	443.9	27	442.3	45	60
Band 2 - Mavi	496.6	98	492.1	98	10
Band 3 - Yeşil	560.0	45	559.0	46	10
Band 4 - Kırmızı	664.5	38	665.0	39	10
Band 5 – RED EDGE 1 - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	703.9	19	703.8	20	20
Band 6 - RED EDGE 2 - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	740.2	18	739.1	18	20
Band 7 - RED EDGE 3 - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	782.5	28	779.7	28	20
Band 8 - NIR	835.2	145	833.0	133	10
Band 8A - RED EDGE 4 - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	864.8	33	864.0	32	20
Band 9 - NIR - SWIR - Su Buharı	945.0	26	943.2	27	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1373.5	75	1376.9	76	60
Band 11 - SWIR - Kar/Buz/Bulut Ayrımı	1613.7	143	1610.4	141	20
Band 12 - SWIR - Kar/Buz/Bulut Ayrımı	2202.4	242	2185.7	238	20

3.1.5. SAR uydu görüntüleri

Araştırmada, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından EOhopS projesi kapsamında sağlanan HV polarizasyonuna sahip Kompsat-5 ve Avrupa Uzay Ajansının Sentinel serisi uydularından olan VH-VV polarizasyonlu Sentinel-1 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

3.1.5.1.Kompsat-5

Kompsat-5, Güney Kore Uzay Ajansına ait SAR uydusudur. Bu uydu Ağustos 2013'te Güney Kore'den fırlatılmıştır. Kompsat-5 projesinin amacı, coğrafi uygulamalar, okyanus ve arazi yönetimi ile çevresel felaketlerin izlenmesi için görüntü sağlamaktır (Anonim 2017c). Algılayıcı, geniş kapsama alanına sahiptir ve hedeflerin çeşitli saçılma açılarında görüntülenmesine olanak tanır. Ek olarak, hem sol hem de sağ görüntüler toplanabilir. Bu özelliklerin her ikisi de çevresel olayların izlenmesinde yararlıdır.

Kompsat-5, yüksek çözünürlük (HR-High Resolution) mod (1m çözünürlük), standart çözünürlüklü(ST-Standard) mod (3m çözünürlük) ve geniş şerit(WS-Wide Swath) modu (20m çözünürlük) olmak üzere üç gözlem moduna sahiptir. Her gözlem modu ürününün farklı işleme seviyesi vardır.

Kompsat-5 HR, ST ve WS gözlem modlarında dört farklı veri işlem seviyesinde sunulmaktadır; L1A verileri, algılayıcı tarafından üretilen ham, tek görünümlü kompleks eğik (SCS) ürünlerdir. L1B verileri, L1A verileri yansıtılarak oluşturulan bir çoklu görünüm ürünüdür. L1C, L1A verilerini yansıtılarak oluşturulmuş, coğrafi olarak kodlanmış elipsoid bir üründür. L1D verileri, arazi modeli kullanılarak kalibrasyonu, dolayısıyla coğrafi ve arazi düzeltilmesi yapılmış 1B verileridir.

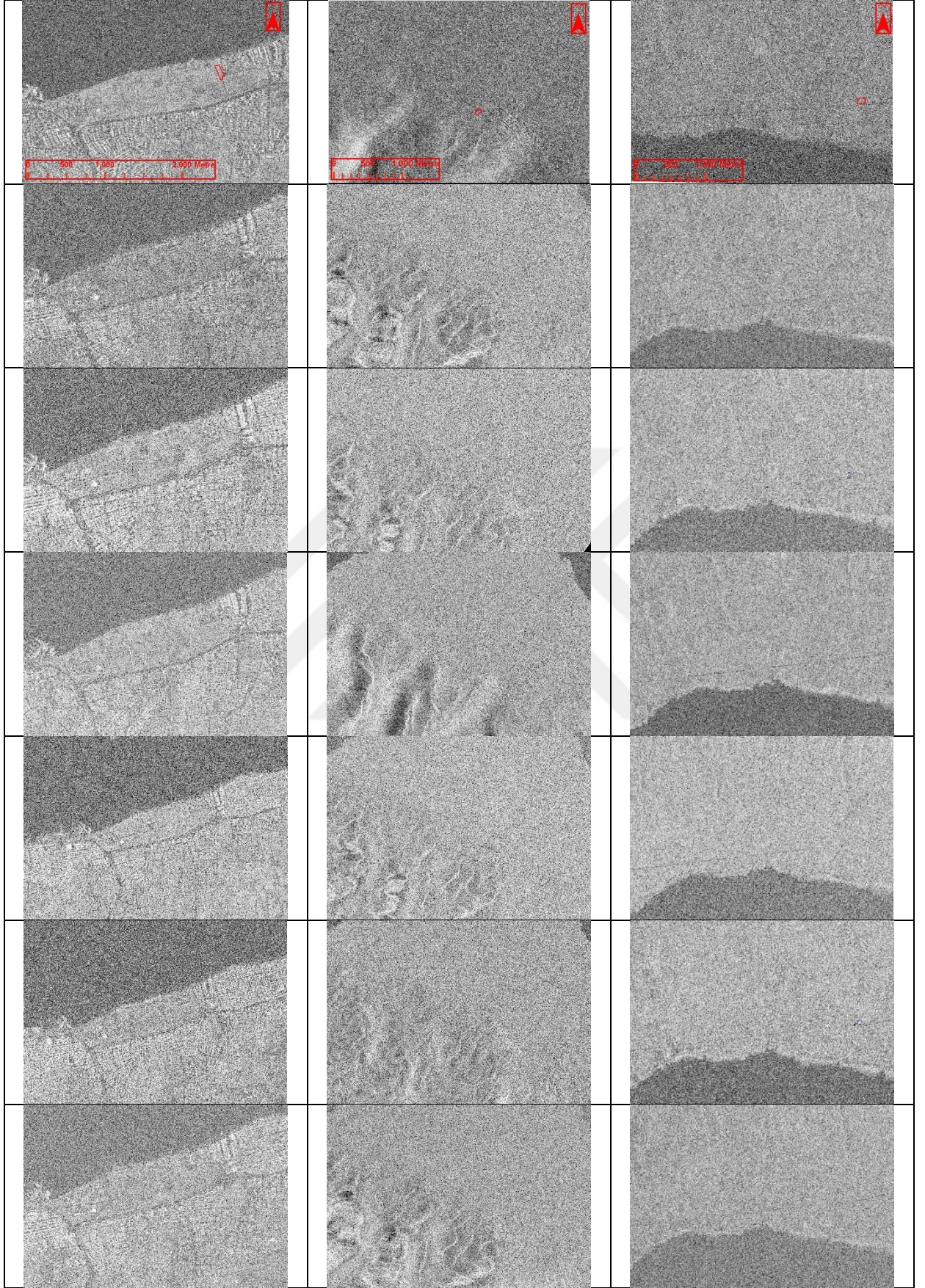
Araştırmada, Avrupa Uzay Ajansının EoHOPS programı kapsamında ücretsiz olarak sağlanan, Kompsat-5 HV polarizasyonlu, standart çözünürlüğe sahip, 1D işlem seviyeli görüntüler kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan 1D işlem seviyeli görüntüler, Çizelge 3.5'te, ön görünümleri ise bahçeler ve dönemler halinde **Şekil 3.6**'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.5.Araştırmada kullanılan Kompsat-5 1A uydu görüntüleri

KMPS5	SCS	B	ES	13	HV	RA	P	20170408035216	20170408035221	20180228045313.h5
KMPS5	SCS	B	ES	01	HV	RD	P	20170424160959	20170424161004	20180228045137.h5
KMPS5	SCS	B	ES	04	HV	RD	P	20170523160626	20170523160631	20180228090532.h5
KMPS5	SCS	B	ES	03	HV	RA	P	20170607033823	20170607033828	20180228090907.h5
KMPS5	SCS	B	ES	04	HV	RD	P	20170620160619	20170620160624	20180228091837.h5

KMPS5	SCS	B	ES	14	HV	RD	P	20170916155232	20170916155237	20180228091044.h5
KMPS5	SCS	B	ES	01	HV	RD	P	20171009160921	20171009160926	20180228091841.h5
KMPS5	SCS	B	ES	19	HV	RA	P	20170406035859	20170406035905	20180228044708.h5
KMPS5	SCS	B	ES	01	HV	RD	P	20170424161003	20170424161008	20180228090817.h5
KMPS5	SCS	B	ES	04	HV	RD	P	20170523160630	20170523160635	20180228090741.h5
KMPS5	SCS	B	ES	03	HV	RA	P	20170607033819	20170607033824	20180228091158.h5
KMPS5	SCS	B	ES	04	HV	RD	P	20170620160623	20170620160628	20180228090848.h5
KMPS5	SCS	B	ES	14	HV	RD	P	20170916155236	20170916155241	20180228091617.h5
KMPS5	SCS	B	ES	01	HV	RD	P	20171009160925	20171009160930	20180228091900.h5





Şekil 3.6. Çalışma Alanlarına Ait Kompsat-5 X Band 1D Görüntüleri

3.1.5.2. Sentinel-1 C Band SAR görüntüleri

Sentinel-1, Avrupa Birliği içinde Copernicus programının bir seri gözlem uydusundan biridir ve SAR tekniğiyle C Bandında (5.4 GHz) radar görüntüleri temin etmek için kullanılmaktadır. Sentinel 1 serisi uydular, aşağıdaki görevler için tasarlanmıştır;

- Ormanlar, su, toprak ve tarım arazilerinin izlenmesi,
- Doğal afetler durumunda acil haritalama desteği,
- Deniz ortamının izlenmesi,
- Denizlerde buz gözlemleri ve buzdağı izleme,
- Yüksek çözünürlüklü buz Çizelgeleri üretimi,
- Denizlerde petrol sızıntılarının haritalanması,
- Gemilerin tespiti ve izlenmesi.

Sentinel-1A ve Sentinel-1B radar uyduları, yaklaşık 6 gün aralıklarla radar uydu görüntüsü sağlamaktadır. Araştırmada Sentinel-1 uydularının polarimetrik ürünleri kullanılmıştır. Sentinel-1'in hüme modları ve özellikler **Çizelge 3.6**'da gösterilmiştir. Sentinel-1 uyduları, farklı işlem seviyelerinde dört alım modunda görüntüleme yapmaktadır, bunlar, Stripmap (SM), Interferometric Wide Swath (IW), Extra Wide Swath (EW) ve Wave (WV) modlarıdır.

Her bir hüme modu için RAW, SLC ve GRD işlem seviyeli görüntüler sunulmaktadır.

Çizelge 3.6. Sentinel-1 ışın demeti modları özellikleri (Sentinel-1 Team 2013)

Modu	Geliş Açısı	Çözünürlük	Şerit Genişliği	Polarizasyon (H= Horizontal V = Vertical)
Stripmap (SM)	20 - 45	5 x 5 m ²	80 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Interferometric Wide swath (IW)	29 - 46	5 x 20 m ²	250 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Extra Wide swath (EW)	19 - 47	20 x 40 m ²	400 km	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Wave (WV)	22 - 35 35 - 38	5 x 5 m ²	20 x 20 km	HH, VV

GRD ürünleri, çoklu bakış işlemi gerçekleştirilmiş, yer elipsoid modeli kullanılarak yer mesafesinde projeksiyonu yapılmış birden çok polarizasyona sahip görüntülerdir.

Sentinel-1 uydularının farklı modları, farklı uzaktan algılama uygulamalarında kullanılmaktadır. SM modu, sadece acil durumlarda (heyelanlar, taşkın, deprem, volkanik

aktiviteler vb) kullanılmakta, IW modu ise tarımsal uygulamalarda kullanılmaktadır (Akgül 2008, Liu, 2016, Sentinel-1 Team, 2013, Torres ve ark. 2012).

Çözünürlük, çoklu görünüm miktarına bağlıdır. Seviye-1 GRD ürünleri IW ve EW modları için orta çözünürlük (MR) ve yüksek çözünürlük(HR), WV modu için orta çözünürlük(MR) ve SM modunda yüksek çözünürlük(HR) ve tam çözünürlüğe (FR) sahiptir(Akgül 2008).

Bu çalışmada, Avrupa Uzay Ajansı tarafından ücretsiz olarak sağlanan yüksek çözünürlüklü Level-1 GRD verisinin IW modu kullanılmıştır (**Çizelge 3.7**). Bu veri WGS-84 koordinat sisteminde, çoklu-bakış işlemi uygulanmış ve zemindeki mesafeyi yansıtan, odaklanmış SAR verilerinden oluşur (Sentinel-1 Team 2013). Çalışmada VV ve VH polarizasyonları kullanılmıştır.

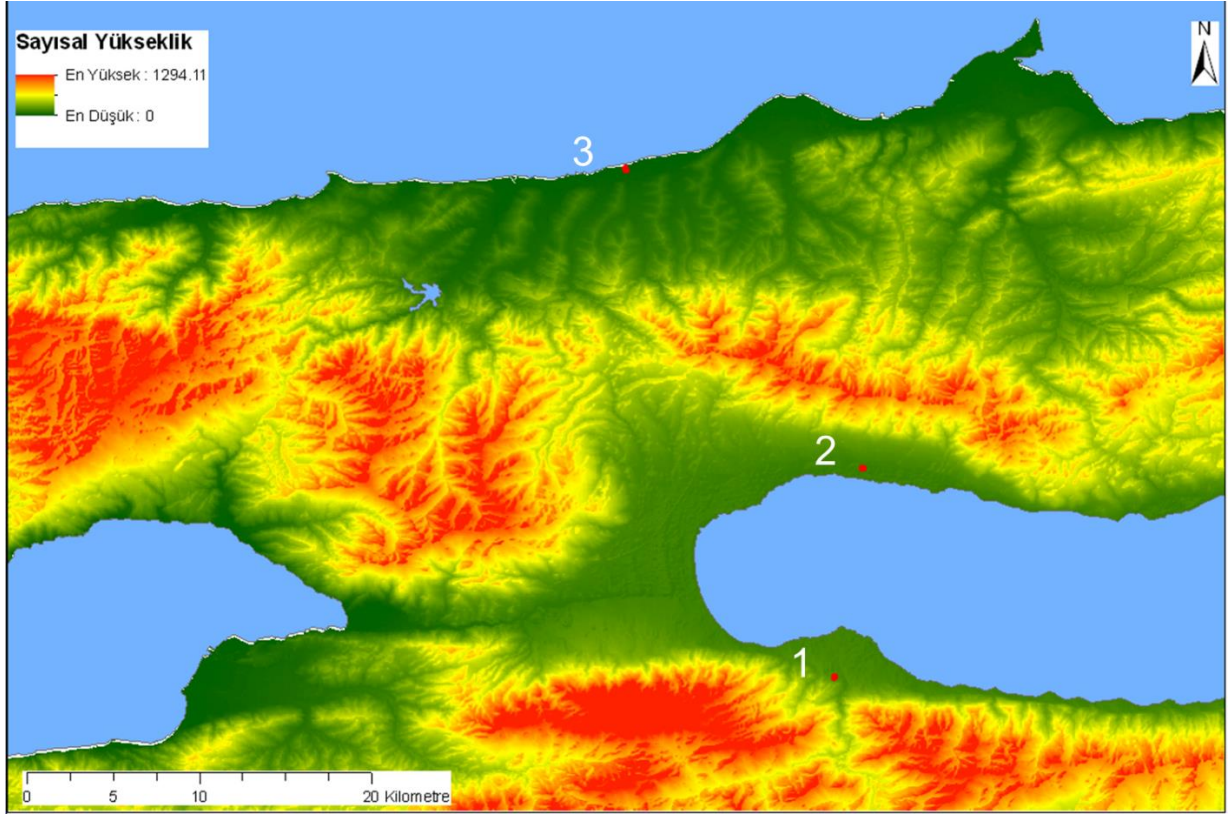
Çizelge 3.7. Sentinel-1 Level-1 GRD modları ve özellikleri

Mod	Çözünürlük (m)	Piksel Aralığı (m)	Bakış Sayısı
SM	23*23	10*10	6*6
IW	20*22	10*10	5*1
EW	50*50	25*25	3*1

3.1.6. Sayısal referans veriler

Çalışmada, T.C.Tarım ve Orman Bakanlığının Entegre İdare ve Kontrol Sistemi Daire Başkanlığından sağlanan, Yalova Süleymanbey Mahallesi, Orhangazi Üreğil ve Sölöz Köylerine ait sayısal kadaströ verileri kullanılmıştır.

Altlık veri olarak, yine T.C.Tarım ve Orman Bakanlığında sağlanan sayısal yükseklik modeli haritaları (**Şekil 3.7**), CloudEO'dan sağlanan WorldView3 kompozit RGB görüntüler ve bölgeye ait ortofotolar kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Araştırma alanı sayısal yükseklik modeli haritası ve bahçelerin konumu(1-Bursa İli Orhangazi İlçesi Sölöz Köyü, 2-Bursa İli Orhangazi İlçesi Üreğil Köyü, 3-Yalova İli Merkez İlçe)

3.1.7. Diferansiyel GPS

GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlandırma Sistemi), Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilerek yörüngeye yerleştirilen telsiz yayın uyduları ağıdır. GPS cihazları, bu uydular ile iletişim kurarak dünya'nın herhangi bir noktasına ait yüzey koordinatlarını belirlemek için kullanılan cihazlardır. Diferansiyel GPS ise atmosferik etkiler ve uydu sistemlerinden kaynaklanan hataları düzeltme değerleri kullanarak daha hassas koordinatlar elde edilmesini sağlamaktadır(Salgın, 2007).

Araştırmada ağaçlara ait hassas koordinat değerlerinin elde edilmesi için Hemisphere Crescent GPS (SC 600 el terminali ile) kullanılmıştır (Şekil 3.8). Örnek alımı için seçilen ağaçların koordinatları belirlenmiş ve projeksiyon sistemi olarak UTM, WGS 84 kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Diferansiyel GPS cihazı

3.1.8. Yaprak klorofil ölçüm cihazı (Spad)

Spad(Soil Plant Analysis Development), 650 ve 940 nm dalga boyları arasındaki optik yoğunluk farkının ölçülmesi prensibi ile bitki yapraklarındaki klorofil miktarını $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak ölçen, dahili ışık kaynağına sahip, özellikle tarım ürünlerinde çok sık kullanılan pratik bir klorofil ölçüm cihazıdır (**Şekil 3.9**). Cihaz, -9.9 – 199.9 SPAD birimi arasında ölçüm yapmaktadır. Yaprak klorofil içeriği ile ilgili, yapraklara zarar vermeden ve hızlı bir şekilde analiz yapması dolayısıyla arazi uygulamalarında çok yoğun olarak kullanılmaktadır (Vreugdenhil ve ark. 2018, Boussadia ve ark. 2017, Jiang 2017).



Şekil 3.9. Minolta SPAD 502 Plus Klorofilmetre (Anonim2019k)

3.1.9. Yaprak spektrometresi

Başayığit ve ark. (2008), spektrometrelerin temel çalışma prensibinin, atomların, molekül veya iyonların bir enerji düzeyinden bir diğerine geçişi esnasında yayılan elektromagnetik ışımının ölçülmesi olduğunu, her nesnenin elektromanyetik spektrumunda kendine özgü yansıma değerlerinin bulunduğunu, bu değerlerin nesneye renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özellikleri veren kimyasal yapısından kaynaklandığını bildirmektedir.

Spektrometrelerde radyasyon kaynağı olarak güneş ya da yapay ışıklar kullanılabilir. Bitkilerin en tipik yansımalarının yakın kızılötesi bölgede (400-1100 nm) olduğu, bu nedenle bitkilerde yapılan spektrometrik ölçümlerin yakın kızılötesi bölgede yoğunlaştığı bildirilmektedir (Başayığit ve ark. 2008, Jacquemoud ve Ustin 2001).

Araştırmada yapraklardaki spektral ölçümler için PolyPen RP400, (Photon Systems Instruments, Drasov, Çekya) kullanılmıştır (**Çizelge 3.8**). PolyPen RP400 NIR model yaprak spektrometresi, 640 ile 1050 nm aralığında spektral ölçüm yapabilmektedir. Cihaz üzerinde kendi işletim sistemi olduğundan ve ölçüm esnasında bilgisayar bağlantısı gerektirmediğinden

özellikle tercih edilmiştir. Cihaz üzerinde vejetasyon indeksleri tanımlı olarak gelmekte, ek olarak indeks tanımlanabilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Polypen RP-400 yaprak spektrometresi

Çizelge 3.8. Polypen RP 400 yaprak spektrometresinin teknik özellikleri (PSI 2014)

Işık Kaynağı	Xenon incandescent lamp 380-1050 nm
Spektral Dalgaboyu Aralığı	640 nm - 1050 nm
Spektral Tepki Yarı Genişliği	8 nm
Tarama Hızı	~ 100 ms
Açıklık Boyutu	7 mm
Dokunmatik Ekran	240 x 320 piksel; 65535 renk
Hafıza Kapasitesi	32 Mbit - 8000 ölçüm
Dinamik Aralık	Yüksek Kazanç: 1:4300; Düşük Kazanç: 1:13000
İletişim Bağlantısı	USB
Boyutlar / Ağırlık	15 x 7.5 x 4 cm / 300 gr
Güç Kaynağı	Li-ion Şarjedilebilir Pil

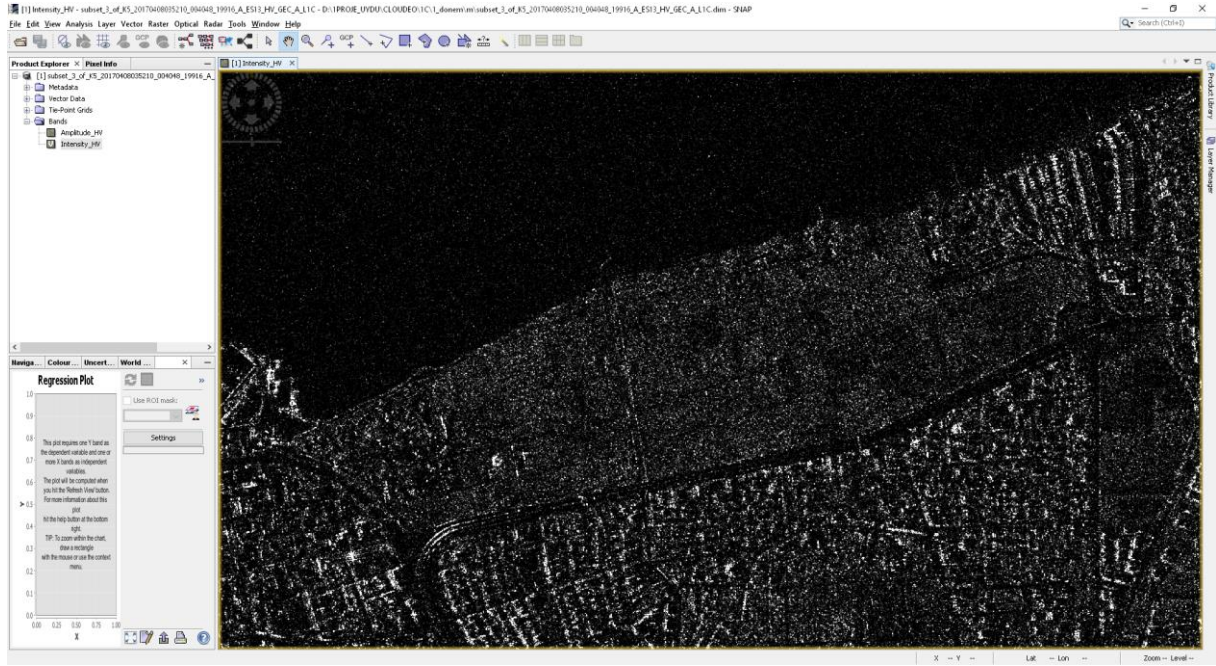
Spektrometre ile elde edilen spektral veriler, tarih ve dönemler itibariyle yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği ile ilişkilerinin araştırılması açısından değerlendirilmiştir.

3.1.10. Yazılımlar

Sayısal altlık veriler, parsel bilgileri ile ağaç koordinatlarının düzenlenmesinde CBS yazılımı olarak ArcGIS Desktop (Version 10.6.1, Esri, 2018), QGIS (Version 3.4.0, QGIS, 2018) ve SNAP (Version 5.0, ESA, 2018) yazılımları kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli

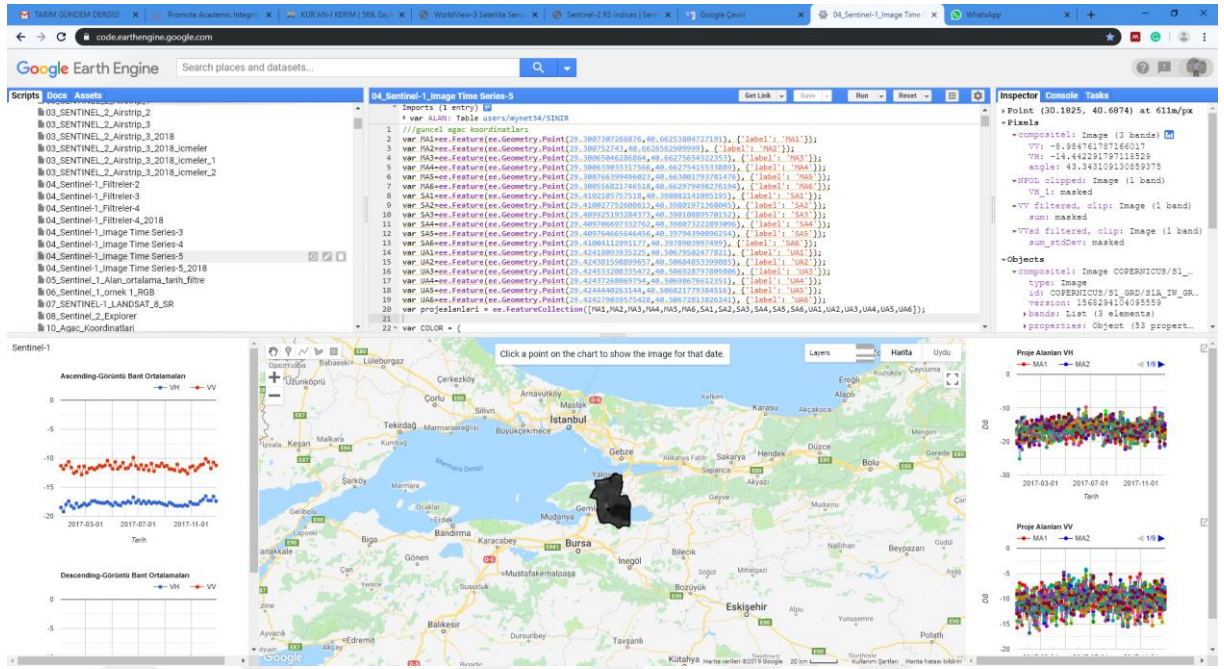
haritaları ve uydu görüntüleri ArcGIS, QGIS ve SNAP yazılımları ile işlenmiştir. Yine Google Earth Engine veri setleri(EK-1), Google Earth Engine ortamında hazırlanan kod ile işlenmiş ve export edilmiştir.

SNAP, Avrupa Uzay Ajansı'na ücretsiz olarak sağlanan, farklı işletim sistemlerinde optik ve radar uydu görüntülerinin işlenmesinde kullanılan açık kaynak kodlu bir yazılımdır (Şekil 3.11). Özellikle farklı görevler için tasarlanan Sentinel serisi uydu görüntülerinin tek bir platform altında işlenmesi ve değerlendirilmesi için üretilmiştir.



Şekil 3.11. SNAP yazılımı

Google Earth Engine, internet üzerinden kullanılabilen, çoğunlukla ön işlem aşamaları tamamlanan uydu görüntülerinin bulut ortamında değerlendirilmeye hazır olarak bulunduğu bir yazılım geliştirme ortamıdır. Bu ortam, büyük boyutlardaki uydu görüntülerini yerel bilgisayara indirmeden, yüksek bilgisayar işlem gücü ve depolama alanı kullanmadan, uzun zaman alan görüntü ön işlem aşamalarına tabi tutmadan, ön işlem ve veri elde etme sürecinde herhangi bir uzaktan algılama yazılımına ihtiyaç duymadan, uydu görüntülerinden doğrudan veri elde etmeyi mümkün kılan yenilikçi bir ücretsiz yazılım ortamıdır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Google Earth Engine Ortamı

Veriler, MS Excel (Version 2016, Microsoft, 2016) ile düzenlendikten sonra JMP (Version 14.1 Trial, SAS, 2018) ile istatistik analizlere tabi tutulmuştur.

Spektral verilerde ön işlemler, SpectraPen (Versiyon 1.0.0.9, PSI, 2013) ve Spectragryph (Version 1.1.10, Menges F, 2018) kullanılarak yapılmıştır.

3.2. Metod

Literatür araştırmalarında yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriğinin mevsimler, iklimsel parametreler ve bitkinin fenolojik dönemlerine göre değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir. Araştırmanın amacı, bitki sağlığı ve verim açısından çok önemli olan yaprak su göstergelerinin ve klorofil içeriğinin bu değişkenliğinin optik ve SAR uyduları ile spektrometre verileri ile istatistiksel ilişkilerinin belirlenmesi, fenolojik dönemlerdeki bu değişimlerin yapay sınır ağları regresyon modeliyle sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesidir.

Tarih ve fenolojik dönemler açısından yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği değerlerindeki bu değişimin izlenmesi ve belirlenmesi için yaprak su göstergeleri, klorofil içeriği analizleri yapılmıştır. Optik ve radar uydu verileri ile spektrometre verilerinin yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği değerleri arasındaki ilişkiler istatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek fenolojik dönemlerdeki bu değişimlerin ortaya konması amaçlanmıştır.

Araştırma, 7m sıra arası ve 6.5 m sıra üzeri aralıklara sahip Gemlik çeşidi zeytin bahçelerinde yapılmıştır (Şekil 3.5) . Uzaktan algılamada piksel ortalama yansıması veya geri saçılmayı etkileyen en önemli faktörlerden biri, bitki örtüsünün toprağı örtme oranıdır. Bu nedenle toprağı örtme oranı yüksek, sıra arası ve sıra üzeri mesafe açısından sık dikilmiş, taç genişliği yüksek ağaçlar seçilmiştir.

Araştırma, her ağaç ayrı bir tekerrür kabul edilerek iki faktörlü 6 tekerrürlü tesadüf parselleri deneme desenine göre uygulanmıştır. Araştırmada kullanılan 3 bahçede, her bahçeden fizyolojik açıdan benzer özellikleri taşıyan, taç genişlikleri yaklaşık olarak aynı, rastgele 6 ağaç belirlenmiştir. Ağaçların yola veya komşu parsele bitişik ağaçlar olmamasına dikkat edilmiştir. Bu ağaçlara ait koordinatlar, diferansiyel gps ile belirlenmiş ve bu ağaçlar kodlandırılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Araştırmanın Yürütüldüğü Bahçeler

Araştırma kapsamında arazi ölçümleri, 03.03.2017 tarihinde başlamış ve 10.11.2017 tarihinde sona ermiştir. Ölçüm tarihleri, Sentinel-1 uydusunun geçiş tarihleri baz alınarak belirlenmiş, yaprak örnekleri Sentinel-1 uydu görüntü çekim tarihlerinde maksimum ± 1 gün olacak şekilde toplanmıştır. Ölçüm tarihleri boyunca örnekler, saat 09:00 ile 11:00 saatleri arasında alınmıştır. 12'şer gün aralıkla, 24 farklı tarihte, 3 bahçeden toplam 18 ağaçtan 12'şer yaprakтан ölçüm yapılmıştır.

Her ölçüm döneminde gelişimini tamamlamış, bir yaşlı dalların orta kısmındaki dolgun yapraklardan yaprak örneği alınmıştır. Örnekler, ağacın her yönünden, yerden yaklaşık 160 cm yükseklikten ve güneş gören kısımlarından alınmıştır. Örnekler, her ağaç için ayrılmış kilitli naylon poşetlere konmuş, soğuk zincir ile 4-5 °C de muhafaza edilerek laboratuvara taşınmış ve aynı gün içinde analiz ile ölçümler yapılmıştır (**Şekil 3.14**) (Benitez ve ark., 2000, Di Donna ve ark, 2010) .



Şekil 3.14. Yaprak örneklerinin alınması ve termos içinde soğuk zincir ile taşınması

Yaprak su göstergeleri, klorofil ve spektral ölçümlerinin kaydedilmesinde, yılın günü(YG) ile tutarlılık ve sıralama işlemlerinde hataların oluşmaması açısından ilk ölçüm

tarihinden son ölçüm tarihine kadar tarih formatı olarak Yıl-Ay-Gün formatı kullanılmıştır. Yıl-Ay-Gün tarih formatı, tarihlerin artan bir şekilde sıralanması için kullanılmıştır.

3.2.1. Toprak ve Yaprak Analizleri

Toprak örnekleri, Kacar (1994)'e bildirdiği Şekilde analize hazırlanmış, bünye, saturasyon %'sine göre (Gedikoğlu 1990), pH, 1:2,5 toprak –su karışımında cam elektrotlu pH metre ile (Anonim, 1981), elektriksel iletkenlik aynı karışımında EC metre ile ölçülmüştür. Çağlar (1958)'e göre % kireç, Scheibler kalsimetresi ile, Anonim (1985)'e göre Modifiye Walkley-Black yöntemine göre spektrofotometrik olarak % organik madde ; Olsen ve ark. (1954) tarafından bildirilen yöntemle göre alınabilir fosfor, Anonim (1980)'a göre değişebilir potasyum, 1 N Amonyum Asetat (pH:7,0) ekstraksiyonu ile belirlenmiştir (Çizelge 3.7) (Uysal ve ark. 2015).

Zeytin yaprak örnekleri Kacar (1972)'a göre analize hazır hale getirilmiştir. Anonim (1980)'e göre yıkama, kurutma ve öğütme işlemlerinden sonra yaprak örnekleri, sülfürik asit + hidrojen peroksit yaş yakma yöntemi ile analize hazırlanarak toplam potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, çinko ve mangan atomik absorpsiyon spektrofotometrede, Lott ve ark. (1956)'ya göre fosfor aynı ekstrakta vanadomolibdofosforik asit yöntemi ile kolorometrik olarak , Wolf (1971)'ya göre bor kuru yakılan örneklerde Azomethin-H yöntemiyle , Kacar (1972)'ye göre azot Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Çizelge 3.8) (Uysal ve Akçay, 2015).

3.2.2. Fenolojik dönemlerin belirlenmesi

Araştırma kapsamında, 12'şer gün aralıklarla bahçelerde fenolojik gözlemler yapılmıştır (Şekil 3.15). Fenolojik gözlemlerde, Kaynaş (1996) tarafından Gemlik çeşidinin 1989-1995 yıllarına ait fenolojik dönemlerini kapsayan fenolojik dönemler esas alınmıştır.



Şekil 3.15. Fenolojik Gözlemler

3.2.3. Yaprak su göstergesi ölçümleri

Yaprak su içeriği, bir yaprak dokusunda bulunan suyun miktarı olarak belirlenebilmektedir. Yaprak su içeriği, değerlendirilen biyokütlenin boyutuna bağlıdır, yaş ağırlık açısından ifade edildiğinde yaprakta bulunan su oranı olarak değerlendirilebilir. Ancak farklı doku hidrasyon derecesine sahip, farklı et kalınlığına sahip yaprakların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır (Erice ve ark. 2018).

Mullan ve Pietragalla (2011), yaprak oransal su içeriğinin, bir yaprağın maksimum su tutma kapasitesine bağlı olarak hidrasyon durumunun (gerçek su içeriği) bir ölçütü olduğunu, yaprak su açığının ölçümünü sağladığını, kuraklık ve sıcaklık stresi altında stresin bir ifadesi olduğunu bildirmektedir.

%100'lük bir yaprak oransal su içeriği değeri, tam doygun veya tam turgor basıncı anlamına gelirken daha küçük bir değer, yaprak su açığının bir göstergesidir. Özellikle su stresi ile ilgili araştırmalarda yaprak oransal su içeriğinin değerlendirildiği görülmektedir.

Yaprak su noksanlığı ise yaprak oransal su içeriği değerini tamamlayan bir ölçümdür, yaprak oransal su içeriği ile yaprak su noksanlığının toplamı, 100'e eşittir.

Yaprak Su Göstergesi Ölçümleri için alınan örnekler, hassas terazi yardımıyla tartılarak yaş ağırlık (YA) bulunmuştur (**Şekil 3.16**). 24 saat süre ile 4°C de buzdolabında saf suda bekletilip doymun durumuna getirilerek tam doymun veya tam turgor basıncındaki ağırlık (TA) bulunmuş ve ardından etüvde 70°C’de 24 saat süreyle bekletilerek kuru ağırlık (KA) değerleri elde edilmiştir. Söz konusu değerlerden yararlanılarak eşitlik 3.1 yardımıyla yaprak oransal su içeriği (YOSİ) (Bowman, 1989) ve eşitlik 3.2 yardımıyla yaprak su içeriği (YSİ) (Jin ve ark, 2017, Garnier ve Laurent, 1994) ve eşitlik 3.3 yardımıyla yaprak su noksanlığı(YSN) (Bachelar, 2004) hesaplanmıştır(Erice ve ark. 2008, Demirel ve ark. 2014, Çamoğlu 2014, Aktepe Tangu 2012).

$$YOSİ(\%) = \frac{YA - KA}{TA - KA} * 100 \quad (3.1)$$

$$YSİ(\%) = \frac{YA - KA}{YA} * 100 \quad (3.2)$$

$$YSN(\%) = \frac{TA - YA}{TA - KA} * 100 \quad (3.3)$$



Şekil 3.16. Yaş yaprakların tartılması, turgor yaprakların kurutulması, etüvde kurutma

3.2.4. Klorofil ölçümleri

Klorofil, bitki sağlığının ve kalitesinin en önemli göstergelerinden biridir. Bünyesinde fazla miktarda klorofil içeren bitki, az miktarda klorofil içeren bitkiye göre daha sağlıklıdır. Bitkinin abiyotik veya biyotik stres faktörlerine karşı verdiği ilk tepki, klorofil içeriğinde azalma şeklinde görülmektedir. Klorofil içeriğini izlemek, bitki sağlığını ve gelişimini değerlendirmek açısından oldukça önemlidir (Başayığit ve Ersan 2013).

Yaprak örneklerinin klorofil ölçümleri, Minolta SPAD-502 ile yapılmıştır (Benitez ve ark, 2002). Her ölçüm döneminde 3 bahçeden, her bahçeden 6 olmak üzere toplam 18 ağaç ve

her ağaçtan alınan 12 yapraktan klorofil ölçümü yapılmıştır (Benitez,2002). Her yapraktan 3 okuma yapılmış ve bunların ortalaması kaydedilmiştir. Okumalar, yaprak ortasından ve yaprak damarlarına dikkat edilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.17) (Benitez, 2002).



Şekil 3.17. Spad klorofilmetre ile klorofil ölçümü

3.2.5. Optik uydu görüntülerinin ön-işlenmesi

Çalışmada, Avrupa Uzay Ajansı tarafından ücretsiz olarak sağlanan Sentinel-2 1C işlem seviyeli görüntüler kullanılmıştır. Sentinel-2 1C işlem seviyesindeki görüntüler, sayısal yükseklik haritaları kullanılarak geometrik düzeltmesi yapılmış olarak UTM/WGS-84 projeksiyon sisteminde kullanıma sunulmaktadır.

Sentinel-2 ve Sentinel-1 görüntülerinden piksel değerlerinin elde edilmesi, Google Earth Engine ortamında gerçekleştirilmiştir (Gorelick ve ark, 2017).

Sentinel-2 2A görüntüleri ise 1C işlem seviyeli görüntülerden elde edilmektedir, atmosferik düzeltme işlemi uygulanmış, yüzey reflektans ürünler olarak kullanıma

sunulmaktadır. Araştırmanın yapıldığı tarihler itibariyle 1C görüntülerin tamamının GEE ortamında kullanılabilir durumda olması ancak 2A görüntülerinin tamamının hazır bulunmaması sebebiyle çalışmada 1C seviyeli görüntüler kullanılmıştır.

Araştırmada, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemi uygulanmış, UTM WGS84 projeksiyon yöntemi ile yeniden örneklenmiş PlanetScope SR Level 3B işlem seviyeli görüntüler kullanılmıştır. PlanetScope görüntüleri ArcGIS yazılımında değerlendirilmiştir. Görüntüler üzerinde sadece geometrik düzeltme işlemleri uygulanmıştır.

3.2.6. SAR uydu görüntülerinin işlenmesi

Projede Kompsat-5 X band HV polarizasyonlu görüntülerin ön işlemleri, SNAP yazılımı ile yapılmıştır. Araştırmada Kompsat-5 ve Sentinel 1 geri saçılma değerleri, farklı polarizasyonlar için yoğunluk (intensity), genlik (Amplitude) parametrelerinden elde edilmiştir.

Radar veya SAR uydu görüntülerinin ön işlem sürecinde kullanılan işlem basamakları aşağıda açıklanmıştır.

Termal Gürültünün Giderilmesi

SAR uydusu görüntüsünde, özellikle düşük geri saçılma alanlarında(durgun deniz, göller, vb.) sinyal gürültüleri oluşabilir, bu gürültü radyometrik düzeltme faktörü ile çarpılarak gürültü giderilmektedir (Gorelick ve ark, 2017).

Yörünge Düzeltme

Daha sonra yazılım aracılığıyla ile hassas yörünge parametreleri (RESORB) yüklenmiştir. Yörünge parametreleri, görüntünün geometrik doğruluğu için ek parametreler sağlamaktadır (Anonim (2015a)).

Kalibrasyon

Literatürlerde de belirtildiği üzere, yüzeyden geri saçılma değerlerinin elde edilmesi için yalnızca σ^0 (Sigma0) bandı kullanılmıştır. Kalibrasyon işlemi, bir SAR görüntüsünü radyometrik olarak düzeltir, böylece piksel değerleri, yüzeyden yansıyan geri saçılmayı

temsil eder. Kalibrasyon işlemi, SNAP yazılımında meta veriler kullanılarak otomatik olarak yapılmaktadır (Moreira ve ark. 2013).

Benek Filtreleme

Benek, görüntü boyunca tuz ve biber gürültüsüne neden olan rastgele yapıcı ve yıkıcı etkilerden kaynaklanmaktadır. Kompsat-5 HV görüntülerinde benek filtresi olarak Lee, Refined Lee, IDAN ve Gamma Map filtreleri kullanılmıştır (Vasile ve Trouvé, 2013, Medasani ve Reddi, 2017).

Lee Filtresi, ilgilenilen pikselin değerini tahmin etmek için DN değerlerinin hareketli çekirdek içindeki istatistiksel dağılımını kullanır. Bu iki filtre, görüntü verilerindeki gürültü için Gauss dağılımını varsayar. Lee filtresi, ilgilenilen pikselin ortalama ve varyansının, kullanıcının seçtiği hareketli çekirdek içindeki tüm piksellerin yerel ortalama ve varyansına eşit olduğu varsayımına dayanmaktadır (Mansourpour ve ark, 2014).

Gamma Map filtresi, öncelikle yüksek frekanslı özellikleri (kenarları) korurken yüksek frekanslı gürültüyü (benek) gidermek için radar verilerinde kullanılır. Bunu uygulamak için, sahnenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun önceden bilinmesi gerekir. Sahne yansıtıcılığının Gauss dağılışı olduğu varsayılmıştır. Farklı filtre boyutları, işlenen görüntülerin kalitesini büyük ölçüde etkiler. Filtre çok küçükse, gürültü filtreleme algoritması etkili değildir. Filtre çok büyükse, filtreleme işleminde görüntünün ince ayrıntıları kaybolur (Mansourpour ve ark, 2014).

Refined Lee filtresi, uydu görüntüsünün ortalamasını alırken kenarlarını korumaktadır. Refined Lee Filtresi, kenar hizalanmış pencereler içinde Yerel Doğrusal Minimum Ortalama Kare Hatası (LLMMSE) tahminini dikkate alarak, görüntü ayrıntılarının daha iyi korunmasını sağlar (Medasani ve Reddy, 2017).

Yoğunluk odaklı uyarlamalı komşu (IDAN): Kenarlı hizalı pencereler kullanmak yerine, analiz edilen pikseli çevreleyen, verilerin yerel morfolojisine uyum sağlayan bir dizi sabit piksel tanımlanır. Filtreleme işlemi sadece durağan pikselleri belirlemek için kovaryans veya tutarlılık matrislerinin köşegen unsurları tarafından sağlanan bilgileri dikkate alır. Durağan komşu piksel arama işlemi, köşegen elemanların 3 x 3 ortanca değerlerinden

türetilmiş bir merkez pikselle başlatılır. Kovaryans veya tutarlılık matrisinin tahmini değeri, adaptif komşu piksellerin ortalama değeri ile elde edilir (Vasile, 2006).

Kompsat-5 HV 1D görüntülerinde ayrıca 3x3 piksel boyutunda çerçevelerden elde edilen, minimum(Minimum), maksimum(Maximum), ortalama(Mean), medyan(median) filtreleri kullanılmıştır.

Filtreleme işlemi, Kompsat-5 HV 1D görüntülerinde gerçekleştirilmiştir. Sentinel-1 görüntülerinin piksel boyutu 10 m olduğundan bu görüntüler üzerinde filtreleme işlemi yapılmamıştır.

Arazi Düzeltme

Arazi düzeltme işleminde, sayısal yükseklik modeli kullanılarak SAR görüntüsündeki geometrik bozulmaları düzeltilmektedir. **Terrain Correction**, uydu görüntüsünü eğik uzaklık (Slant Range) ya da yatay uzaklıktan (Ground Range) bir harita koordinat sistemine dönüştürmektedir. **Terrain Correction**; kısaltım(foreshortening), örtüşme (overlapping) ve gölgeleme (shadow) gibi doğal geometrik bozuklukları, sayısal yükseklik modeli görüntüleri kullanılarak düzeltilmektedir (Acar 2017, Anonim 2017).

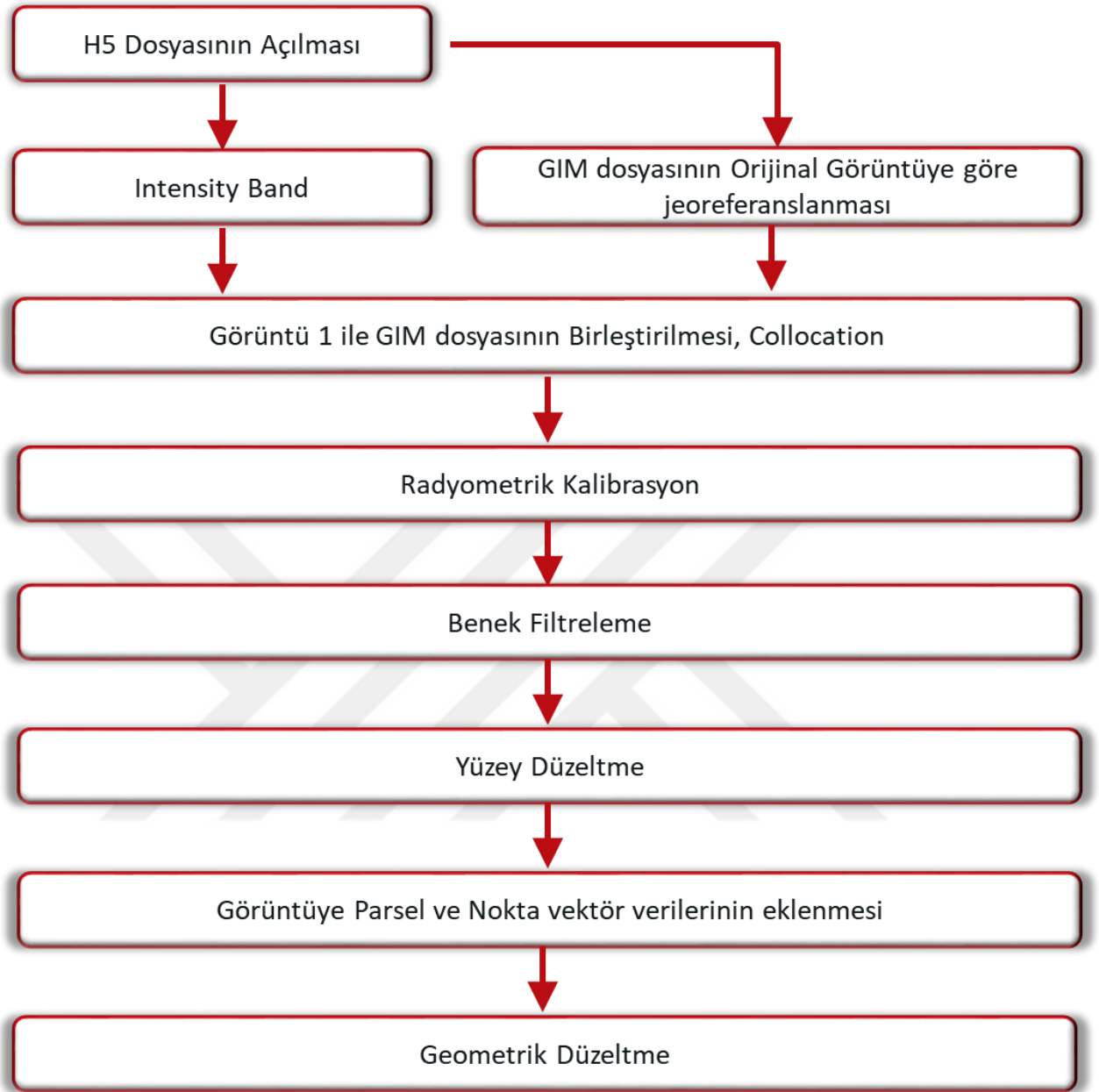
Arazi düzeltmesi işlem adımı 5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır.

Geometrik Düzeltme

Elde edilen bandlardaki piksel dijital değerleri, radar gerisaçılım (db) değerine dönüştürülmüştür ve önceden oluşturulan altlık haritalar ve sayısal kadastro paftaları kullanılarak geometrik düzeltme işlemi yapılmıştır. Her dönem için parsel ağaç noktalarına ait koordinat bilgileri, o döneme ait görüntüler üzerine bindirilerek gerisaçılım(backscatter) değerleri belirlenmiştir.

3.2.6.1. Kompsat-5 ön-işleme

Kompsat-5 1D işlem seviyeli görüntülerin ön işlem aşamaları, **Şekil 3.18**'de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Kompsat-5 1D Ön İşlem Süreci

3.2.6.2. Sentinel-1 ön-işleme

Sentinel-1 görüntülerinden piksel değerlerinin elde edilmesi, Google Earth Engine ortamında gerçekleştirilmiştir (Gorelick ve ark, 2017).

Google Earth Engine'de Sentinel-1 görüntüleri, ön işlemler gerçekleştirilmiş halde kullanıma sunulmaktadır. GEE de kullanılan ön işlem adımları, yörünge düzeltmesi, sınır gürültülerinin giderilmesi, termal gürültünün giderilmesi, kalibrasyon, yüzey düzeltme ve db

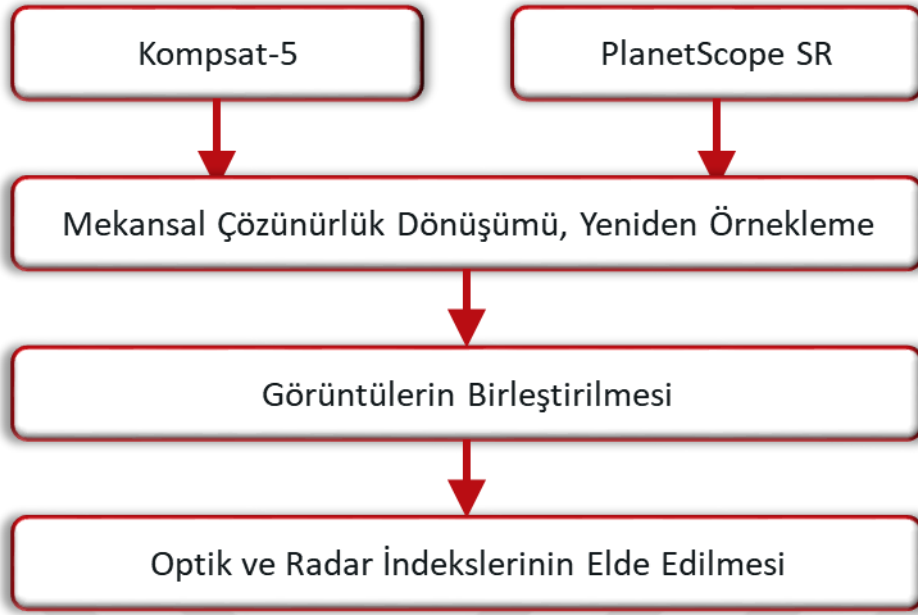
dönüşümü işlemlerinden oluşmaktadır (Anonim 2019i, Dereli 2018, Shelestov ve ark. 2017, Zeltner 2016, Jacobson 2015).

Araştırmada kullanılan Sentinel-1 verileri, hem alçalan, hem de yükselen yörünge geçişlerinde elde edilen farklı polarizasyonlara sahip görüntülerden oluşmaktadır. Sentinel 1 GRD ürünleri, alçalan ve yükselen yörüngeler için GEE ortamında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 03.03.2017 ile 10.11.2017 tarihleri arasındaki yükselen ve alçalan yörünge geçişlerinden elde edilen, VV ve VH polarizasyonlara sahip görüntülerden geri saçılma değerleri elde edilmiş, bu değerler ile band oranlama yöntemleri ile VH/VV, RVI, VH/VV, VH-VV, VV+VH, VV+VH_DB indeksleri elde edilmiştir.

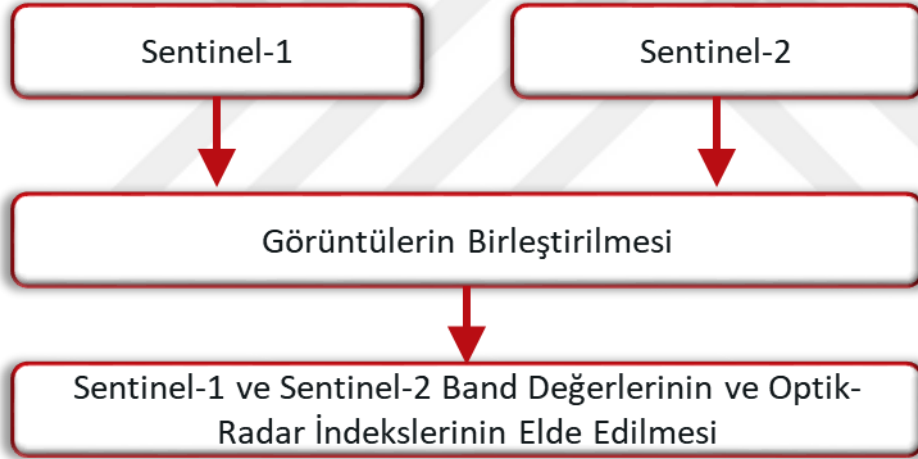
3.2.6.3. Optik uydu görüntüleri ile SAR uydu görüntülerinin birleştirilmesi(fusion)

Uydular elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu aralıklarında farklı zamansal, mekânsal ve spektral çözünürlüklere sahip görüntüler sağlamaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen bu görüntülerden daha çok bilgi sağlayabilmek amacı ile analog ve dijital görüntü birleştirme teknikleri kullanılmaktadır. Görüntü birleştirme teknikleri ile farklı uydulardan ve farklı özelliklerdeki görüntüler birlikte değerlendirilerek yeni görüntüler ve bu görüntülerden yeni veri setleri üretilmektedir (Esetlili 2008). Genderen ve ark. (1994), görüntü birleştirmeyi birbirinden farklı iki yada daha fazla görüntünün belirli bir algoritma kullanılarak birleştirilmesi olarak tanımlamışlardır. Piksel aşaması; görüntü birleştirme tekniğinin en alt seviyesidir, görüntüler çakıştırılarak(co-registration) piksel değerleri elde edilmektedir (Esetlili 2008).

Çalışmada aynı mekansal çözünürlüğe sahip Kompsat-5 ve PlanetScope ile Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntüleri çakıştırılarak elde edilen piksel değerleri ile optik ve radar indeksleri oluşturulmuştur (Şekil 3.19, Şekil 3.20).



Şekil 3.19. Kompsat-5 ile planetscope görüntülerinin birleştirilmesi



Şekil 3.20. Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntülerinin birleştirilmesi

3.2.7. Optik uydu görüntülerinden elde edilen band oranlama indeksleri

Bitkilerde belirli dalga boylarındaki spektral yansıma değerleri farklı oranlama formülleriyle indeksler olarak tanımlanmıştır. Bu indeksler, yaprak su içeriği, yaprak pigmentleri, yaprak alanı, verim ve biyokütle gibi ürün özelliklerini tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir (Çamoğlu 2013, Blumberg 2007).

Aydoğdu (2017), ürünlerin biyofiziksel özellikleri, bitki su stresi, yaprak pigmentlerinin tahmin edilmesi için geliştirilmiş birçok vejetasyon indeksinin bulunduğunu,

bu indekslerin atmosferin sebep olduğu hataların(solar etkiler,toprak yüzeyinin etkileri, algılayıcı geometrisi vb.) etkilerini en aza indirmek için kullanılabileceğini belirtmektedir.

Genel olarak bu indeksler, yapısal(strüktürel) indeksler,klorofil ile ilgili indeksler ve kırmızı kenar indeksleri olarak üç grupta toplanabilir.

Yapısal indeksler (600-1100 nm), yakın kızıl ötesi ve kırmızı bölgedeki yansımalar değerlerinden elde edilen indekslerdir. Yakın kızıl ötesi bölgedeki yansımalar, doğrudan yaprak yapısı tarafından kontrol edilir. Hücre duvarı ve inter selüler hava boşlukları gibi iç mezofil içerisindeki reaksiyonlar yakın kızıl ötesi bölgede yüksek yansımalarla neden olmaktadır. Kırmızı-yakın kızıl ötesi spektral geçit bölgesi (700-750 nm.), kırmızı kenar (Red Edge) olarak adlandırılır ve vejetasyon hakkında geniş bir bilgi verir. Bu bölge, yakın kızıl ötesi bölgedeki geniş dalga boyları ile kırmızı dalga boylarındaki kuvvetli klorofil soğurum birleşiminden etkilenir. Bu bölgenin eğimi, sağlıklı bir bitkinin kuvvetli bir göstergesidir. Klorofil ve pigment indeksleri, görünür (350-700 nm) bölgedeki mavi (350-500 nm), yeşil (500-600 nm), ve kırmızı(600-700 nm) band aralıklarını içerir ve bitki yapraklarındaki klorofil ve pigmentler hakkında bilgi verir (Aydoğdu 2017).

Çalışmada, optik görüntülerdeki farklı dalga boylarına ait bandlardan, literatürde daha önce belirlenmiş optik band oranlama indeksleri oluşturulmuştur(EK-3).

3.2.8.Radar İndeksleri

Tarımsal üretim alanlarında bitki örtüsü gelişiminin izlenmesi amacıyla radar verilerinden elde edilen bitki indeksleri de kullanılmaktadır. Bu indekslerden en önemlisi Radar Vegetation Index(RVI) dır ve aşağıdaki formülle ifade edilmektedir(Kumar ve ark,2013);

$$RVI = \frac{8\sigma_{HV}^0}{\sigma_{HH}^0 + \sigma_{VV}^0 + 2\sigma_{HV}^0} \quad (3.6)$$

Charbonneau ve ark(2005), HH ve VV polarizasyonları geri saçılma katsayılarının yaklaşık olarak eşit olduğunu varsayarak bu ifadeyi aşağıdaki formüle indirgemişlerdir:

$$RVI = \frac{4\sigma_{HV}^0}{\sigma_{HH}^0 + \sigma_{HV}^0} \quad (3.7)$$

Ancak bu eşitlik, dört polarizasyonlu radar görüntüleri için kullanılmıştır, dolayısıyla iki polarizasyona sahip radar görüntüleri için bu formül, yüzey düzlemi ile bitki örtüsü arasındaki yüzey saçılmasının önemsiz olduğu varsayımıyla Melanie ve ark(2005) tarafından aşağıdaki gibi dönüştürülmüştür:

$$RVI = \frac{4\sigma^0_{VH}}{\sigma^0_{VV} + \sigma^0_{VH}} \quad (3.8)$$

Yine SAR polarizasyonları ile elde edilen bazı oranlama yaklaşımları kullanılmaktadır. Logaritmik dönüşüm yapılmış geri saçılma değerlerinde VH-VV, logaritmik dönüşüm yapılmamış geri saçılma değerlerinde VH/VV oranı kullanılmaktadır(Nasirzadehdizaji ve ark. 2018). Ayrıca, VV+VH gerisaçılma değerleri, $VV+VH = (5 * VH^2 + 2 * VV^2 - 6 VH * VV)^{0.5}$ olarak hesaplanmıştır.

3.2.9.Optik-Radar İndeksleri

Gao ve ark.(2017), optik görüntülerde kullanılan RVI, NDVI ve EVI indekslerini, radar-SAR görüntülerine ait HV polarizasyon değeri ile çarparak aşağıdaki gibi optik-radar indeksler tanımlamışlardır (Çizelge 3.9):

Çizelge 3.9. Optik-Radar indeksler(Gao ve ark. 2017)

Optik İndeks	Optik-Radar İndeks
$RVI = \frac{R_{NIR}}{R_{RED}}$	$MRVI = HV \frac{R_{NIR}}{R_{RED}}$
$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}}$	$MNDVI = HV \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}}$
$EVI = \frac{2.5(R_{NIR} - R_{RED})}{1 + R_{NIR} + 6R_{RED} - 7.5R_{BLUE}}$	$MEVI = HV \frac{2.5(R_{NIR} - R_{RED})}{1 + R_{NIR} + 6R_{RED} - 7.5R_{BLUE}}$

HV polarizasyonu kullanılarak elde edilen bu indeksler, bu çalışmada Kompsat-5 X band HV polarizasyonu ile ve ayrıca Sentinel-1 C band VV ve VH polarizasyonlarına uyarlanarak birlikte kullanılmıştır.

3.2.10. Spektrometre ölçümleri ve spektral indeksler

Yaprak pigmentlerini ve yaprak su durumunu hızlı ve ekonomik bir şekilde belirlemenin bir yolu da yaprakların belirli dalga boyu bölgelerinde spektral yansımalarının ölçülmesidir (Zhang ve ark. 2012).

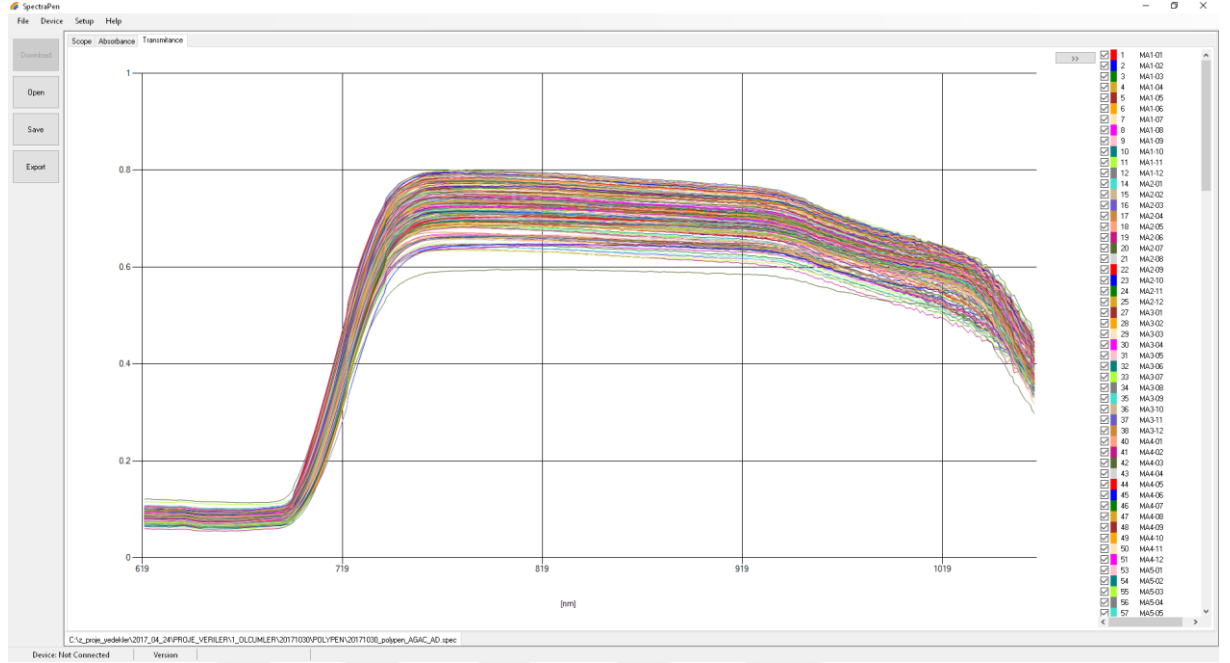
Yapraklarda yansıma (reflectance) ölçümleri el tipi yaprak spektrometresiyle (Polypen RP-400, PSI) yapılmıştır (Şekil 3.21). Ölçümlerden önce cihaz standart referans paneli ile kalibre edilmiştir (Ptushenko ve ark. 2015, Lopez ve ark. 2016, Owen 2014)



Şekil 3.21. Spektrometre ile yaprak yansımalarının ölçülmesi

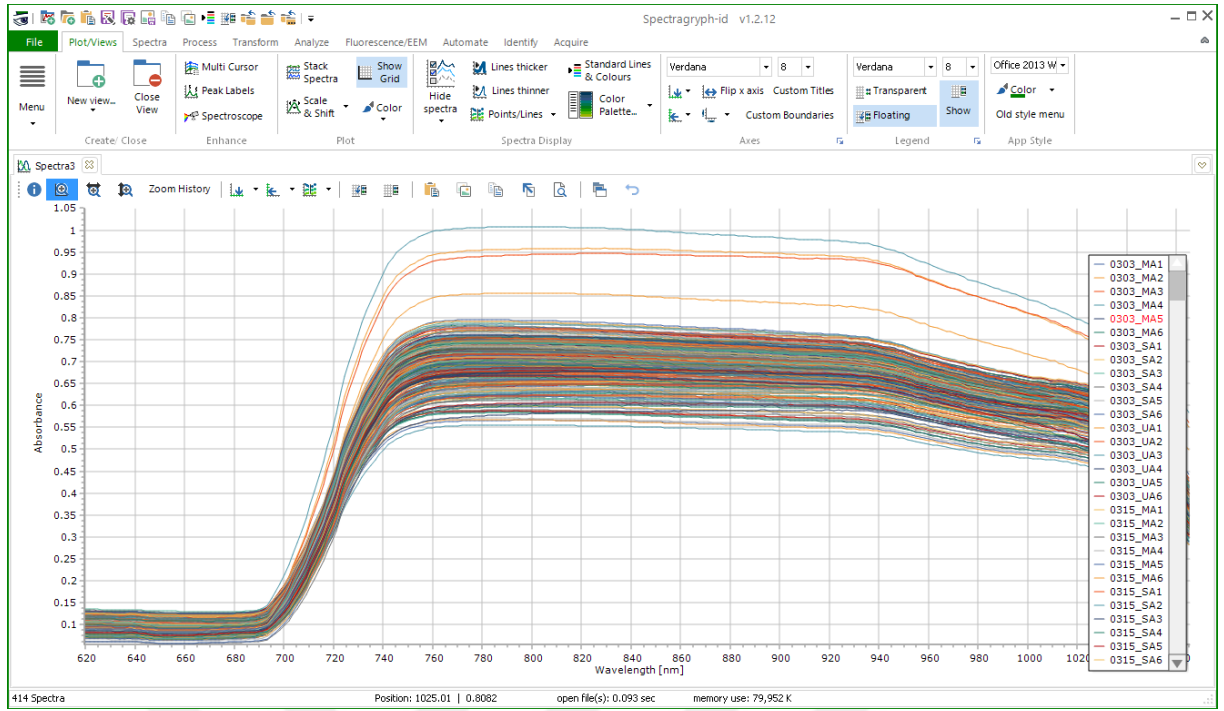
Her ölçüm tarihinde, toplam 3 bahçe ve her bahçeden 6 ağaçtan 12’şer yaprağa ait yansımalar ölçülmüş, cihaz ile sağlanan SpectraPen (Versiyon 1.0.0.9, PSI, 2013) yazılımı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.22). Spectrapen yazılımında ağaç ve ölçüm kodları

düzenlenmiş ve her ölçüm dönemine ait dosyalar hem spec formatında, hem de csv formatında kaydedilmiştir.



Şekil 3.22. Spectrapen yazılımında spektral verilerin elde edilmesi

Her ölçüm döneminde her bir ağaçtan alınan yaprak spektral yansımalarının ortalamaları, Spectragryph (Version 1.1.10, Menges F, 2018) kullanılarak alınmıştır (**Şekil 3.23**).



Şekil 3.23. Spectragryph yazılımı ara birimi

Spektrometre farklı dalga boylarından elde edilen ham değerler üzerinden spektral indeksler oluşturulmuştur (Kahrman ve ark. 2016) (EK-1).

Araştırmada, spektral veriler ile yaprak su göstergeleri ve klorofil değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla, spektral verilerde farklı ön işlem metodları uygulanmış, bu metodların kısmi en küçük kareler regresyon modeliyle belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Spektral verilerde ön işlem için kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır, araştırmada bunlardan en çok kullanılan 3 yöntemin belirlilik katsayısına etkileri ayrı ayrı araştırılmıştır. Bu yöntemlerde kullanılan ön işlemler, SG (Savitzky-Golay Smoothing, Savitzky-Golay yumuşatması), MSC (Multiplicative Scatter Correction, çarpımsal saçılma düzeltmesi), SNV (Standard Normal Variate, standart normal değişken), MA (Moving Average, hareketli ortalama), MN (Mean Normalization, ortalama normalizasyonu), FD (First Derivative, birinci derece türev) ve SD (Second Derivative, İkinci Derece Türev) işlemleridir.

SG, özellikle spektral değişkenlerin sayısını azaltmadan, yüksek frekanslı gürültüyü filtrelemek ve spektral verilerdeki gürültüyü ortadan kaldırmak için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Kısmi en küçük kareler regresyon modelinden önce uygulanan MN ön

işleminin, eğriliğe bağlı spektral informatif biyolojik değişkenliği azaltmada etkili olduğu bulunmuştur (Zhang ve ark. 2017).

MSC, veri setindeki ortalama spektruma dayalı spektral verilerde çarpma etkilerini telafi eden bir dönüşüm tekniğidir; SNV ise her bir spektrumu merkezleyerek ve ölçekleyerek saçılma etkilerini ortadan kaldırır (Zhang ve ark. 2017). MA işlemi, gürültüyü azaltmak amacıyla uygulanmaktadır (Beghi ve ark.2014) .

İstatistik analizlerde kullanılmak üzere spektral veriler, ham ve 3 farklı ön işlem metodu kullanılarak hazırlanmıştır.

- 1- Ham Veriler (Kahriman ve ark. 2016)
- 2- FD, SD, SNV, MSC (Kahriman ve ark. 2017)
- 3- SNV, FD (Kahriman ve ark. 2016)
- 4- MA, SG gürültü giderimi, MSC, FD ve SD (Zhang ve ark. 2017)

Spektral verilerde ön işlemler, Spectragryph (Version 1.1.10, Menges 2018) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.11. İstatistik analizler

3.2.11.1. Varyans Analizleri

Deneme, her ağaç ayrı bir tekerrür kabul edilerek, tarih ve bahçe faktörlü, 6 tekerrürlü tesadüf parselleri deneme desenine göre uygulanmıştır. Ölçüm tarihleri, dönemler , bahçeler ve ağaçlar itibariyle yaprak su göstergeleri ve klorofil içerikleri arasındaki farkın anlamlılık testleri varyans analizleri ile yapılmış, farkın anlamlı bulunması halinde çoklu karşılaştırma testleri Student T testi ile değerlendirilmiştir.

İstatistik analizler, JMP 14 Trial(SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2019). yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.11.2. Regresyon Analizleri

Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız iki değişkenin bir değerine göre açıklanan değişkenliğinin(varyansın) miktarıdır, iki değişken arasındaki ilişkinin uygunluğunun bir göstergesidir ve belirlilik(determinant) katsayısı(R^2) olarak tanımlanmaktadır. Regresyon

katsayısı(belirlilik katsayısı), bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni ne kadar güçlü bir şekilde tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür. R^2 değeri, model ile bağımlı değişkenler arasındaki varyans oranını vermekte ve bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni ne kadar iyi tahmin edebildiğini göstermektedir (Padem ve ark. 2012).

Regresyon analizlerinde öncelikle varyans analizi ile modelin uygunluğu p değeri üzerinden değerlendirilmiş, p değeri açısından anlamlı (significant) olan modellerde belirlilik katsayıları bulunmuştur.

3.2.11.3. Çoklu Regresyon Analizleri

Yaprak su göstergeleri, klorofil içeriği ile spektral veriler ve uydu görüntüleri band piksel değerleri arasındaki ilişkilerin açıkladığı varyasyon miktarı, belirleme katsayısı (R^2) ve kareler hata ortalaması (Mean Square Error, MSE) ile değerlendirilmiştir. Genel olarak modelin performansı, R^2 ve hata kareler ortalamasının karekökünün (Root Mean Square Error, RMSE) tahminindeki farklılıklar karşılaştırılarak tahmin edilmiştir. Modellerin hassasiyeti ve doğruluğu, R^2 değerinin en yüksek, RMSE değerinin ise en düşük olduğu durumlara göre değerlendirilmiştir (Wang, 2002) . Yine elde edilen çizelgelerde örnek sayısı(n), hata serbestlik derecesi (degrees of freedom for error, DFE), MSE ve belirlilik katsayısı(R^2) belirtilmiştir.

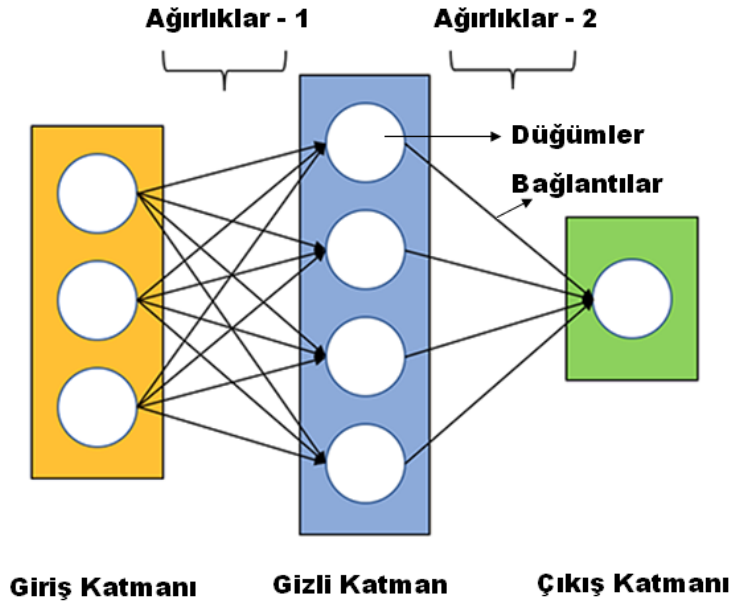
Kısmi en küçük kareler regresyon(Partial Least Squares, PLS) modeli, spektral verilerden güvenilir regresyon modelleri geliştirmek için kullanılan en güvenilir yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Spektral dalga boyları arasındaki yüksek korelasyonların (multicollinearity) regresyon modeline olumsuz etkilerinden kaçınmayı mümkün kılmakta ve Stepwise regresyon veya temel bileşenler analizi (PCA) ile karşılaştırıldığında daha iyi tahmin performansı göstermektedir. Kısmi en küçük kareler regresyon modeli, kemometri ve diğer alanlarda güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Kısmi en küçük kareler regresyon modelinde de modelin performansı, tahmin edilen değişken ile değişken arasındaki belirlilik katsayısı(R^2) ve kareler hata ortalamasının karekökü (RMSE) arasındaki farklılıklar karşılaştırılarak mukayese edilmiştir(Villarroya 2002).

3.2.11.4. Yapay Sinir Ağları

Mancuso ve ark. (2002), bitkisel ürünlerin fenolojik dönemlerinin belirlenmesinin, sulama, gübreleme, ilaçlama ve hasat gibi tarımsal faaliyetlerin planlama faaliyetleri

açısından önemli olduğunu belirtmişlerdir. Yapay sinir ağları yöntemi ile klimakterik modeller kullanılarak zeytin fenolojik dönemlerindeki değişimin belirlenebileceğini ve yapay sinir ağlarının fenolojik dönemlerin belirlenmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Öztemel (2006), yapay sinir ağlarını (YSA), örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturan, benzer konularda karar verebilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlamaktadır. Yapay sinir ağları, doğrusal olmayan bir tahmin yöntemi olduğundan, doğrusal tahmin yöntemlerinin istatistiksel varsayımlarının sağlanmadığı verilerde kullanılabilmekte ve daha uygun sonuçlar üretebilmektedir (Karahana, 2015). Arı ve Berberler (2017), Ermiş (2005); Küçükkocaoğlu ve ark. (2007)'na göre YSA'nın, genel olarak tahminlerde, kümeleme çalışmalarında, yüksek oranlarda doğru olması istenen sınıflandırmalarda karmaşık verilerin modellenmesinde kullanılmakta olduğunu bildirmektedir. Örnek yapay sinir ağları modeli, Şekil 3.24 de gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Örnek yapay sinir ağları yapısı (Anonim 2019j)

Yapay sinir ağları ile sınıflandırma analizleri, Kfold doğrulama yöntemi ile 10 düğümlü ve tek gizli katmanlı bir yapay sinir ağları modeli ile gerçekleştirilmiştir.

Yapay sinir ağıları ile elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde belirlilik katsayısı, entropi R^2 , hata kareler ortalamasının karekökü, ortalama mutlak sapma ve hatalı sınıflandırma oranı dikkate alınmıştır (Takma ve ark. 2012)

Entropi R^2 değerinin 1'e yakın olması, sınıflandırmaların mükemmel bir şekilde tahmin edildiğini göstermektedir (Anonim 2019l).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu araştırmada, Gemlik çeşidi zeytinin farklı fenolojik dönemlerinde yersel ölçümlerle elde edilen yaprak su göstergeleri, klorofil içerikleri ile optik ve radar uydularından elde edilen yansıma ve geri saçılma değerleri ile spektrometre spektral yansıma değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Öncelikle yersel ölçümler istatistiksel açıdan ayrı ayrı değerlendirilmiş, daha sonra bu veriler optik, SAR ve spektrometre verileri ile birlikte değerlendirilerek aralarındaki istatistiksel ilişkiler incelenmiş, son olarak spektral analizler, optik, SAR ve spektrometre verileri, fenolojik dönemler açısından sınıflandırma analizlerine tabi tutulmuştur.

Araştırma kapsamında arazi ölçümleri, 03.03.2017 tarihinde başlamış ve 10.11.2017 tarihinde sona ermiştir.

4.1. Araştırma Alanı Toprak ve Yaprak Analizlerine ait bulgular

Öncelikle araştırma yapılan bahçelerde zeytin ağaçlarının fiziksel gelişim durumları değerlendirilmiş, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları laboratuvarlarında toprak ve yaprak analizleri yapılmıştır. Toprak ve yaprak analizleri için örnekler, 2017 Ocak ayında alınmıştır. Toprak analizleri Çizelge 4.1’de, yaprak analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak analiz sonuçları

	Derinlik cm	İşba	pH	EC25 (µmhos/ cm)	Kireç(%)	Organik Madde (%)	Alınabilir Fosfor (ppm)	Değişebilir Potasyum(ppm)
Merkez	0-30	37	6,34	403	0,40	1,67	15	318
		<i>Tınlı</i>	<i>H. asit</i>	<i>Tuzsuz</i>	<i>Çok Az</i>	<i>Az</i>	<i>Orta</i>	<i>Yüksek</i>
Sölöz	0-30	33	7,45	282	0,60	0,91	62	318
		<i>Tınlı</i>	<i>Nötr</i>	<i>Tuzsuz</i>	<i>Çok Az</i>	<i>Çok Az</i>	<i>Yüksek</i>	<i>Yüksek</i>
Üreğil	0-30	39	7,22	406	0,40	1,60	60	368
		<i>Tınlı</i>	<i>Nötr</i>	<i>Tuzsuz</i>	<i>Çok Az</i>	<i>Az</i>	<i>Yüksek</i>	<i>Çok yüksek</i>

Çizelge 4.2. Yaprak analiz sonuçları

	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	P (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Merkez	0,67	1,37	0,13	0,12	86,73	35,06	12,5	411,18
	Yeter	Yeter	Noksanlık gösterebilir	Yeter	Yeter	Yeter	Noksan	Yüksek
Sölöz	0,66	1,48	0,12	0,11	78,3	37,02	12,27	353,35
	Yeter	Yeter	Noksanlık gösterebilir	Yeter	Yeter	Yeter	Noksan	Yüksek
Üreğil	0,61	0,89	0,08	0,14	94	13,57	13,5	43,5
	Yeter	Noksanlık gösterebilir	Noksanlık gösterebilir	Yeter	Yeter	Noksan	Noksan	Yüksek

Yapılan toprak ve yaprak analiz sonuçlarına göre toprak ve bitki özelliklerinin büyük oranda benzerlikler gösterdiği fakat bununla birlikte bazı farklılıklarında bulunduğu görülmüştür.

Toprak analiz sonuçlarına göre her üç bahçe de tınlı bünyeye sahip, eser miktarda kireç içeren ve çok düşük miktarda tuz içeren topraklardan oluşmuştur. Az miktarda organik madde içeren her üç bahçenin de bitkinin yararlanabileceği potasyum içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Alınabilir fosfor içerikleri açısından Sölöz ve Üreğil de bulunan bahçelerin yüksek içeriğe sahip olduğu görülürken Yalova Merkez ilçede bulunan bahçenin orta seviyede fosfor içerdiği bulunmuştur. Toprak reaksiyonu açısından elde edilen değerlerde de çok büyük farklılıklar olmadığı belirlenmiştir. Yalova Merkez ilçede bulunan bahçeden alınan toprak hafif asit özellikte bulunurken diğer iki bahçenin nötr toprak reaksiyonuna sahip olduğu saptanmıştır.

4.2. Fenolojik Gözlemlere İlişkin Bulgular

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan, Bursa bölgesi Gemlik çeşidi zeytin fenolojik dönemlerine ait Çizelge 4.3, aşağıda verilmiştir. Bu çizelgedeki tarihlerden de görülebileceği üzere fenolojik dönemler, yıllık iklim parametrelerine göre değişim göstermektedir.

Çizelge 4.3. Meteoroloji genel müdürlüğü, 2006-2010 fenolojik gözlemler

Dönem	2006	2007	2008	2009	2010
SÜRGÜNLERİN AÇILMASI	3.05.2006	5.05.2007	9.03.2008	9.03.2009	2.04.2010
YENİ YAPRAKLARIN GÖRÜNMESİ	12.05.2006	16.05.2007	25.03.2008	25.03.2009	10.04.2010
ÇİÇEKLENME BAŞLANGICI	21.05.2006	27.05.2007	14.05.2008	11.05.2009	25.04.2010
ÇİÇEKLENME	18.06.2006	12.06.2007	20.05.2008	20.05.2009	12.05.2010
MEYVE BAĞLAMA	29.07.2006	27.06.2007	21.06.2008	18.06.2009	22.06.2010
HASAT OLGUNLUĞU	3.11.2006	28.10.2007	23.10.2008	18.10.2009	23.10.2010

Araştırma kapsamında, 12'şer günlük aralıklarla yapılan gözlemlerde, araştırma alanlarına ait zeytin fenolojik dönemleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (**Çizelge 4.4**).

Çizelge 4.4. Araştırma alanlarına ait fenolojik dönemler

TARİH	YG(Yılın Günü)	ACIKLAMA
2017-03-03	62	Uyku Donemi
2017-03-15	74	Uyku Donemi
2017-03-27	86	Uyku Donemi
2017-04-08	98	Uyku Donemi
2017-04-20	110	Uyku Donemi
2017-04-26	116	Uyku Donemi
2017-05-02	122	Somaklanma Başlangıcı
2017-05-14	134	Somaklanma
2017-05-26	146	Somaklanma
2017-06-07	158	Çiçeklenme - Çiçeklenme Sonu
2017-06-19	170	Meyve Tutumu
2017-07-01	182	Meyve Tutumu, Meyveler Nohut Büyüklüğünde
2017-07-13	194	Meyve Gelişme Donemi
2017-07-25	206	Meyve Gelişme Donemi-Olgunlaşma
2017-08-06	218	Meyve Gelişme Donemi-Olgunlaşma
2017-08-18	230	Meyve Gelişme Donemi-Olgunlaşma
2017-08-30	242	Meyve Gelişme Donemi-Olgunlaşma
2017-09-11	254	Meyve Gelişme Donemi-Olgunlaşma
2017-09-23	266	Meyve Gelişme Donemi-Son Aşama
2017-10-05	278	Yeşil Olum Donemi
2017-10-17	290	Yeşil Olum Donemi
2017-10-29	302	Siyah Olum Dönemi
2017-11-10	314	Siyah Olum Dönemi

2017 yılına ait yersel gözlemlerde, iklimsel farklılıklar sebebiyle fenolojik dönemlerde yaklaşık 16 günlük bir değişimin olduğu görülmüştür.

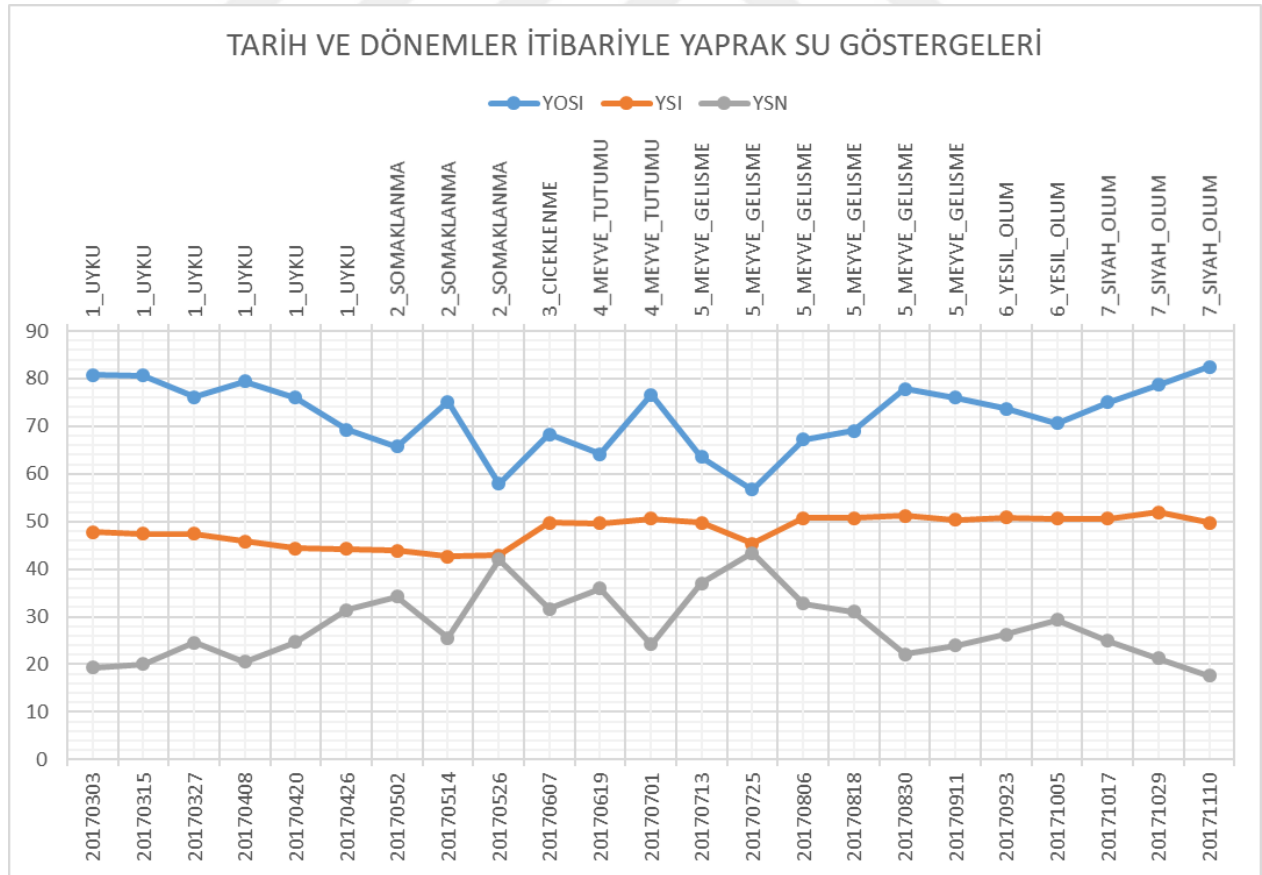
4.3.Yaprak Su Göstergelerine Ait Bulgular

Yaprak su göstergelerine ilişkin ölçümler, 03.03.2017 tarihinde başlamış ve 10.11.2017 tarihinde sona ermiştir. Tüm ölçüm tarihlerinde tüm bahçelerden elde edilen yaprak oransal su içeriği, yaprak su içeriği ve yaprak su noksanlığı değerleri ile ilgili temel istatistik veriler, Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Bahçelerde, tüm ölçüm tarihlerinde ölçülen yaprak su göstergelerine ait temel istatistikler

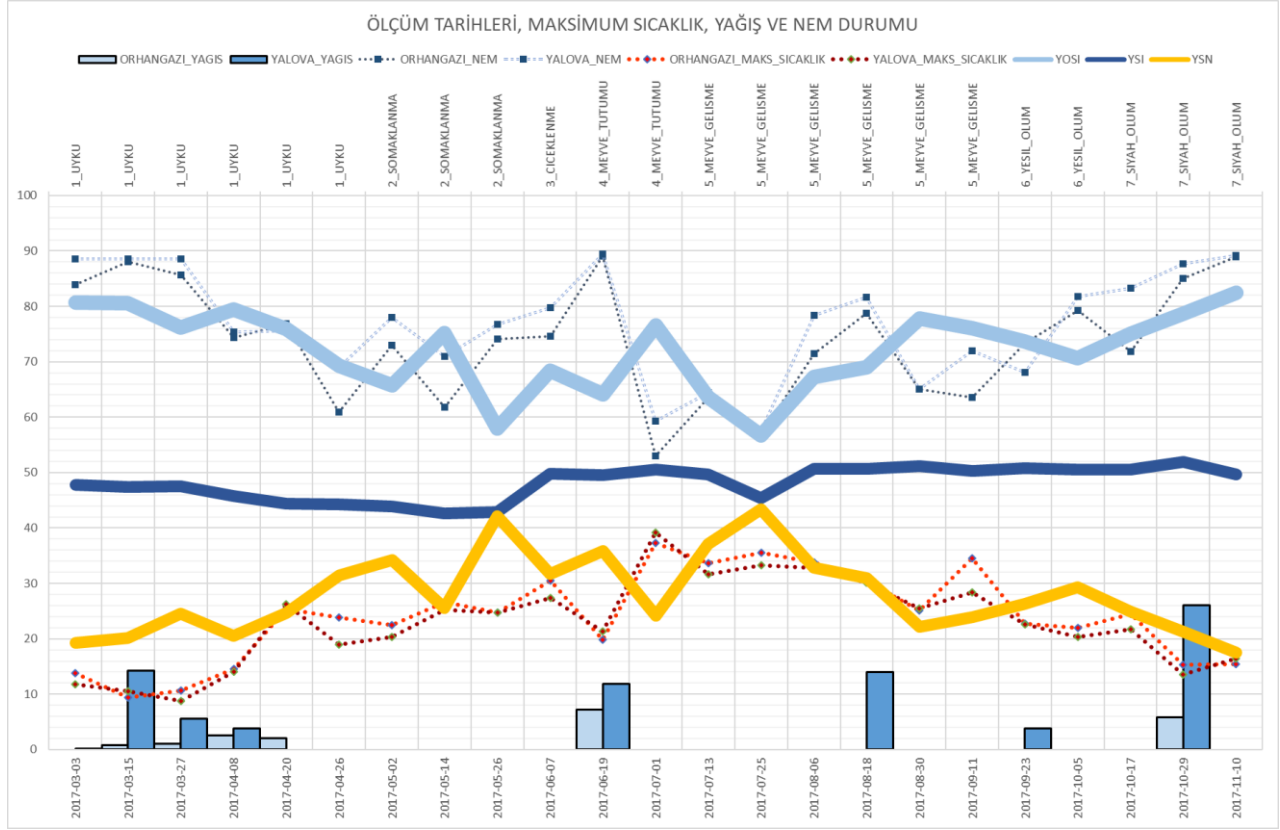
Temel İstatistikler	YOSI	YSI	YSN
Ortalama	72.20	48.14	27.99
Standart Sapma	7.41	3.15	7.35
Minimum	55.16	40.86	13.56
Maksimum	86.44	52.59	44.84
Medyan	73.98	49.05	26.24
Standart Hata	0.90	0.38	0.89
Varyasyon Katsayısı	10.26	6.54	26.26

Ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle tüm bahçelerden elde edilen yaprak su göstergeleri ortalamalarının değişimi de Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Araştırma alanlarına ait,tarih ve dönemler itibariyle yaprak su göstergeleri (%)

Yaprak su göstergelerinin tarih ve dönemler itibariyle iklimsel parametreler ile ilişkisinin incelenmesi için grafikler birleştirilerek **Şekil 4.2** elde edilmiştir. **Şekil 4.2**'de, ölçüm yapılan tarihler ve bu tarihlerin ait olduğu fenolojik dönemler itibariyle, gün içi maksimum sıcaklık, nem ve yağış değerleri ile ölçülen yaprak su göstergeleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Araştırma alanlarına ait, ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle yaprak su göstergeleri ve iklimsel parametreler

Yaprak su içeriği, yaprak içindeki suyun yaprak ağırlığına oranı iken, yaprak oransal su içeriği, tam doygun haldeki yaprakta bulunan suyun mevcut su içeriğine oranıdır. Yaprak su noksanlığı ise tam doygun yaprakta su doygunluğunun eksikliğini ifade etmektedir. Yaprak oransal su içeriği, Şekil 4.2'den de görülebileceği üzere, fizyolojik faaliyetler ve sıcaklıkların yükselmesiyle uyku döneminden somaklanma dönemi başlangıcına kadar düşmeye başlamaktadır. Somaklanma dönemi ile meyve gelişme döneminin başlangıcına kadar yükselme ve düşüşler görülmektedir. Yaprak oransal su içeriği meyve gelişme döneminin ilk haftalarından son haftalarına kadar yükselmeye başlamakta, yeşil olum döneminin sonuna doğru tekrar düşmekte ve daha sonra siyah olum döneminin sonuna kadar tekrar yükselmektedir.

Yaprak oransal su içeriği değerlerinde 07.06.2017, 01.07.2017 tarihlerinde ve 25.07.2017 tarihinden sonraki yükselmelerin sulama uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Meyve tutumu döneminde 19.06.2017 ve 18.08.2017 tarihlerinde gerçekleşen yağışın yaprak oransal su içeriği değerini arttırdığı düşünülmektedir. 05.10.2017 tarihinde yeşil olum döneminin sonlarına doğru yaprak oransal su içeriği değerindeki düşme de dikkat çekici bulunmuştur. Yaprak oransal su içeriğinin en yüksek olduğu tarih, siyah olum döneminin sonu ve uyku döneminin başlangıcıdır. Bunda kış aylarının başlamasıyla kış yağışlarının ve düşen sıcaklıkların da etkisinin bulunduğu düşünülmektedir. Yaprak su içeriği ise uyku döneminden somaklanma dönemi sonuna kadar azalmakta, çiçeklenme, meyve tutumu ve meyve gelişme dönemlerinin ilk haftalarına kadar yükselmekte, meyve gelişme döneminin ilk haftalarından sonra yaklaşık olarak aynı oranda devam etmektedir. Yaprak su içeriğinin en düşük olduğu tarihler, yaprak oransal su içeriğinin de en düşük olduğu tarihlerle örtüşmektedir.

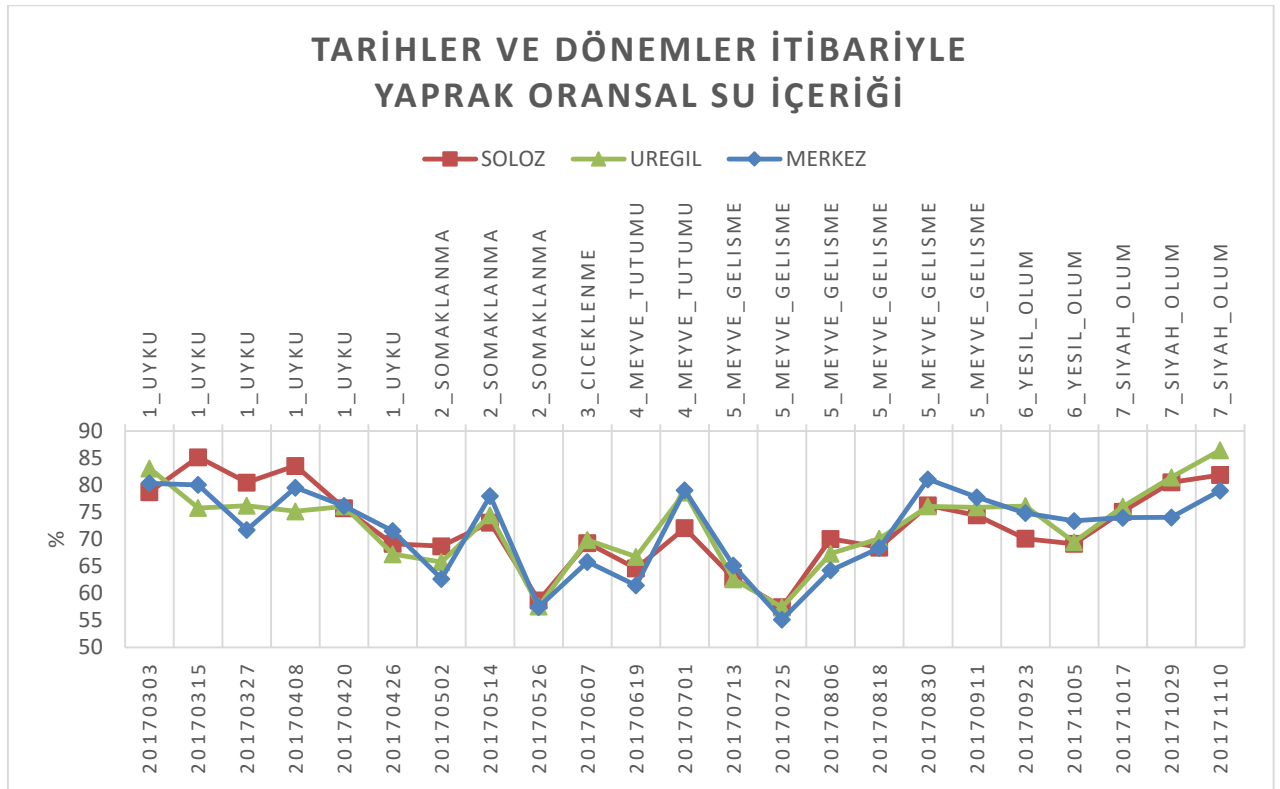
Yaprak su noksanlığı grafiğinin seyri de yaprak oransal su içeriğinin simetriği şeklinde olmaktadır. 26.05.2017 ve 25.07.2017 tarihlerinde yaprak oransal su içeriği ve yaprak su içeriğinin en düşük olduğu tarihlerde yaprak su noksanlığının en yüksek orana çıktığı görülmektedir. Bu ölçüm tarihlerindeki yaprak oransal su içeriği ve yaprak su içeriği değerleri, birbiriyle aynı eğilimi göstermiştir.

4.3.1. Yaprak oransal su içeriğine ait bulgular

Bahçeler itibariyle yaprak oransal su içeriği değerleriyle ilgili temel istatistik göstergeler, **Çizelge 4.6**'da gösterilmiştir. Bahçeler, ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle yaprak oransal su içeriğinin değişim grafiği ise **Şekil 4.3**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Bahçeler itibariyle yaprak oransal su içeriğine ait temel istatistik göstergeler

Temel İstatistikler	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL
Ortalama	71.77	72.41	72.41
Standart Sapma	7.60	7.29	7.30
Minimum	55.16	57.42	57.40
Maksimum	81.10	85.18	86.44
Medyan	73.98	72.05	75.15
Standart Hata	1.62	1.56	1.56
Varyasyon Katsayısı	10.59	10.07	10.08



Şekil 4.3. Araştırma alanlarına ait,tarihler ve dönemler itibariyle yaprak oransal su içeriği

Bahçeler itibariyle ölçüm tarihlerine ait yaprak oransal su içeriği değerleri, **Çizelge 4.7**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Bahçeler itibariyle, tüm ölçümlere ait yaprak oransal su içeriği değerleri

TARİH	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL	ORTALAMA	
20170303	80.36	78.71	83.09	80.72	AB
20170315	80.06	85.18	75.79	80.35	AB
20170327	71.71	80.48	76.20	76.13	DEF
20170408	79.54	83.58	75.15	79.42	ABC
20170420	76.14	75.73	76.09	75.99	DEF
20170426	71.53	69.15	67.23	69.30	HI
20170502	62.67	68.71	65.78	65.72	JK
20170514	78.00	73.09	74.42	75.17	EF
20170526	57.46	58.67	57.57	57.90	L
20170607	65.81	69.31	69.87	68.33	HIJ
20170619	61.44	64.60	66.75	64.26	K
20170701	79.05	72.05	78.64	76.58	CDEF
20170713	65.13	62.80	62.60	63.51	K
20170725	55.16	57.42	57.40	56.66	L
20170806	64.25	70.06	67.35	67.22	IJ

Çizelge 4.7. (Devam) Bahçeler itibariyle, tüm ölçümlere ait yaprak oransal su içeriği değerleri

20170818	68.39	68.48	70.10	68.99	HI
20170830	81.10	76.26	76.08	77.81	BCDE
20170911	77.77	74.42	75.90	76.03	DEF
20170923	74.82	70.10	76.13	73.68	FG
20171005	73.38	69.16	69.49	70.68	GH
20171017	73.98	75.10	76.01	75.03	EF
20171029	74.04	80.52	81.45	78.67	BCD
20171110	79.00	81.88	86.44	82.44	A
ORTALAMA	71.77 ÖD	72.41 ÖD	72.41 ÖD		
	F	p	LSD		
Tarih	43.4619	p<0.0001	3.0261		
Bahçe	0.9203	ÖD			
Varyasyon Katsayısı	6.3924				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler, p<0.0001 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Çizelge 4.7'den de görülebileceği üzere ölçüm tarihleri itibariyle yaprak oransal su içeriği değerleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Bahçeler arasında ise yaprak oransal su içeriği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Araştırma kapsamında en düşük yaprak oransal su içeriği değeri, 26.05.2017 tarihinde %66.16 olarak Merkez bahçesinde, en yüksek değer ise 10.11.2017 tarihinde %86.44 olarak Üreğil bahçesinde ölçülmüştür. Bahçeler ortalaması olarak en düşük yaprak oransal su içeriği değeri, 26.05.2017 tarihinde somaklanma döneminin sonunda ve 25.07.2017 tarihinde meyve gelişme döneminin ilk haftalarında, en yüksek yaprak oransal su içeriği değeri ise 10.11.2017 tarihinde siyah olum döneminde gerçekleşmiştir.

Fenolojik dönemler ve bahçeler itibariyle ölçüm tarihlerine ait yaprak oransal su içeriği değerleri, **Çizelge 4.8'**de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Fenolojik dönemler ve bahçeler itibariyle yaprak oransal su içeriği

DONEM	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL	ORTALAMA	
1_UYKU	76.56	79.08	75.58	77.07	A
2_SOMAKLANMA	66.05	66.82	65.92	66.26	C
3_CICEKLENME	65.81	69.31	69.87	68.33	BC
4_MEYVE_TUTUMU	70.25	68.33	73.24	70.60	B
5_MEYVE_GELISME	69.52	68.51	69.53	69.18	B
6_YESIL_OLUM	73.38	69.16	69.49	70.68	B
7_SIYAH_OLUM	75.67	79.17	81.30	78.71	A
ORTALAMA	71.03	71.48	72.13		
	F	p	LSD		
Tarih	27.12	p<0.0001	2.33		
Bahçe	0.46	ÖD			
Varyasyon Katsayısı	9.85				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler, p<0.0001 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak oransal su içeriği değerleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Fenolojik dönemler açısından en yüksek yaprak oransal su içeriği değerleri, uyku ve siyah olum döneminde, en düşük değer ise somaklanma döneminde ölçülmüştür.

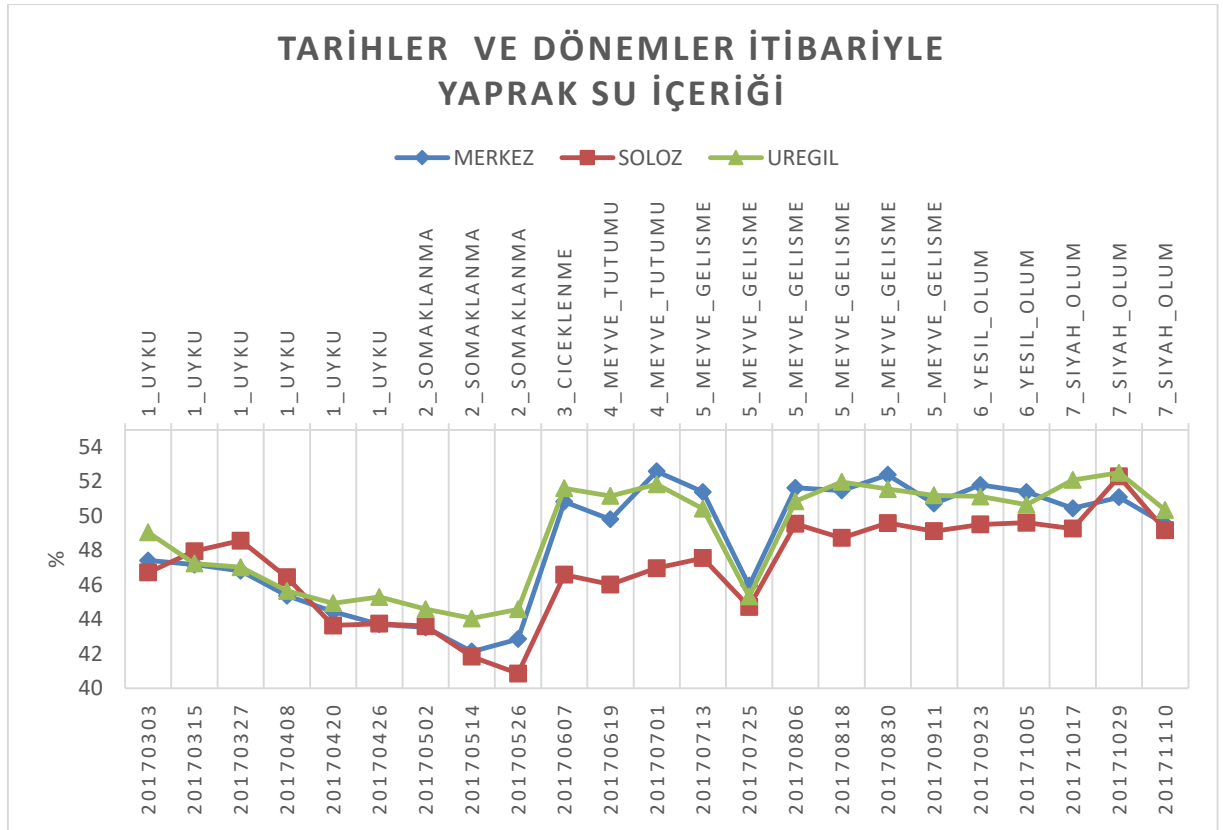
Yine dönemler itibariyle, bahçeler arasında yaprak oransal su içeriği değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

4.3.2. Yaprak su içeriğine ait bulgular

Bahçeler itibariyle yaprak oransal su içeriği değerleriyle ilgili temel istatistik göstergeler, **Çizelge 4.9**'da gösterilmiştir. Bahçeler, ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle yaprak oransa su içeriğinin değişimi **Şekil 4.4**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Bahçeler itibariyle yaprak su içeriğine ait temel istatistik göstergeler

Temel İstatistikler	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL
Ortalama	48.46	47.05	48.92
Standart Sapma	3.36	2.79	2.96
Minimum	42.13	40.86	44.06
Maksimum	52.59	52.29	52.51
Medyan	49.80	47.56	50.42
Standart Hata	0.72	0.60	0.63
Varyasyon Katsayısı	6.94	5.94	6.05



Şekil 4.4. Araştırma alanlarına ait, tarihler ve dönemler itibariyle yaprak su içeriği

Bahçeler itibariyle ölçüm tarihlerine ait yaprak su içeriği değerleri, **Çizelge 4.10**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Bahçeler itibariyle, tüm ölçümlere ait yaprak su içeriği değerleri

TARİH	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL	ORTALAMA	
20170303	47.42	46.73	49.05	47.73	F
20170315	47.18	47.96	47.25	47.46	F
20170327	46.82	48.58	47.03	47.48	F
20170408	45.38	46.44	45.65	45.82	G
20170420	44.46	43.65	44.94	44.35	HI
20170426	43.72	43.76	45.31	44.26	HI
20170502	43.54	43.61	44.60	43.92	I
20170514	42.13	41.84	44.06	42.68	J
20170526	42.86	40.86	44.58	42.77	J
20170607	50.83	46.59	51.61	49.68	CDE
20170619	49.80	46.03	51.17	49.00	E
20170701	52.59	46.97	51.84	50.47	BC
20170713	51.40	47.56	50.42	49.79	CDE
20170725	45.96	44.73	45.33	45.34	GH
20170806	51.64	49.54	50.85	50.68	BC

Çizelge 4.10 (Devam) Bahçeler itibariyle, tüm ölçümlere ait yaprak su içeriği değerleri

20170818	51.48	48.73	51.98	50.73	BC
20170830	52.39	49.60	51.56	51.18	B
20170911	50.72	49.12	51.20	50.35	BCDE
20170923	51.80	49.51	51.13	50.81	BC
20171005	51.40	49.62	50.65	50.56	BCD
20171017	50.45	49.27	52.10	50.60	BC
20171029	51.09	52.29	52.51	51.96	A
20171110	49.52	49.18	50.35	49.68	DE
ORTALAMA	48.46 b	47.05 c	48.92 a		
	F	p	LSD		
Tarih	74.41	p<0.0001	0.938		
Bahçe	53.96	p<0.0001	0.346		
Varyasyon Katsayısı	2.97				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler, p<0.0001 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Çizelge 4.10'dan da görülebileceği üzere, ölçüm tarihleri ve bahçeler açısından yaprak su içeriği değerleri arasında istatistiksel olarak $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında en düşük yaprak su içeriği değeri, 26.05.2017 tarihlerinde %40.86 olarak Sölöz bahçesinde, en yüksek değer ise ile 01.07.2017 tarihinde %52.59 olarak Merkez bahçesinde ölçülmüştür. Bahçeler ortalaması olarak en düşük yaprak su içeriği değeri, 14.05.2017 ile 26.05.2017 tarihlerinde somaklanma döneminin sonunda, en yüksek yaprak su içeriği değeri ise 29.10.2017 tarihinde siyah olum döneminde gerçekleşmiştir.

Fenolojik dönemler ve bahçeler itibariyle ölçüm tarihlerine ait yaprak su içeriği değerleri, **Çizelge 4.11**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Fenolojik dönemler önemler itibariyle yaprak su içeriği

DONEM	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL	ORTALAMA	
1_UYKU	45.83	46.19	46.54	46.18	C
2_SOMAKLANMA	42.84	42.20	44.43	43.16	D
3_CICEKLENME	50.83	46.59	51.61	49.68	AB
4_MEYVE_TUTUMU	51.07	46.62	51.51	49.73	AB
5_MEYVE_GELISME	50.74	48.40	50.35	49.83	B
6_YESIL_OLUM	51.40	49.62	50.65	50.56	AB

Çizelge 4.11. (Devam) Fenolojik dönemler önemler itibariyle yaprak su içeriği

7_SİYAH_OLUM	50.35	50.25	51.60	50.73	A
ORTALAMA	49.01 a	47.12 b	49.53 a		
	F	p	LSD		
Tarih	111.99	p<0.0001	0.741		
Bahçe	27.79	p<0.0001	0.471		
Varyasyon Katsayısı	4.08				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler, p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

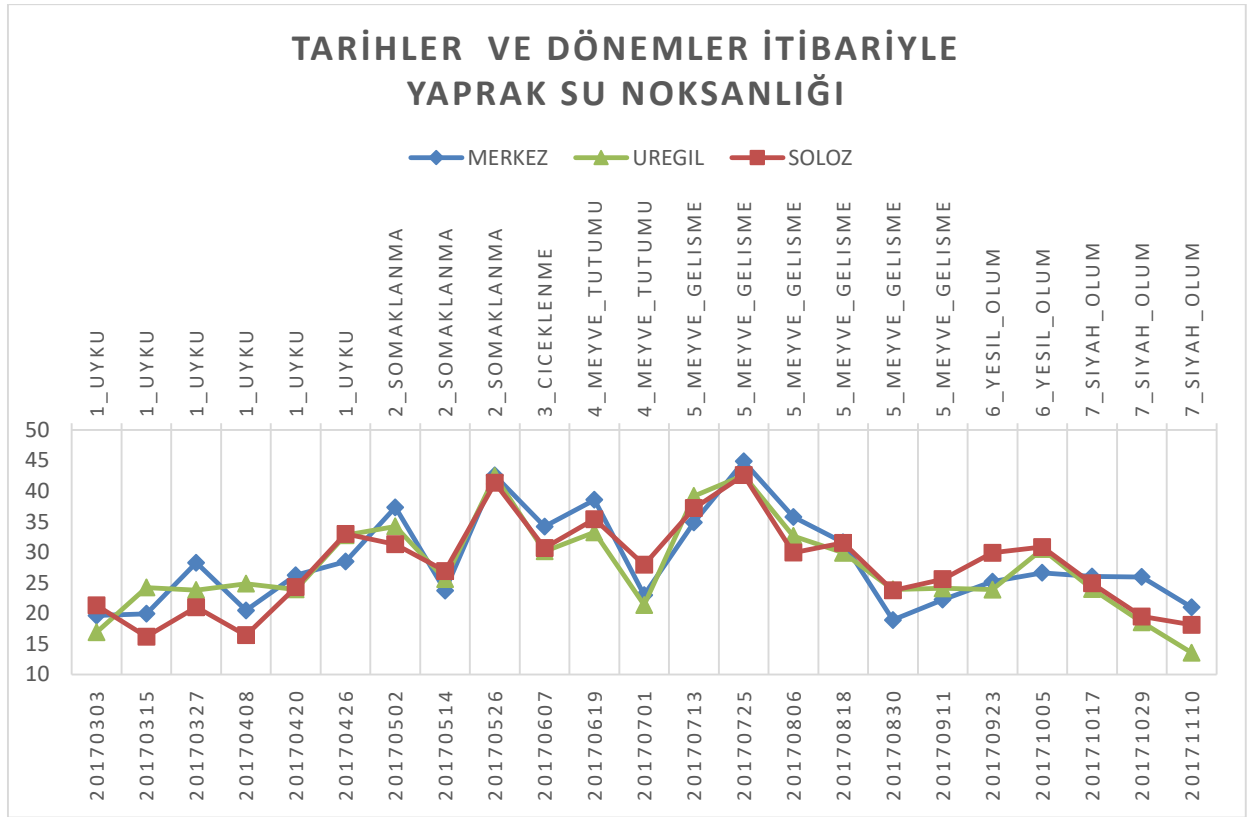
Fenolojik dönemler ve bahçeler itibariyle yaprak su içeriği değerleri arasında istatistiksel açıdan p<0.0001 önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Fenolojik dönemler açısından en yüksek yaprak su içeriği değerleri, siyah olum döneminde, en düşük değer ise uyku döneminde görülmektedir.

4.3.3. Yaprak su noksanlığına ait bulgular

Tüm tarihlerde bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleriyle ilgili temel istatistik göstergeler, **Çizelge 4.12**'de gösterilmiştir. Bahçeler, ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı nın değişimi **Şekil 4.5**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığına ait temel istatistik göstergeler

Temel İstatistikler	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL
Ortalama	28.49	27.81	27.66
Standart Sapma	7.43	7.18	7.41
Minimum	18.90	16.18	13.56
Maksimum	44.84	42.58	42.60
Medyan	26.24	27.95	24.85
Standart Hata	1.58	1.53	1.58
Varyasyon Katsayısı	26.06	25.83	26.79



Şekil 4.5. Araştırma alanlarına ait, tarihler ve dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı

Bahçeler itibariyle ölçüm tarihlerine ait yaprak su noksanlığı değerleri, **Çizelge 4.13**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri

TARİH	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL	ORTALAMA	
20170303	19.64	21.29	16.91	19.28	IJ
20170315	19.94	16.18	24.21	20.11	IJ
20170327	28.29	21.00	23.80	24.36	FG
20170408	20.46	16.42	24.85	20.58	I
20170420	26.24	24.27	23.91	24.81	FG
20170426	28.47	33.00	32.77	31.41	CDE
20170502	37.33	31.29	34.22	34.28	BC
20170514	23.73	26.91	25.58	25.41	F
20170526	42.54	41.33	42.43	42.10	A
20170607	34.19	30.69	30.13	31.67	CDE
20170619	38.56	35.40	33.25	35.74	B
20170701	22.98	27.95	21.36	24.09	FGH
20170713	34.87	37.20	39.18	37.08	B
20170725	44.84	42.58	42.60	43.34	A
20170806	35.75	29.94	32.65	32.78	CD

Çizelge 4.9. (Devam) Ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri

20170818	31.61	31.52	29.90	31.01	DE
20170830	18.90	23.74	23.92	22.19	GHI
20170911	22.23	25.58	24.10	23.97	FGH
20170923	25.18	29.90	23.87	26.32	F
20171005	26.62	30.84	30.51	29.32	E
20171017	26.02	24.90	23.99	24.97	FG
20171029	25.96	19.48	18.55	21.33	HI
20171110	21.00	18.12	13.56	17.56	J
ORTALAMA	28.49	27.81	27.66		
	F	p	LSD		
Tarih	45.11	p<0.0001	2.99		
Bahçeler	1.37	ÖD			
Varyasyon Katsayısı	16.03				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler,, p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Çizelge 4.13'ten de görülebileceği üzere ölçüm tarihleri itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Bahçeler arasında ise yaprak su noksanlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Araştırma kapsamında en düşük yaprak su noksanlığı değeri, 10.11.2017 tarihinde %13.56 olarak Üreğil bahçesinde, en yüksek değer ise ile 25.07.2017 tarihinde %44.84 olarak Merkez bahçesinde ölçülmüştür. Bahçeler ortalaması olarak en düşük yaprak su noksanlığı değeri, 10.11.2017 tarihinde siyah olum döneminin sonunda, en yüksek yaprak su noksanlığı değeri ise 26.05.2017 tarihinde somaklanma döneminin sonunda ve 25.07.2017 tarihinde siyah olum döneminde gerçekleşmiştir.

Bahçe ve dönemler itibariyle ölçüm tarihlerine ait yaprak su noksanlığı değerleri, **Çizelge 4.14'**te gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Dönemler ve bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı

DONEM	MERKEZ	SOLOZ	UREGIL	ORTALAMA	
1_UYKU	23.77	22.23	24.42	23.47	C
2_SOMAKLANMA	35.17	33.18	34.08	34.14	A
3_CICEKLENME	34.19	30.69	30.13	31.67	AB
4_MEYVE_TUTUMU	31.48	31.67	26.76	29.97	B
5_MEYVE_GELISME	30.48	31.49	30.89	30.95	B
6_YESIL_OLUM	26.62	30.84	30.51	29.32	B
7_SIYAH_OLUM	24.33	20.83	18.70	21.29	C

Çizelge 4.14. (Devam) Dönemler ve bahçeler itibariyle yaprak su noksanlığı

ORTALAMA	29.43	28.71	27.93		
	F	p	LSD		
Tarih	27.04	p<0.0001	3.5190		
Bahçe	0.71	ÖD	0.346		
Varyasyon Katsayısı	25.11				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler, p<0.001 önem seviyesinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri arasında istatistiksel açıdan p<0.0001 önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Fenolojik dönemler açısından en yüksek yaprak su noksanlığı değerleri, somaklanma ve çiçeklenme döneminde, en düşük değer ise siyah olum döneminde ölçülmüştür.

Yine dönemler itibariyle, bahçeler arasında yaprak su noksanlığı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

4.4. Klorofil İçeriğine ait bulgular

Çalışmada elde edilen tüm SPAD değerleriyle ilgili temel istatistik göstergeler Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

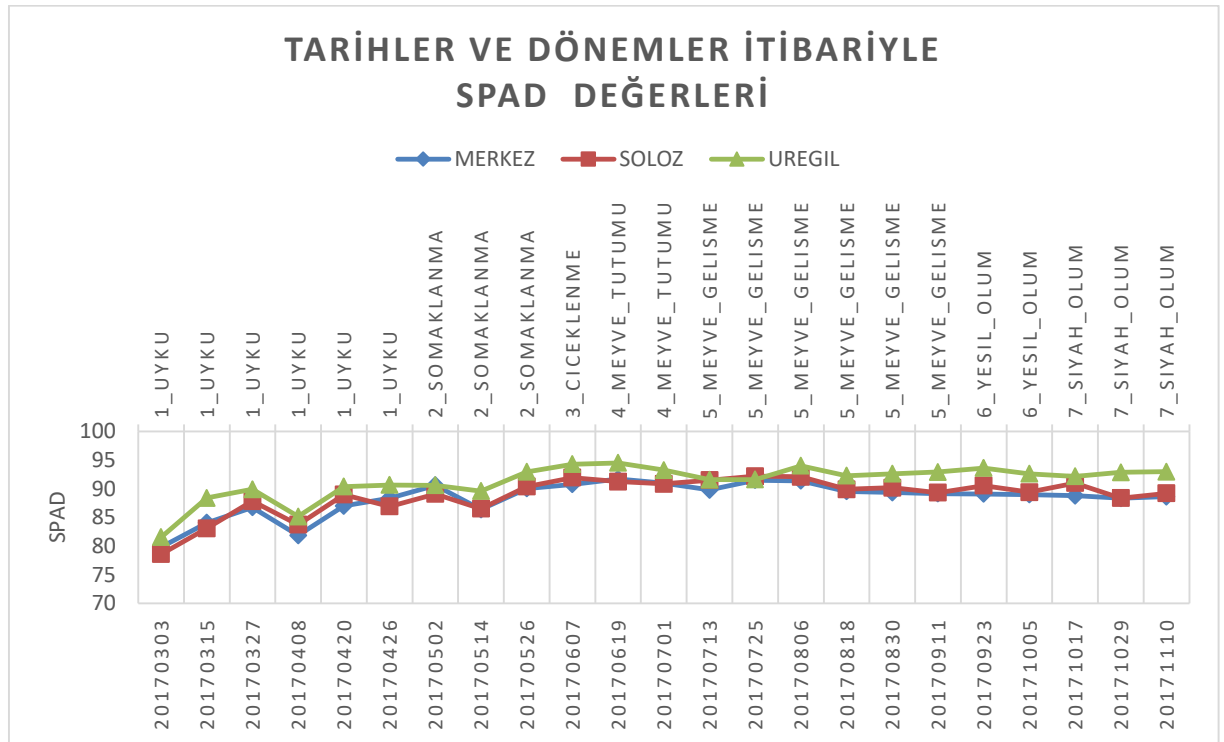
Çizelge 4.15. Çalışmada ölçülen SPAD değerlerine ait temel istatistik göstergeler

Temel İstatistikler	SPAD
Ortalama	89.50
Standart Sapma	3.29
Minimum	78.60
Maksimum	94.51
Medyan	90.03
Standart Hata	0.40
Varyasyon Katsayısı	0.45

Bahçeler itibariyle SPAD değerleriyle ilgili temel istatistik göstergeler ise, **Çizelge 4.16**’da gösterilmiştir. Ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle bahçelere ait SPAD değerlerinin değişimi ise **Şekil 4.6**’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Bahçeler itibariyle SPAD değerlerine ait temel istatistik göstergeler

Temel İstatistikler	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL
Ortalama	88.47	88.87	91.31
Standart Sapma	3.26	3.43	3.27
Minimum	78.28	76.52	79.38
Maksimum	93.34	92.95	95.67
Medyan	89.27	89.78	92.34
Standart Hata	0.28	0.30	0.28
Varyasyon Katsayısı	3.69	3.85	3.58



Şekil 4.6. Araştırma alanlarına ait, tarihler ve dönemler itibariyle SPAD değerleri

Bahçeler itibariyle ölçüm tarihlerine ait SPAD değerleri ise, **Çizelge 4.17**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri

TARİH	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL	ORTALAMA	
20170303	79.83	78.60	81.56	80.00	J
20170315	84.05	83.09	88.38	85.17	H
20170327	86.75	87.83	89.90	88.16	FG
20170408	81.87	83.72	85.15	83.58	I
20170420	86.98	88.98	90.36	88.77	F
20170426	88.34	86.91	90.65	88.63	F
20170502	90.59	89.09	90.60	90.09	DE

Çizelge 4.17. (Devam) Ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri

20170514	86.38	86.52	89.59	87.50	G
20170526	90.03	90.36	92.93	91.10	BCD
20170607	90.77	91.92	94.26	92.32	A
20170619	91.68	91.23	94.51	92.47	A
20170701	90.98	90.84	93.23	91.68	ABC
20170713	89.79	91.48	91.58	90.95	BCD
20170725	91.48	92.19	91.61	91.76	AB
20170806	91.37	92.06	93.99	92.47	A
20170818	89.53	89.89	92.26	90.56	DE
20170830	89.33	90.17	92.60	90.70	CDE
20170911	89.16	89.30	92.90	90.45	DE
20170923	89.08	90.52	93.60	91.07	BCD
20171005	88.97	89.39	92.59	90.32	DE
20171017	88.78	90.99	92.15	90.64	DE
20171029	88.34	88.36	92.85	89.85	E
20171110	88.62	89.19	92.96	90.26	DE
ORTALAMA	88.38 c	88.81 b	91.31 a		
	F	p	LSD		
Tarih	63.34	P<0.0001	1.081		
Bahçeler	138.14	P<0.0001	0.380		
Varyasyon Katsayısı	0.017				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler, p<0.001 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.					
ÖD: Önemli Değil					

Çizelge 4.17'den de görülebileceği üzere ölçüm tarihleri ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında en düşük SPAD değeri, 03.03.2017 tarihinde 78.6 olarak Sölöz bahçesinde, en yüksek değer ise ile 19.06.2017 tarihinde %94.51 olarak Üreğil bahçesinde ölçülmüştür. Bahçeler ortalaması olarak en düşük yaprak SPAD değeri, 03.03.2017 tarihinde uyku döneminde, en yüksek SPAD değeri ise 19.06.2017 ve 06.08.2017 tarihinde meyve tutumu ve meyve gelişme döneminde gerçekleşmiştir.

Bahçeler ve dönemler itibariyle ölçüm tarihlerine ait SPAD değerleri, **Çizelge 4.18'**de gösterilmiştir.

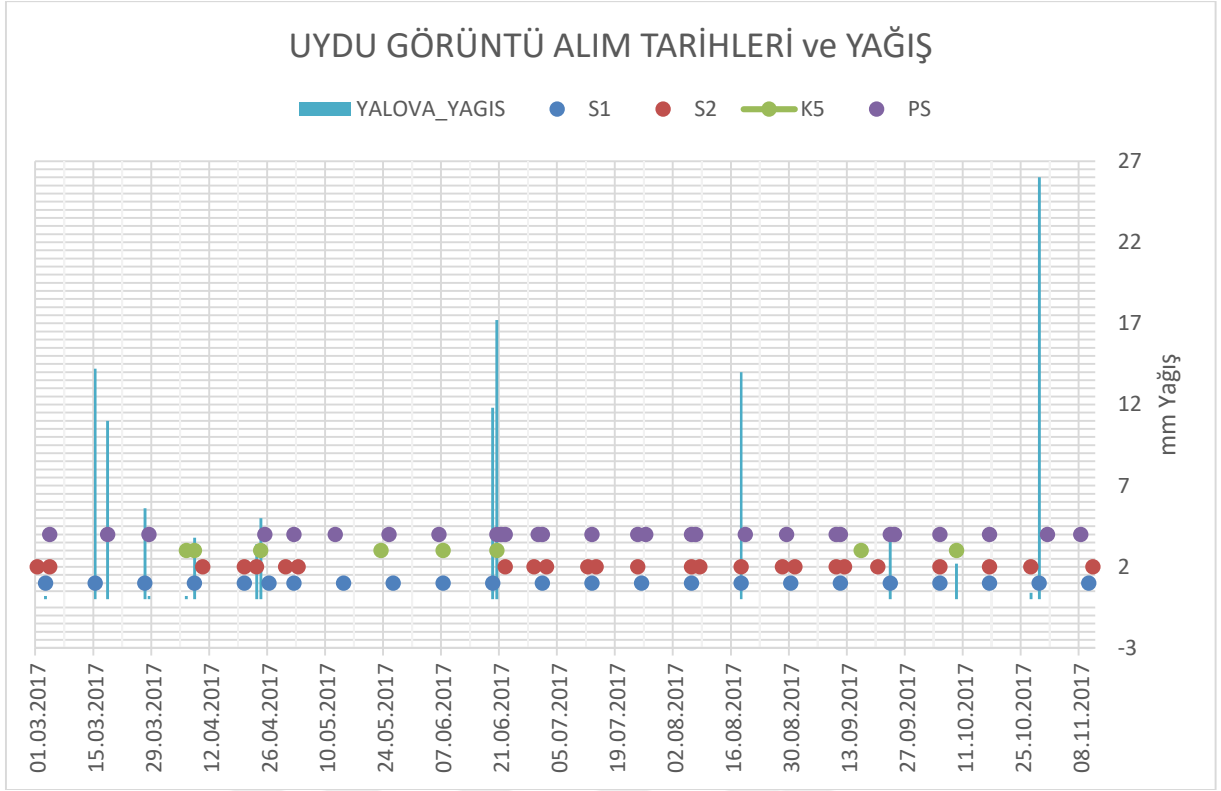
Çizelge 4.18. Dönemler ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri

DONEM	MERKEZ	SOLOZ	UREGİL		
1_UYKU	84.62	84.82	87.67	85.70	D
2_SOMAKLANMA	88.91	88.74	91.04	89.56	C
3_CICEKLENME	90.77	91.92	94.26	92.32	A
4_MEYVE_TUTUMU	91.33	91.03	93.87	92.08	A
5_MEYVE_GELISME	89.96	90.80	92.65	91.14	B
6_YESIL_OLUM	88.97	89.39	92.59	90.32	BC
7_SIYAH_OLUM	88.58	89.51	92.65	90.25	C
ORTALAMA	89.02 b	89.46 b	92.10 a		
	F	p	LSD		
Tarih	67.13	p<0.0001	1.182		
Bahçe	62.24	p<0.0001	1.115		
Varyasyon Katsayısı	2.62				
Aynı sütun veya aynı satırdaki farklı harfler,p<0.001 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Fenolojik dönemler ve bahçeler itibariyle SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı farkların olduğu belirlenmiştir. Fenolojik dönemler açısından en yüksek SPAD değeri, çiçeklenme ve meyve tutumu dönemlerinde, en düşük değer ise uyku döneminde ölçülmüştür.

4.5. Optik ve SAR Uydu Görüntü Analizlerine Ait Bulgular

PlanetScope, Sentinel-2, Kompsat-5 ve Sentinel-1 uydu görüntüleri çekim tarihleri ile aynı tarihlerdeki yağış durumuna ait grafik, Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Uydu görüntüleri alım tarihleri ile yağış durumu

Özellikle radar uydu görüntülerinin analizinde, uydu geçişinden hemen önceki bir yağış olayının radar geri saçılmalarını önemli ölçüde etkileyebildiği, yağmurdan sonra geri saçılmanın daha yüksek olduğu, bunun bitkinin fenolojik dönemleri ile açıklanamayacağı, yağmurdan sonra alınan görüntüler açısından dikkatli olunması gerektiği, yağışlı günlere ait görüntülerin analizinde yağış etkisinin de dikkate alınması gerektiği, bu verilerin analiz dışı bırakılabileceği bildirilmektedir(Mengdahl 2013, Mitchell ve ark. 2012, Haagsma 2015, Mascolo 2014, Mitchell ve ark. 2012)

Araştırmada toprağı örtme oranı yüksek, 7m sıra arası ve 6.5m sıra üzeri mesafe ile dikilmiş, taç genişliği 6m ile 7m arasında değişen, 4m'den yüksek ağaçlar seçildiğinden toprak etkisi(toprak nemi içeriği ve yüzey pürüzlülüğü) dikkate alınmamıştır.

Uydu görüntülerinin analizinde öncelikle, tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek tüm değişkenlerin varyans analizi sonucu elde edilen model ile tahmin değerleri hesaplanmış, yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği ile ilişkileri belirlenmiştir. Daha sonra tüm ölçüm dönemlerinde elde edilen değerler üzerinden yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği ile aralarındaki belirlilik katsayıları hesaplanmıştır. Ardından, dönemsel analizlerde, fenolojik

dönemler arasındaki farklılığı ortaya koyması açısından her değişkene ait dönemsel değerlendirmeler yapılmıştır.

4.5.1. Optik uydu görüntü analizleri

4.5.1.1. Planetscope görüntü analizlerine ait bulgular

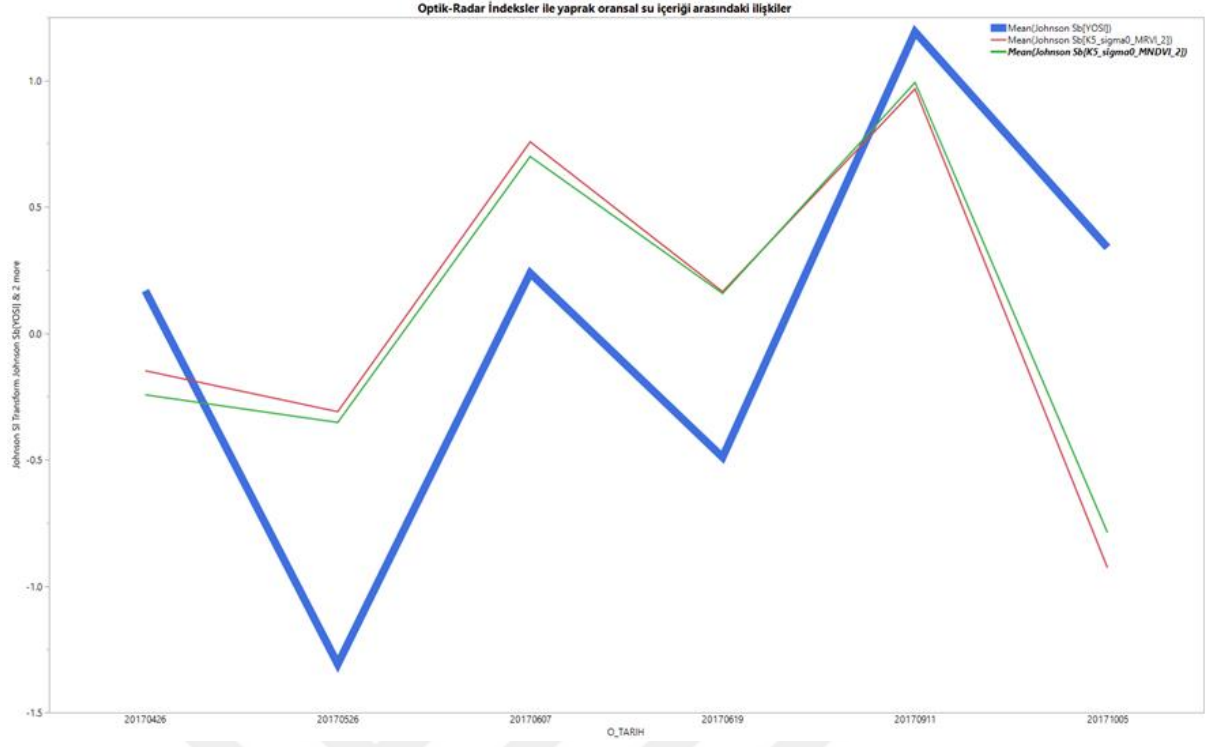
Bu bölümde, PlanetScope optik uydu görüntülerinden elde edilen farklı bandlara ait band piksel değerleri, farklı oranlama formülleriyle elde edilen optik indeksleri ve Kompsat-5 HV polarizasyonu ile füzyon ile elde edilmiş optik-radar indeksler ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Araştırmada PlanetScope'un SR(surface reflectance) ürünleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin analizinde öncelikle, tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek tüm değişkenlerin varyans analizi sonucu elde edilen model ile tahmin değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile PlanetScope band ve optik indeks değerleri, tüm ölçüm tarihleri dikkate alınarak her bir yaprak göstergesi ve SPAD içeriği açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Daha sonra fenolojik dönemlerdeki ilişkilerin ortaya konması açısından, yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile PlanesScope band, optik indeks, optik-radar indeksleri, fenolojik dönemler dikkate alınarak her bir yaprak göstergesi ve SPAD içeriği açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Yaprak Oransal Su İçeriği

Planetscope ile Kompsat-5 optik-radar indeks değerlerinin yaprak oransal su içeriği ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.8**'de, optik-radar indeks değerlerinin yaprak oransal su içeriği ile eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. PlanetScope optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.19**'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YOSI	B1	96	94	0.74	0.00	ÖD
YOSI	B2	96	94	0.73	0.00	ÖD
YOSI	B3	96	94	0.73	0.01	ÖD
YOSI	B4	96	94	0.66	0.11	**
YOSI	ARVI	96	94	0.73	0.00	ÖD
YOSI	EVI	96	94	0.74	0.00	ÖD
YOSI	GREEN_BLUE_2	96	94	0.73	0.01	ÖD
YOSI	GREEN_RED_1	96	94	0.71	0.04	ÖD
YOSI	GREENNESS	96	94	0.74	0.00	ÖD
YOSI	GRVI1	96	94	0.71	0.04	ÖD
YOSI	LAI	96	94	0.62	0.15	***
YOSI	NDVI	96	94	0.73	0.01	ÖD
YOSI	NDVI_GREEN_NIR	96	94	0.71	0.03	ÖD
YOSI	NDWI	96	94	0.73	0.01	ÖD
YOSI	PSRI_NIR	96	94	0.74	0.00	ÖD
YOSI	RDVI	96	94	0.68	0.08	**
YOSI	SAVI 2	96	94	0.73	0.01	ÖD
YOSI	SAVI_1	96	94	0.73	0.01	ÖD
YOSI	WDVI	96	94	0.62	0.15	***
YOSI	K5_1D_HV_MEVİ_DB	96	94	0.70	0.06	*
YOSI	K5_1D_HV_MNDVI_DB	96	94	0.65	0.11	***
YOSI	K5_1D_HV_MRVI_DB	96	94	0.68	0.08	**

*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece B4(R²=0.11, p<0.01) bandı ile bulunmuştur.

Optik indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, sadece LAI (R²=0.15, p<0.001) ve WDVI (R²=0.15, p<0.05) indeksleriyle elde edilmiştir.

Optik-radar indeksler ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları, K5_1D_HV_MNDVI (R²=0.11, p<0.001), K5_1D_HV_MRVI_DB(R²=0.08, p<0.01) ve K5_1D_HV_MEVİ_DB(R²=0.06, p<0.05) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm değerleri açısından değerlendirildiğinde PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.20**'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YOSI	B1	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	B2	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	B3	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	B4	94	92	0.96	0.06	*
YOSI	ARVI	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	EVI	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	GREEN_BLUE_2	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	GREEN_RED_1	94	92	1.02	0.01	ÖD
YOSI	GREENNESS	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	GRVI1	94	92	1.02	0.01	ÖD
YOSI	LAI	94	92	0.96	0.06	*
YOSI	NDVI	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	NDVI_GREEN_NIR	94	92	1.00	0.02	ÖD
YOSI	NDWI	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	PSRI_NIR	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	RDVI	94	92	0.99	0.04	ÖD
YOSI	SAVI_1	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	SAVI_2	94	92	1.02	0.00	ÖD
YOSI	WDVI	94	92	0.96	0.06	*
YOSI	K5_1D_HV_MEVI_DB	94	92	0.98	0.04	*
YOSI	K5_1D_HV_MNDVI_DB	94	92	0.95	0.07	*
YOSI	K5_1D_HV_MRVI_DB	94	92	0.97	0.05	*
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

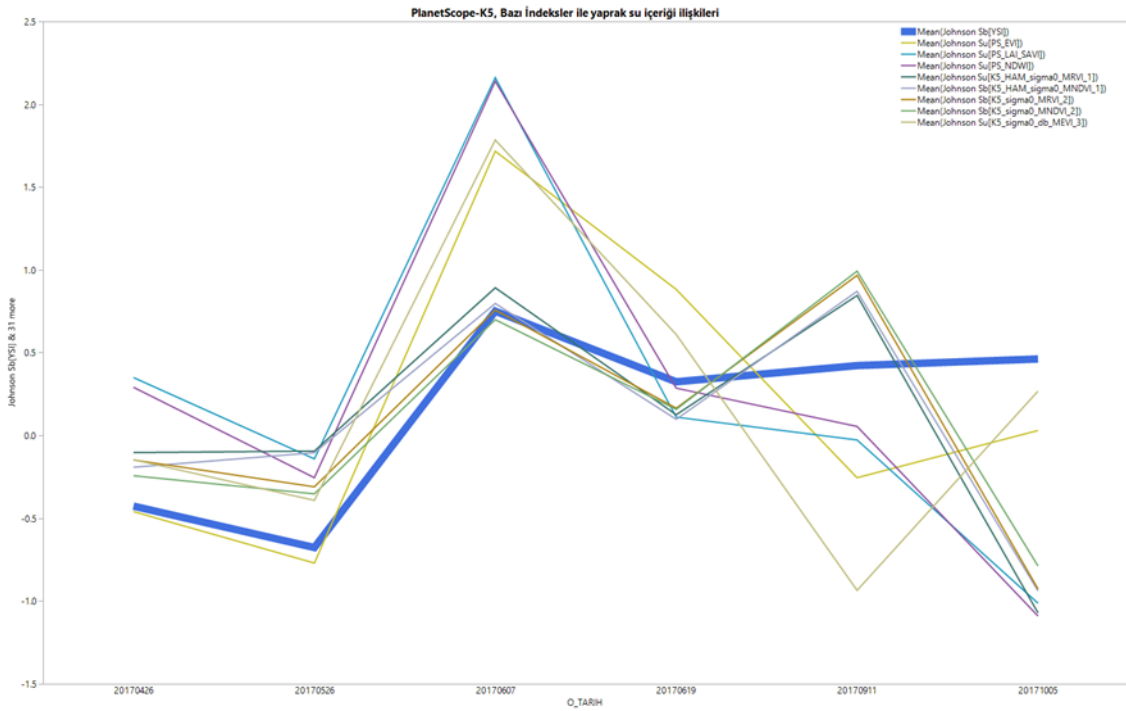
Tüm dönemlerden elde edilen band değerleri ile yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları sadece B4 ($R^2=0.06$, $p<0.05$) bandı olarak bulunmuştur.

Optik indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları, sadece LAI ($R^2=0.06$, $p<0.05$) ve WDVI ($R^2=0.06$, $p<0.05$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Optik-radar indeksler açısından, istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları, K5_1D_HV_MNDVI ($R^2=0.07$, $p<0.05$), K5_1D_HV_MEV1_DB($R^2=0.05$, $p<0.05$) ve K5_1D_HV_MRVI_DB($R^2=0.04$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Yaprak Su İçeriği

Planetscope optik indeksleri ve Planetscope ile Komsat-5 optik-radar indeks değerlerinin yaprak su içeriği ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.9**'de, indeks değerlerinin yaprak su içeriği ile eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. Planetscope band ve optik-radar değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.21**'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	B1	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	B2	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	B3	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	B4	96	94	0.29	0.02	ÖD
YSI	ARVI	96	94	0.29	0.02	ÖD
YSI	EVI	96	94	0.17	0.41	***
YSI	GREEN_BLUE_2	96	94	0.28	0.03	ÖD
YSI	GREEN_RED_1	96	94	0.14	0.53	***
YSI	GREENNESS	96	94	0.24	0.17	***
YSI	GRVI1	96	94	0.14	0.53	***
YSI	LAI	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	NDVI	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	NDVI_GREEN_NIR	96	94	0.29	0.01	ÖD
YSI	NDWI	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	PSRI_NIR	96	94	0.17	0.40	***
YSI	RDVI	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	SAVI 2	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	SAVI_1	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	WDVI	96	94	0.29	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_HV_MEVI_DB	96	94	0.26	0.10	**
YSI	K5_1D_HV_MNDVI_DB	96	94	0.28	0.05	*
YSI	K5_1D_HV_MRVI_DB	96	94	0.29	0.01	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Optik indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_RED_1 ($R^2=0.53$, $p<0.001$), GRVI1 ($R^2=0.53$, $p<0.001$) ve EVI ($R^2=0.41$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Optik-radar indeksler açısından, istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları, K5_1D_HV_MEVI ($R^2=0.10$, $p<0.001$), K5_1D_HV_MNDVI_DB ($R^2=0.05$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm değerleri açısından değerlendirildiğinde, PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.22**'te verilmiştir.

Çizelge 4.22. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	B1	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	B2	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	B3	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	B4	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	ARVI	91	89	0.33	0.02	ÖD
YSI	EVI	91	89	0.27	0.21	***
YSI	GREEN_BLUE_2	91	89	0.34	0.01	ÖD
YSI	GREEN_RED_1	91	89	0.26	0.24	***
YSI	GREENNESS	91	89	0.32	0.07	**
YSI	GRVI1	91	89	0.26	0.24	***
YSI	LAI	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	NDVI	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	NDVI_GREEN_NIR	91	89	0.34	0.01	ÖD
YSI	NDWI	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	PSRI_NIR	91	89	0.28	0.19	***
YSI	RDVI	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	SAVI_1	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	SAVI_2	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	WDVI	91	89	0.34	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_HV_MEVİ_DB	91	89	0.33	0.03	ÖD
YSI	K5_1D_HV_MNDVI_DB	91	89	0.33	0.03	ÖD
YSI	K5_1D_HV_MRVI_DB	91	89	0.34	0.01	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tüm dönemlerden elde edilen band değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Optik indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_RED_1 ($R^2=0.24$, $p<0.001$), GRVI1 ($R^2=0.24$, $p<0.001$) ve EVI ($R^2=0.20$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Optik-radar indeksleriyle istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar bulunmamıştır.

Yaprak Su Noksanlığı

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su noksanlığı ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.23**'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSN	B1	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	B2	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	B3	96	94	0.72	0.01	ÖD
YSN	B4	96	94	0.66	0.09	**
YSN	ARVI	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	EVI	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	GREEN_BLUE_2	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	GREEN_RED_1	96	94	0.69	0.05	*
YSN	GREENNESS	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	GRVI1	96	94	0.69	0.05	*
YSN	LAI	96	94	0.63	0.13	***
YSN	NDVI	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	NDVI_GREEN_NIR	96	94	0.71	0.03	ÖD
YSN	NDWI	96	94	0.72	0.01	ÖD
YSN	PSRI_NIR	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	RDVI	96	94	0.68	0.07	*
YSN	SAVI_2	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	SAVI_1	96	94	0.73	0.00	ÖD
YSN	WDVI	96	94	0.63	0.13	***
YSN	K5_1D_HV_MEVİ_DB	96	94	0.69	0.05	*
YSN	K5_1D_HV_MNDVI_DB	96	94	0.65	0.11	***
YSN	K5_1D_HV_MRVI_DB	96	94	0.67	0.08	**
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece B4(R²=0.09, p<0.01) bandı ile bulunmuştur.

Yaprak su noksanlığı ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, sadece LAI ($R^2=0.13$, $p<0.001$) ve WDVİ ($R^2=0.13$, $p<0.001$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeksler, istatistiksel açıdan anlamlı ve belirlilik katsayıları, K5_1D_HV_MNDVI ($R^2=0.11$, $p<0.001$) ve K5_1D_HV_MRVI_DB($R^2=0.08$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm değerleri açısından değerlendirildiğinde, PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.24**'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R^2	
YSN	B1	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	B2	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	B3	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	B4	95	93	0.96	0.06	*
YSN	ARVI	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	EVI	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	GREEN_BLUE_2	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	GREEN_RED_1	95	93	1.01	0.01	ÖD
YSN	GREENNESS	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	GRVI1	95	93	1.01	0.01	ÖD
YSN	LAI	95	93	0.96	0.06	*
YSN	NDVI	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	NDVI_GREEN_NIR	95	93	1.00	0.02	ÖD
YSN	NDWI	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	PSRI_NIR	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	RDVI	95	93	0.98	0.04	ÖD
YSN	SAVI_1	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	SAVI_2	95	93	1.02	0.00	ÖD
YSN	WDVI	95	93	0.96	0.06	*
YSN	K5_1D_HV_MEVI_DB	95	93	0.98	0.04	ÖD
YSN	K5_1D_HV_MNDVI_DB	95	93	0.95	0.07	**
YSN	K5_1D_HV_MRVI_DB	95	93	0.97	0.05	*
*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tüm dönemlerden elde edilen band değerleri ile yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece B4($R^2=0.06$, $p<0.05$) bandı ile bulunmuştur.

Yaprak su noksanlığı ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, sadece LAI ($R^2=0.06$, $p<0.05$) ve WDVİ ($R^2=0.06$, $p<0.05$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeksler, istatistiksel açıdan anlamlı ve belirlilik katsayıları, K5_1D_HV_MNDVI ($R^2=0.07$, $p<0.05$) ve K5_1D_HV_MRVI_DB ($R^2=0.05$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Klorofil

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen SPAD değerleri ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	B1	96	94	0.77	0.01	ÖD
SPAD	B2	96	94	0.77	0.02	ÖD
SPAD	B3	96	94	0.78	0.01	ÖD
SPAD	B4	96	94	0.61	0.22	***
SPAD	ARVI	96	94	0.77	0.02	ÖD
SPAD	EVI	96	94	0.52	0.34	***
SPAD	GREEN_BLUE_2	96	94	0.78	0.00	ÖD
SPAD	GREEN_RED_1	96	94	0.47	0.40	***
SPAD	GREENNESS	96	94	0.49	0.37	***
SPAD	GRVI1	96	94	0.47	0.40	***
SPAD	LAI	96	94	0.72	0.07	**
SPAD	NDVI	96	94	0.78	0.00	ÖD
SPAD	NDVI_GREEN_NIR	96	94	0.71	0.08	**
SPAD	NDWI	96	94	0.78	0.00	ÖD
SPAD	PSRI_NIR	96	94	0.54	0.31	***
SPAD	RDVI	96	94	0.74	0.05	*
SPAD	SAVI 2	96	94	0.78	0.00	ÖD
SPAD	SAVI_1	96	94	0.78	0.00	ÖD
SPAD	WDVI	96	94	0.72	0.07	**
SPAD	K5_1D_HV_MEVI_DB	96	94	0.62	0.20	***
SPAD	K5_1D_HV_MNDVI_DB	96	94	0.78	0.00	ÖD
SPAD	K5_1D_HV_MRVI_DB	96	94	0.78	0.00	ÖD

*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece B4 ($R^2=0.22$, $p<0.001$) bandı ile bulunmuştur.

SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_RED_1 ($R^2=0.40$, $p<0.001$) ve GRVI1($R^2=0.40$, $p<0.001$), GREENNESS ($R^2=0.37$, $p<0.001$) indeksleriyle elde edilmiştir.

SPAD ile optik-radar indeksler açısından, istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece K5_1D_HV_MEVI ($R^2=0.20$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm değerleri açısından PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile SPAD değeri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.26**'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	B1	95	93	0.93	0.00	ÖD
SPAD	B2	95	93	0.93	0.01	ÖD
SPAD	B3	95	93	0.93	0.00	ÖD
SPAD	B4	95	93	0.80	0.15	***
SPAD	ARVI	95	93	0.93	0.01	ÖD
SPAD	EVI	95	93	0.79	0.15	***
SPAD	GREEN_BLUE_2	95	93	0.94	0.00	ÖD
SPAD	GREEN_RED_1	95	93	0.80	0.14	***
SPAD	GREENNESS	95	93	0.84	0.10	**
SPAD	GRVI1	95	93	0.80	0.14	***
SPAD	LAI	95	93	0.90	0.04	*
SPAD	NDVI	95	93	0.93	0.00	ÖD
SPAD	NDVI_GREEN_NIR	95	93	0.89	0.05	*
SPAD	NDWI	95	93	0.94	0.00	ÖD
SPAD	PSRI_NIR	95	93	0.81	0.13	***
SPAD	RDVI	95	93	0.91	0.03	ÖD
SPAD	SAVI_1	95	93	0.93	0.00	ÖD
SPAD	SAVI_2	95	93	0.93	0.00	ÖD
SPAD	WDVI	95	93	0.90	0.04	*
SPAD	K5_1D_HV_MEVİ_DB	95	93	0.85	0.09	**
SPAD	K5_1D_HV_MNDVI_DB	95	93	0.94	0.00	ÖD
SPAD	K5_1D_HV_MRVI_DB	95	93	0.94	0.00	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tüm dönemlerden elde edilen band değerleri ile yapılan regresyon analizlerinde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece B4(R²=0.15, p<0.001) bandı ile bulunmuştur.

SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, EVI (R²=0.15, p<0.001), GREEN_RED_1 (R²=0.14, p<0.001) ve GRVI1(R²=0.14, p<0.001) indeksleriyle elde edilmiştir.

SPAD ile optik-radar indeksler, istatistiksel açıdan anlamlı ve belirlilik katsayıları, sadece K5_1D_HV_MEVİ (R²=0.09, p<0.01) olarak bulunmuştur.

PlanetScope, dönemsel bulgular

Yaprak Oransal Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla, yaprak oransal su içeriği ile PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.27**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Fenolojik dönemler itibarıyla PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	SOMAKLANMA	CİÇEKLENME	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM
B1	0.17 ÖD	0.01 ÖD	0.17 ÖD	0.11 ÖD	0.05 ÖD	0.22 *
B2	0.20 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.10 ÖD	0.09 ÖD	0.28 *
B3	0.30 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD	0.05 ÖD	0.21 ÖD
B4	0.03 ÖD	0.14 ÖD	0.09 ÖD	0.04 ÖD	0.14 ÖD	0.05 ÖD
ARVI	0.20 ÖD	0.04 ÖD	0.17 ÖD	0.01 ÖD	0.09 ÖD	0.09 ÖD
EVI	0.30 *	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.11 ÖD	0.04 ÖD	0.01 ÖD
GREEN_BLUE_2	0.02 ÖD	0.06 ÖD	0.54 ÖD	0.10 ÖD	0.02 ÖD	0.02 ÖD
GREEN_RED_1	0.37 **	0.07 ÖD	0.01 ÖD	0.12 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD
GREENNESS	0.25 *	0.19 ÖD	0.13 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD	0.03 ÖD
GRVI1	0.37 **	0.07 ÖD	0.01 ÖD	0.12 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD
LAI	0.01 ÖD	0.19 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.15 ÖD	0.01 ÖD
NDVI	0.13 ÖD	0.04 ÖD	0.11 ÖD	0.05 ÖD	0.10 ÖD	0.10 ÖD
NDVI_GREEN_NIR	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.13 ÖD	0.14 ÖD	0.04 ÖD	0.40 **
NDWI	0.04 ÖD	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.07 ÖD	0.14 ÖD	0.13 ÖD
PSRI_NIR	0.33 *	0.02 ÖD	0.06 ÖD	0.13 ÖD	0.04 ÖD	0.01 ÖD
RDVI	0.02 ÖD	0.12 ÖD	0.11 ÖD	0.02 ÖD	0.13 ÖD	0.03 ÖD
SAVI_1	0.13 ÖD	0.04 ÖD	0.11 ÖD	0.05 ÖD	0.10 ÖD	0.10 ÖD
SAVI_2	0.13 ÖD	0.04 ÖD	0.11 ÖD	0.05 ÖD	0.10 ÖD	0.10 ÖD
WDVI	0.01 ÖD	0.19 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.15 ÖD	0.01 ÖD
K5_1D_HV_MEVI_DB	0.18 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.12 ÖD	0.13 ÖD
K5_1D_HV_MNDVI_DB	0.03 ÖD	0.02 ÖD	0.12 ÖD	0.19 ÖD	0.21 ÖD	0.27 *
K5_1D_HV_MRVI_DB	0.06 ÖD	0.00 ÖD	0.16 ÖD	0.19 ÖD	0.22 *	0.19 ÖD

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, band değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayısı, sadece B3 ($R^2=0.30$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, GRVI1 ($R^2=0.37$, $p<0.01$), GREEN_RED_1 ($R^2=0.37$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Somaklanma, çiçeklenme ve meyve tutumu dönemlerinde, yaprak oransal su içeriği ile band, optik indeks ve optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band, optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunamaz iken optik-radar indekslerinden sadece K5_1D_HV_MRVI_DB ($R^2=0.22$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, band değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B2 ($R^2=0.28$, $p<0.05$) ve B1 ($R^2=0.22$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen belirlilik katsayısı, sadece NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.40$, $p<0.01$) indeksi ile bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı K5_1D_HV_MEVI_DB ($R^2=0.27$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Yaprak Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su içeriği ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.28**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. Fenolojik dönemler itibariyle PlanetScope band, indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	CİÇEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELİŞME	YESİL_OLUM
B1	0.32 *		0.09 ÖD	0.22 ÖD	0.17 ÖD	0.08 ÖD	0.15 ÖD
B2	0.35 **		0.13 ÖD	0.00 ÖD	0.19 ÖD	0.04 ÖD	0.11 ÖD
B3	0.32 *		0.22 ÖD	0.23 ÖD	0.17 ÖD	0.10 ÖD	0.06 ÖD
B4	0.25 *		0.06 ÖD	0.01 ÖD	0.54 **	0.11 ÖD	0.00 ÖD
ARVI	0.00 ÖD		0.31 *	0.40 ÖD	0.00 ÖD	0.12 ÖD	0.02 ÖD
EVI	0.01 ÖD		0.56 ***	0.43 ÖD	0.14 ÖD	0.06 ÖD	0.02 ÖD
GREEN_BLUE_2	0.05 ÖD		0.01 ÖD	0.42 ÖD	0.12 ÖD	0.08 ÖD	0.12 ÖD
GREEN_RED_1	0.08 ÖD		0.43 **	0.21 ÖD	0.14 ÖD	0.33 *	0.00 ÖD
GREENNESS	0.02 ÖD		0.09 ÖD	0.04 ÖD	0.03 ÖD	0.14 ÖD	0.00 ÖD
GRVI1	0.08 ÖD		0.43 **	0.20 ÖD	0.14 ÖD	0.33 *	0.00 ÖD
LAI	0.09 ÖD		0.10 ÖD	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.17 ÖD	0.02 ÖD
NDVI	0.00 ÖD		0.20 ÖD	0.06 ÖD	0.02 ÖD	0.14 ÖD	0.04 ÖD
NDVI_GREEN_NIR	0.27 *		0.03 ÖD	0.06 ÖD	0.49 **	0.03 ÖD	0.14 ÖD
NDWI	0.00 ÖD		0.10 ÖD	0.00 ÖD	0.05 ÖD	0.06 ÖD	0.07 ÖD
PSRI_NIR	0.01 ÖD		0.51 **	0.47 ÖD	0.16 ÖD	0.05 ÖD	0.02 ÖD
RDVI	0.06 ÖD		0.16 ÖD	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.16 ÖD	0.03 ÖD
SAVI_1	0.00 ÖD		0.20 ÖD	0.06 ÖD	0.02 ÖD	0.14 ÖD	0.04 ÖD
SAVI_2	0.00 ÖD		0.20 ÖD	0.06 ÖD	0.02 ÖD	0.14 ÖD	0.04 ÖD
WDVI	0.09 ÖD		0.10 ÖD	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.17 ÖD	0.02 ÖD
K5_1D_HV_MEVİ_DB	0.01 ÖD		0.19 ÖD	0.37 ÖD	0.15 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
K5_1D_HV_MNDVI_DB	0.03 ÖD		0.08 ÖD	0.36 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.11 ÖD
K5_1D_HV_MRVI_DB	0.01 ÖD		0.12 ÖD	0.23 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, band değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B2 ($R^2=0.35$, $p<0.01$), B1 ($R^2=0.32$, $p<0.05$), B3 ($R^2=0.32$, $p<0.05$) ve B4 ($R^2=0.25$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak sadece NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.27$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Somaklanma döneminde yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmaz iken aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları EVI ($R^2=0.56$, $p<0.001$), PSRI_NIR ($R^2=0.51$, $p<0.01$) ve GREEN_RED_1 ($R^2=0.43$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Çiçeklenme döneminde, yaprak su içeriği ile band, optik indeks ve optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece B4 ($R^2=0.54$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı sadece NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.49$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları GRVI1($R^2=0.33$, $p<0.05$) ve GREEN_RED_1 ($R^2=0.33$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su içeriği ile band, indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunamaz iken optik-radar indekslerinden sadece K5_1D_HV_MRVI_DB ($R^2=0.22$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, yaprak su içeriği ile band, optik indeks ve optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Yaprak Su Noksanlığı

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak su noksanlığı ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.29**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. Fenolojik dönemler itibariyle PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	CİCEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM					
B1	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.17	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.22	*
B2	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.10	ÖD	0.09	ÖD	0.28	*
B3	0.14	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.06	ÖD	0.21	ÖD
B4	0.01	ÖD	0.13	ÖD	0.09	ÖD	0.04	ÖD	0.15	ÖD	0.05	ÖD
ARVI	0.20	ÖD	0.04	ÖD	0.17	ÖD	0.01	ÖD	0.09	ÖD	0.09	ÖD
EVI	0.20	ÖD	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.04	ÖD	0.01	ÖD
GREEN_BLUE_2	0.13	ÖD	0.06	ÖD	0.54	ÖD	0.10	ÖD	0.01	ÖD	0.02	ÖD
GREEN_RED_1	0.27	*	0.07	ÖD	0.01	ÖD	0.12	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD
GREENNESS	0.32	*	0.19	ÖD	0.13	ÖD	0.00	ÖD	0.08	ÖD	0.03	ÖD
GRVI1	0.27	*	0.07	ÖD	0.01	ÖD	0.12	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD
LAI	0.06	ÖD	0.19	ÖD	0.10	ÖD	0.01	ÖD	0.15	ÖD	0.01	ÖD
NDVI	0.17	ÖD	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.10	ÖD	0.10	ÖD
NDVI_GREEN_NIR	0.02	ÖD	0.04	ÖD	0.13	ÖD	0.15	ÖD	0.04	ÖD	0.40	**
NDWI	0.09	ÖD	0.02	ÖD	0.08	ÖD	0.08	ÖD	0.14	ÖD	0.13	ÖD
PSRI_NIR	0.22	ÖD	0.02	ÖD	0.06	ÖD	0.13	ÖD	0.04	ÖD	0.01	ÖD
RDVI	0.09	ÖD	0.12	ÖD	0.10	ÖD	0.02	ÖD	0.14	ÖD	0.03	ÖD
SAVI_1	0.17	ÖD	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.10	ÖD	0.10	ÖD
SAVI_2	0.17	ÖD	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.10	ÖD	0.10	ÖD
WDVI	0.06	ÖD	0.19	ÖD	0.10	ÖD	0.01	ÖD	0.15	ÖD	0.01	ÖD
K5_1D_HV_MEVI_DB	0.16	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.13	ÖD
K5_1D_HV_MNDVI_DB	0.10	ÖD	0.02	ÖD	0.12	ÖD	0.19	ÖD	0.20	ÖD	0.27	*
K5_1D_HV_MRVI_DB	0.13	ÖD	0.00	ÖD	0.16	ÖD	0.19	ÖD	0.21	ÖD	0.19	ÖD

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, band değerleri ile yaprak su noksanlığı arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, GREENNESS ($R^2=0.32$, $p<0.05$), GRVI1 ($R^2=0.27$, $p<0.05$), GREEN_RED_1 ($R^2=0.27$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Somaklanma, çiçeklenme, meyve tutumu ve meyve gelişme dönemlerinde, yaprak su noksanlığı ile band, optik indeks ve optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde, band değerleri ile yaprak su noksanlığı arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B2 ($R^2=0.28$, $p<0.05$) ve B1 ($R^2=0.22$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen belirlilik katsayısı, sadece NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.40$, $p<0.01$) indeksi ile bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri

ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı K5_1D_HV_MNDVI_DB ($R^2=0.27$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Klorofil

Fenolojik dönemler itibarıyla SPAD değerleri ile PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.30**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.30. PlanetScope band, optik indeks ve optik-radar indeksleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	CICEKLENME	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM					
B1	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.17	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.22	*
B2	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.10	ÖD	0.09	ÖD	0.28	*
B3	0.14	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.06	ÖD	0.21	ÖD
B4	0.01	ÖD	0.13	ÖD	0.09	ÖD	0.04	ÖD	0.15	ÖD	0.05	ÖD
ARVI	0.20	ÖD	0.04	ÖD	0.17	ÖD	0.01	ÖD	0.09	ÖD	0.09	ÖD
EVI	0.20	ÖD	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.04	ÖD	0.01	ÖD
GREEN_BLUE_2	0.13	ÖD	0.06	ÖD	0.54	ÖD	0.10	ÖD	0.01	ÖD	0.02	ÖD
GREEN_RED_1	0.27	*	0.07	ÖD	0.01	ÖD	0.12	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD
GREENNESS	0.32	*	0.19	ÖD	0.13	ÖD	0.00	ÖD	0.08	ÖD	0.03	ÖD
GRVI1	0.27	*	0.07	ÖD	0.01	ÖD	0.12	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD
LAI	0.06	ÖD	0.19	ÖD	0.10	ÖD	0.01	ÖD	0.15	ÖD	0.01	ÖD
NDVI	0.17	ÖD	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.10	ÖD	0.10	ÖD
NDVI_GREEN_NIR	0.02	ÖD	0.04	ÖD	0.13	ÖD	0.15	ÖD	0.04	ÖD	0.40	**
NDWI	0.09	ÖD	0.02	ÖD	0.08	ÖD	0.08	ÖD	0.14	ÖD	0.13	ÖD
PSRI_NIR	0.22	ÖD	0.02	ÖD	0.06	ÖD	0.13	ÖD	0.04	ÖD	0.01	ÖD
RDVI	0.09	ÖD	0.12	ÖD	0.10	ÖD	0.02	ÖD	0.14	ÖD	0.03	ÖD
SAVI_1	0.17	ÖD	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.10	ÖD	0.10	ÖD
SAVI_2	0.17	ÖD	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	ÖD	0.10	ÖD	0.10	ÖD
WDVI	0.06	ÖD	0.19	ÖD	0.10	ÖD	0.01	ÖD	0.15	ÖD	0.01	ÖD
K5_1D_HV_MEVI_DB	0.16	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.13	ÖD
K5_1D_HV_MNDVI_DB	0.10	ÖD	0.02	ÖD	0.12	ÖD	0.19	ÖD	0.20	ÖD	0.27	*
K5_1D_HV_MRVI_DB	0.13	ÖD	0.00	ÖD	0.16	ÖD	0.19	ÖD	0.21	ÖD	0.19	ÖD

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, band değerleri ile SPAD arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak sadece B4 ($R^2=0.31$, $p<0.05$) bulunmuştur. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile SPAD arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen tek indeks, NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.41$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Somaklanma döneminde, band değerleri ile SPAD arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B3 ($R^2=0.47$, $p<0.01$), B1 ($R^2=0.38$, $p<0.01$) ve B2 ($R^2=0.38$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik

katsayıları, SAVI ($R^2=0.45$, $p<0.01$), NDVI ($R^2=0.45$, $p<0.01$) ve SAVI2 ($R^2=0.45$, $p<0.01$) indeksleri ile bulunmuştur. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı K5_1D_HV_MRVI_DB ($R^2=0.24$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Çiçeklenme döneminde, SPAD değerleri ile band, indeks ve optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde band değerleri ile SPAD arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B2 ($R^2=0.83$, $p<0.001$), B3 ($R^2=0.82$, $p<0.001$) ve B1 ($R^2=0.81$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDWI ($R^2=0.72$, $p<0.001$), NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.69$, $p<0.001$) ve GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.68$, $p<0.001$) indeksleri ile elde edilmiştir. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları K5_1D_HV_MRVI_DB ($R^2=0.47$, $p<0.01$), K5_1D_HV_MNDVI_DB ($R^2=0.30$, $p<0.05$) ve K5_1D_HV_MEVI_DB ($R^2=0.25$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde band değerleri ile SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B1 ($R^2=0.66$, $p<0.001$), B2 ($R^2=0.51$, $p<0.001$) ve B3 ($R^2=0.48$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDWI ($R^2=0.48$, $p<0.01$), SAVI ($R^2=0.46$, $p<0.01$) ve NDVI ($R^2=0.46$, $p<0.01$) indeksleri ile elde edilmiştir. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde, band değerleri ile SPAD arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B3 ($R^2=0.29$, $p<0.05$) ve B2 ($R^2=0.25$, $p<0.05$) ile elde edilmiştir. Aynı dönemde optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı olarak elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ARVI ($R^2=0.28$, $p<0.05$), PSRI_NIR ($R^2=0.26$, $p<0.05$) indeksleri ile elde edilmiştir. Optik-radar indeks değerleri ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları K5_1D_HV_MEVI_DB ($R^2=0.26$, $p<0.05$), K5_1D_HV_MRVI_DB ($R^2=0.25$, $p<0.05$) ve K5_1D_HV_MNDVI_DB ($R^2=0.25$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

4.5.1.2. Sentinel-2 Görüntü Analizleri

Bu bölümde, Sentinel-2 optik uydu görüntülerinden elde edilen farklı bandlara ait piksel değerleri, farklı oranlama formülleriyle elde edilen indeksler ve füzyon ile elde edilmiş indeksler ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Araştırmada GEE ortamından elde edilen Sentinel-2'nin 1C seviyeli görüntüleri kullanılmıştır. GEE ortamından elde edilen band ve indeks değerleri, Sentinel-1 görüntüleri ile birleştirilerek optik-radar indeksler de elde edilmiştir.

Sentinel-2 uydu görüntülerinin analizinde öncelikle, tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek tüm değişkenlerin varyans analizi sonucu elde edilen model ile tahmin değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca tüm ölçüm tarihleri dikkate alınarak her bir yaprak göstergesi ve SPAD içeriği açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Daha sonra fenolojik dönemlerdeki ilişkilerin ortaya konması açısından, yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile GEE ortamından elde edilen değerler, fenolojik dönemler dikkate alınarak her bir yaprak göstergesi ve SPAD içeriği açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Yaprak Oransal Su İçeriği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 Band tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.31**'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	240	238	0.75	0.00	ÖD
B02	240	238	0.74	0.02	*
B03	240	238	0.69	0.08	***
B04	240	238	0.68	0.10	***
B05	240	238	0.67	0.10	***
B06	240	238	0.65	0.14	***
B07	240	238	0.65	0.14	***
B08	240	238	0.67	0.12	***
B08A	240	238	0.66	0.12	***
B09	240	238	0.59	0.22	***
B10	240	238	0.62	0.17	***
B11	240	238	0.64	0.15	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.22$, $p<0.001$), B10 ($R^2=0.17$, $p<0.001$), B11 ($R^2=0.156$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

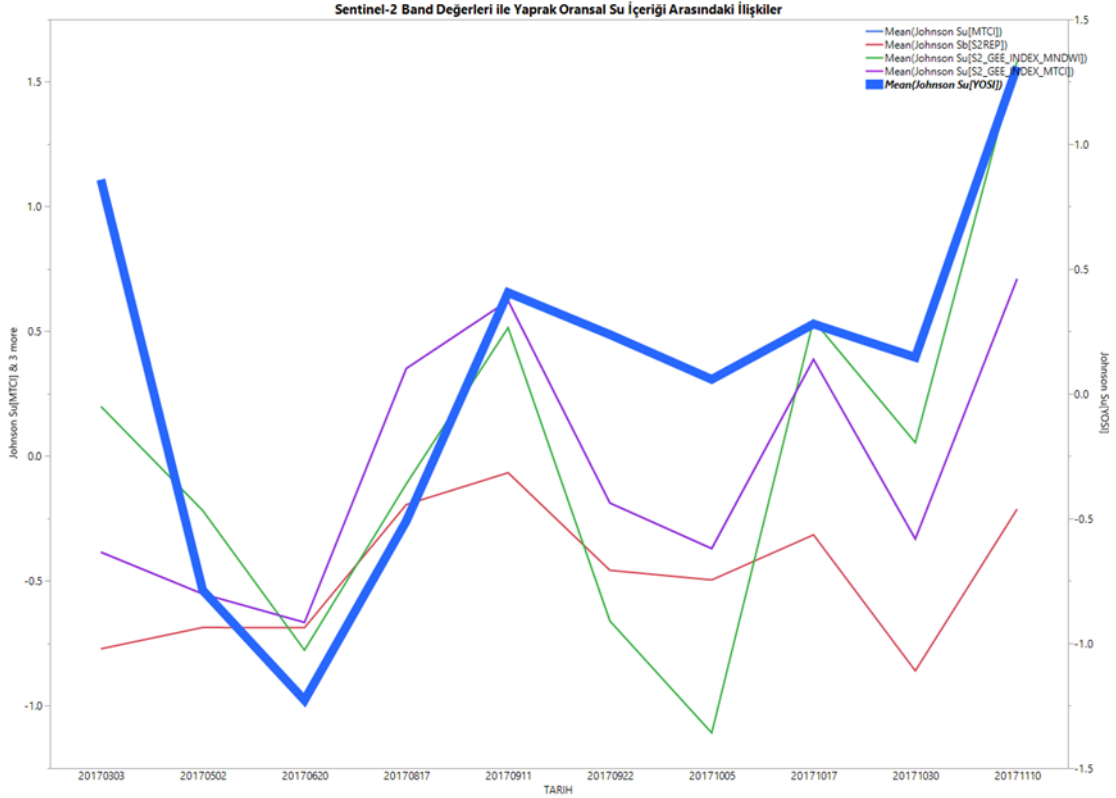
Tüm ölçüm değerleri açısından, Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen band değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.32**'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Sentinel-2 band değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	239	237	1.01	0.00	ÖD
B02	239	237	1.00	0.01	ÖD
B03	239	237	0.97	0.04	**
B04	239	237	0.97	0.03	**
B05	239	237	0.96	0.04	**
B06	239	237	0.97	0.04	**
B07	239	237	0.96	0.04	**
B08	239	237	0.97	0.04	**
B08A	239	237	0.97	0.04	**
B09	239	237	0.90	0.10	***
B11	239	237	0.92	0.09	***
B12	239	237	0.95	0.06	***
*, p<0.05, **,p<0.01, ***,p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tüm dönemlerde Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen band değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.10$, $p<0.001$), B11 ($R^2=0.09$, $p<0.001$), B12 ($R^2=0.06$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Sentinel-2 optik indeks değerlerinin yaprak oransal su içeriği ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.10**'de, optik indeks değerlerinin yaprak su içeriği ile eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Sentinel-2 Optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 Optik indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.33**'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YOSI	ARI	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	ARVI	240	238	0.65	0.13	***
YOSI	DVI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YOSI	EVI	240	238	0.62	0.17	***
YOSI	EVI_RE	240	238	0.71	0.06	***
YOSI	GCI	240	238	0.74	0.01	ÖD
YOSI	GREEN_BLUE_1	240	238	0.61	0.19	***
YOSI	GREEN_BLUE_2	240	238	0.56	0.26	***
YOSI	GREEN_RED_1	240	238	0.69	0.08	***
YOSI	GREENNESS	240	238	0.71	0.05	***
YOSI	GRVI1	240	238	0.69	0.08	***
YOSI	IREFI	240	238	0.75	0.00	ÖD
YOSI	LAI	240	238	0.75	0.00	ÖD
YOSI	MCARI	240	238	0.62	0.18	***
YOSI	MI	240	238	0.71	0.05	***
YOSI	MNDWI	240	238	0.72	0.04	**
YOSI	MSI	240	238	0.72	0.05	***
YOSI	MSR705	240	238	0.63	0.17	***
YOSI	MTCI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YOSI	NBR	240	238	0.71	0.05	***
YOSI	NDBI	240	238	0.72	0.05	***
YOSI	NDI_45	240	238	0.75	0.01	ÖD
YOSI	NDII	240	238	0.72	0.05	***
YOSI	NDVI	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	NDVI_GREEN_NIR	240	238	0.74	0.01	ÖD
YOSI	NDVI705	240	238	0.74	0.02	*
YOSI	NDVIA_RE	240	238	0.74	0.02	*
YOSI	NDWI	240	238	0.74	0.01	ÖD
YOSI	NIR_RED_1	240	238	0.75	0.01	ÖD
YOSI	NIR_RED_2	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	PSRI	240	238	0.62	0.18	***
YOSI	PSRI_NIR	240	238	0.58	0.23	***
YOSI	RDVI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YOSI	RE_NDVI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YOSI	REIP	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	RENDWI	240	238	0.72	0.04	**
YOSI	S2REP	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	SAVI_1	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	SAVI_2	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	SAVI_RE	240	238	0.74	0.02	*
YOSI	SIPI	240	238	0.59	0.21	***
YOSI	SIPI2	240	238	0.58	0.23	***
YOSI	THREE_BAND_RATIO	240	238	0.73	0.03	**
YOSI	WDVI	240	238	0.75	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.26$, $p<0.001$), PSRI_NIR ($R^2=0.23$, $p<0.001$), SIPI_2 ($R^2=0.23$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tüm lm değerleri açısından Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler, **izelge 4.34**'de verilmiştir.



Çizelge 4.34. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler

VERI	n	DFE	MSE	R ²	
ARI	239	237	0.99	0.02	ÖD
ARVI	239	237	0.95	0.05	***
DVI	239	237	1.01	0.00	ÖD
EVI	239	237	0.92	0.09	***
EVI_RE	239	237	0.99	0.02	ÖD
GCI	239	237	1.00	0.00	ÖD
GREEN_BLUE_1	239	237	0.91	0.10	***
GREEN_BLUE_2	239	237	0.86	0.15	***
GREEN_RED_1	239	237	0.98	0.03	**
GREENNESS	239	237	0.98	0.02	*
GRVI1	239	237	0.97	0.03	**
IRECI	239	237	1.01	0.00	ÖD
LAI	239	237	1.01	0.00	ÖD
MCARI	239	237	0.94	0.07	***
MI	239	237	0.97	0.04	**
MNDWI	239	237	0.98	0.03	*
MSI	239	237	0.97	0.04	**
MSR705	239	237	0.93	0.08	***
MTCI	239	237	1.01	0.00	ÖD
NBR	239	237	0.97	0.03	**
NDBI	239	237	0.97	0.04	**
NDI_45	239	237	1.01	0.00	ÖD
NDII	239	237	0.97	0.04	**
NDVI	239	237	1.00	0.01	ÖD
NDVI_GREEN_NIR	239	237	1.00	0.01	ÖD
NDVI705	239	237	1.00	0.01	ÖD
NDVIA_RE	239	237	1.00	0.01	ÖD
NDWI	239	237	1.00	0.00	ÖD
NIR_RED_1	239	237	1.01	0.00	ÖD
NIR_RED_2	239	237	1.00	0.01	ÖD
PSRI	239	237	0.88	0.12	***
PSRI_NIR	239	237	0.88	0.12	***
RDVI	239	237	1.00	0.00	ÖD
RE_NDVI	239	237	71.41	0.00	ÖD
REIP	239	237	0.99	0.01	ÖD
RENDWI	239	237	0.99	0.02	*
S2REP	239	237	0.99	0.01	ÖD
SAVI_1	239	237	1.00	0.01	ÖD
SAVI_2	239	237	1.00	0.01	ÖD
SAVI_RE	239	237	1.00	0.01	ÖD
SIPI	239	237	0.89	0.12	***
SIPI2	239	237	0.90	0.11	***
THREE_BAND_RATIO	239	237	1.00	0.01	ÖD
WDVI	239	237	1.01	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 görüntülerinden tüm dönemlerden elde edilen optik indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_BLUE ($R^2=0.15$, $p<0.001$), PSRI ($R^2=0.12$, $p<0.001$), PSRI_NIR ($R^2=0.12$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.35**'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ASC_VH_MEVI_DB	240	238	0.65	0.13	***
ASC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.67	0.12	***
ASC_VH_MRVI_DB	240	238	0.68	0.10	***
ASC_VV_MEVI_DB	240	238	0.66	0.12	***
ASC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.67	0.12	***
ASC_VV_MRVI_DB	240	238	0.69	0.09	***
DSC_VH_MEVI_DB	240	238	0.65	0.13	***
DSC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.67	0.11	***
DSC_VH_MRVI_DB	240	238	0.68	0.10	***
DSC_VV_MEVI_DB	240	238	0.63	0.16	***
DSC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.73	0.03	**
DSC_VV_MRVI_DB	240	238	0.73	0.03	**
*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik-radar indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.16$, $p<0.001$), DSC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.13$, $p<0.001$) ve ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.13$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Sentinel-2 ile Sentinel-1 görüntülerinden elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.36**'de verilmiştir.

Çizelge 4.36. Sentinel-1 Sentinel-2 optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ASC_VH_MEVI_DB	239	237	0.95	0.06	***
ASC_VH_MNDVI_DB	239	237	0.96	0.05	***
ASC_VH_MRVI_DB	239	237	0.97	0.04	**
ASC_VV_MEVI_DB	239	237	0.97	0.04	**
ASC_VV_MNDVI_DB	239	237	0.96	0.05	***
ASC_VV_MRVI_DB	239	237	0.96	0.05	***
DSC_VH_MEVI_DB	239	237	0.94	0.06	***
DSC_VH_MNDVI_DB	239	237	0.97	0.03	**
DSC_VH_MRVI_DB	239	237	0.98	0.03	**
DSC_VV_MEVI_DB	239	237	0.93	0.08	***
DSC_VV_MNDVI_DB	239	237	1.00	0.01	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	239	237	1.00	0.01	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Optik-radar indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.08$, $p<0.001$), DSC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.06$, $p<0.001$) ve ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.06$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Yaprak Su İçeriği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2 Band tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.37**'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	240	238	0.54	0.04	**
B02	240	238	0.56	0.00	ÖD
B03	240	238	0.55	0.02	*
B04	240	238	0.56	0.00	ÖD
B05	240	238	0.56	0.00	ÖD
B06	240	238	0.49	0.12	***
B07	240	238	0.48	0.14	***
B08	240	238	0.48	0.14	***
B08A	240	238	0.47	0.15	***
B09	240	238	0.47	0.16	***
B10	240	238	0.55	0.02	*
B11	240	238	0.56	0.01	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.16$, $p<0.001$), B08A ($R^2=0.15$, $p<0.01$), B08 ($R^2=0.14$, $p<0.01$), B07 ($R^2=0.14$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir.

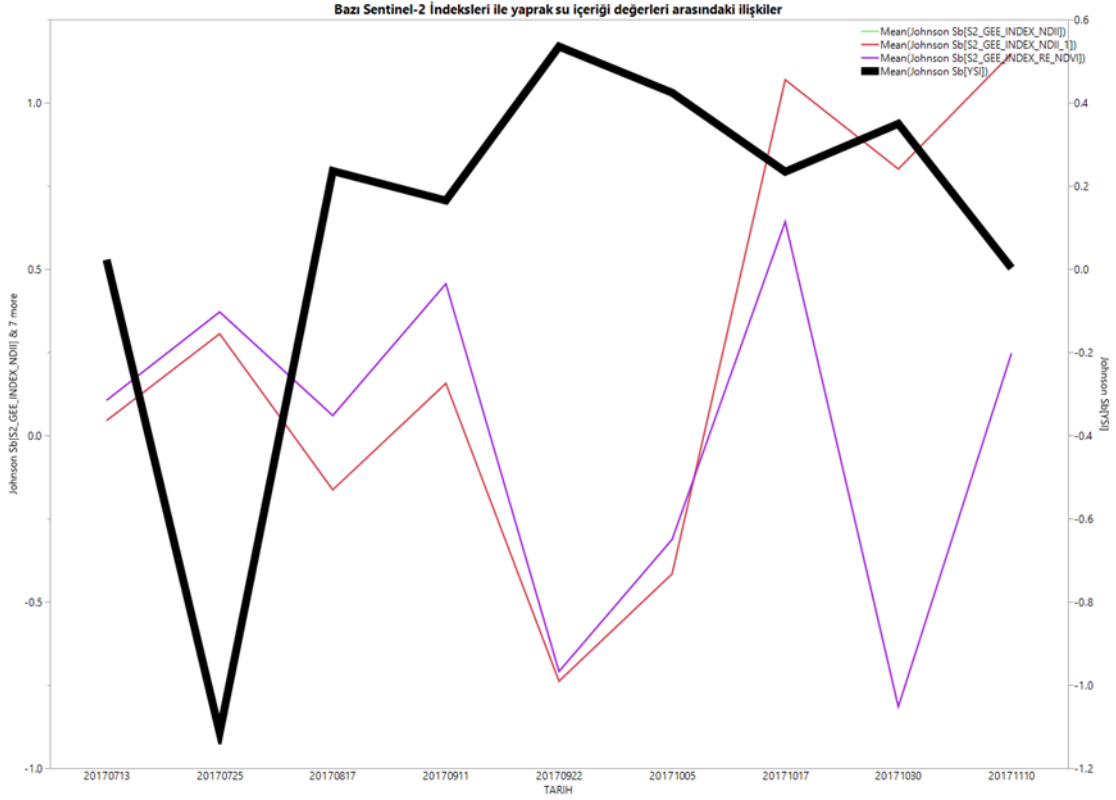
Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen band değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.38**'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Sentinel-2 görüntüleri band değerleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	237	235	0.68	0.01	ÖD
B02	237	235	0.69	0.00	ÖD
B03	237	235	0.68	0.01	ÖD
B04	237	235	0.69	0.00	ÖD
B05	237	235	0.69	0.00	ÖD
B06	237	235	0.67	0.03	*
B07	237	235	0.67	0.04	**
B08	237	235	0.67	0.03	**
B08A	237	235	0.66	0.04	**
B09	237	235	0.63	0.09	***
B11	237	235	0.69	0.00	ÖD
B12	237	235	0.69	0.00	ÖD
*, p<0.05, **,p<0.01, ***,p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 görüntülerinden tüm dönemlerden elde edilen band değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.09$, $p<0.001$), B08A ($R^2=0.04$, $p<0.01$), B07 ($R^2=0.04$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir.

Sentinel-2 optik indeks değerlerinin yaprak su içeriği ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.11**'de, optik indeks değerlerinin yaprak su içeriği ile eğilimlerinin zıt yönde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Sentinel-2 Optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2 Optik indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.39'**da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri arasındaki regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	ARI	240	238	0.51	0.10	***
YSI	ARVI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	DVI	240	238	0.54	0.03	*
YSI	EVI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	EVI_RE	240	238	0.52	0.07	***
YSI	GCI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	GREEN_BLUE_1	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	GREEN_BLUE_2	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	GREEN_RED_1	240	238	0.56	0.01	ÖD
YSI	GREENNESS	240	238	0.55	0.01	ÖD
YSI	GRVI1	240	238	0.55	0.01	ÖD
YSI	IRECI	240	238	0.51	0.10	***
YSI	LAI	240	238	0.55	0.01	ÖD
YSI	MCARI	240	238	0.55	0.03	*
YSI	MI	240	238	0.55	0.02	*
YSI	MNDWI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	MSI	240	238	0.56	0.01	ÖD
YSI	MSR705	240	238	0.56	0.01	ÖD
YSI	MTCI	240	238	0.48	0.14	***
YSI	NBR	240	238	0.55	0.02	*
YSI	NDBI	240	238	0.56	0.01	ÖD
YSI	NDI_45	240	238	0.54	0.03	**
YSI	NDII	240	238	0.56	0.01	ÖD
YSI	NDVI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	NDVI_GREEN_NIR	240	238	0.53	0.06	***
YSI	NDVI705	240	238	0.54	0.04	**
YSI	NDVIA_RE	240	238	0.55	0.01	ÖD
YSI	NDWI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	NIR_RED_1	240	238	0.54	0.03	**
YSI	NIR_RED_2	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	PSRI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	PSRI_NIR	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	RDVI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	RE_NDVI	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	REIP	240	238	0.47	0.15	***
YSI	RENDWI	240	238	0.51	0.08	***
YSI	S2REP	240	238	0.47	0.15	***
YSI	SAVI_1	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	SAVI_2	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	SAVI_RE	240	238	0.55	0.01	ÖD
YSI	SIPI	240	238	0.55	0.02	*
YSI	SIPI2	240	238	0.55	0.02	*
YSI	THREE_BAND_RATIO	240	238	0.56	0.00	ÖD
YSI	WDVI	240	238	0.55	0.01	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.15$, $p<0.001$), S2REP ($R^2=0.15$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tüm lm değerleri açısından Sentinel-2 elde edilen optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler, **izelge 4.40**'ta verilmiştir.



Çizelge 4.40. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ARI	237	235	0.64	0.07	***
ARVI	237	235	0.69	0.00	ÖD
DVI	237	235	0.69	0.01	ÖD
EVI	237	235	0.69	0.00	ÖD
EVI_RE	237	235	0.68	0.02	*
GCI	237	235	0.69	0.00	ÖD
GREEN_BLUE_1	237	235	0.69	0.00	ÖD
GREEN_BLUE_2	237	235	0.69	0.00	ÖD
GREEN_RED_1	237	235	0.69	0.00	ÖD
GREENNESS	237	235	0.69	0.00	ÖD
GRVI1	237	235	0.69	0.00	ÖD
IRECI	237	235	0.66	0.04	**
LAI	237	235	0.69	0.00	ÖD
MCARI	237	235	0.68	0.01	ÖD
MI	237	235	0.68	0.01	ÖD
MNDWI	237	235	0.69	0.01	ÖD
MSI	237	235	0.69	0.01	ÖD
MSR705	237	235	0.69	0.00	ÖD
MTCI	237	235	0.64	0.07	***
NBR	237	235	0.68	0.01	ÖD
NDBI	237	235	0.69	0.01	ÖD
NDI_45	237	235	0.67	0.02	*
NDII	237	235	0.69	0.01	ÖD
NDVI	237	235	9.27	0.00	ÖD
NDVI_GREEN_NIR	237	235	0.68	0.01	ÖD
NDVI705	237	235	0.68	0.02	*
NDVIA_RE	237	235	0.69	0.00	ÖD
NDWI	237	235	0.69	0.00	ÖD
NIR_RED_1	237	235	0.67	0.02	*
NIR_RED_2	237	235	0.69	0.00	ÖD
PSRI	237	235	0.69	0.00	ÖD
PSRI_NIR	237	235	0.69	0.00	ÖD
RDVI	237	235	0.69	0.00	ÖD
RE_NDVI	237	235	9.27	0.00	ÖD
REIP	237	235	0.62	0.10	***
RENDWI	237	235	0.65	0.06	***
S2REP	237	235	0.62	0.10	***
SAVI_1	237	235	0.69	0.00	ÖD
SAVI_2	237	235	0.69	0.00	ÖD
SAVI_RE	237	235	0.69	0.00	ÖD
SIPI	237	235	0.69	0.00	ÖD
SIPI2	237	235	0.68	0.01	ÖD
THREE_BAND_RATIO	237	235	0.69	0.00	ÖD
WDVI	237	235	0.69	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 görüntülerinden tüm dönemlerden elde edilen optik indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.10$, $p<0.001$), S2REP ($R^2=0.10$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.41**'da verilmiştir.

Çizelge 4.41. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R^2	
ASC_VH_MEVİ_DB	240	238	0.56	0.01	ÖD
ASC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.53	0.05	***
ASC_VH_MRVI_DB	240	238	0.54	0.04	**
ASC_VV_MEVİ_DB	240	238	0.56	0.00	ÖD
ASC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.54	0.04	**
ASC_VV_MRVI_DB	240	238	0.56	0.01	ÖD
DSC_VH_MEVİ_DB	240	238	0.56	0.00	ÖD
DSC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.56	0.00	ÖD
DSC_VH_MRVI_DB	240	238	0.56	0.01	ÖD
DSC_VV_MEVİ_DB	240	238	0.56	0.00	ÖD
DSC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.55	0.02	*
DSC_VV_MRVI_DB	240	238	0.56	0.01	ÖD
*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik-radar indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.05$, $p<0.001$), ASC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.04$, $p<0.01$) ve ASC_VV_MNDVI_DB ($R^2=0.04$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir.

Tüm ölçüm değerleri açısından Sentinel-2 ile Sentinel-1 görüntülerinden elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.42**'te verilmiştir.

Çizelge 4.42. Sentinel-2 ile Sentinel-1 optik radar indeksleri ve yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ASC_VH_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VH_MNDVI_DB	237	235	0.68	0.01	ÖD
ASC_VH_MRVI_DB	237	235	0.68	0.01	ÖD
ASC_VV_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VV_MNDVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VV_MRVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
DSC_VH_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
DSC_VH_MNDVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
DSC_VH_MRVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
DSC_VV_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
DSC_VV_MNDVI_DB	237	235	0.68	0.01	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
*; p<0.05, **;p<0.01, ***;p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntülerinden tüm dönemlerde elde edilen optik-radar indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlara ulaşılmamıştır.

Yaprak Su Noksanlığı

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2 Band tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.43**'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	240	238	0.76	0.00	ÖD
B02	240	238	0.74	0.02	*
B03	240	238	0.69	0.09	***
B04	240	238	0.68	0.10	***
B05	240	238	0.67	0.12	***
B06	240	238	0.65	0.14	***
B07	240	238	0.66	0.13	***
B08	240	238	0.68	0.11	***
B08A	240	238	0.67	0.12	***
B09	240	238	0.58	0.23	***
B10	240	238	0.62	0.18	***
B11	240	238	0.63	0.17	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.23$, $p<0.001$), B11 ($R^2=0.18$, $p<0.001$), B12 ($R^2=0.17$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

GEE ortamında değerlendirilen Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen band değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.44**'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. Sentinel-2 elde edilen band değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	238	236	1.01	0.00	ÖD
B02	238	236	1.00	0.01	ÖD
B03	238	236	0.96	0.04	**
B04	238	236	0.97	0.04	**
B05	238	236	0.95	0.05	***
B06	238	236	0.97	0.04	**
B07	238	236	0.96	0.04	**
B08	238	236	0.97	0.04	**
B08A	238	236	0.97	0.04	**
B09	238	236	0.89	0.12	***
B11	238	236	0.90	0.10	***
B12	238	236	0.93	0.07	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 görüntülerinden tüm dönemlerde elde edilen band değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.12$, $p<0.001$), B11 ($R^2=0.09$, $p<0.001$), B12 ($R^2=0.06$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2 Optik indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.45**'te verilmiştir.

Çizelge 4.45. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSN	ARI	240	238	0.73	0.04	**
YSN	ARVI	240	238	0.65	0.15	***
YSN	DVI	240	238	0.76	0.00	ÖD
YSN	EVI	240	238	0.62	0.18	***
YSN	EVI_RE	240	238	0.71	0.06	***
YSN	GCI	240	238	0.75	0.02	ÖD
YSN	GREEN_BLUE_1	240	238	0.61	0.20	***
YSN	GREEN_BLUE_2	240	238	0.54	0.29	***
YSN	GREEN_RED_1	240	238	0.69	0.09	***
YSN	GREENNESS	240	238	0.72	0.05	***
YSN	GRVI1	240	238	0.69	0.09	***
YSN	IRECI	240	238	0.76	0.00	ÖD
YSN	LAI	240	238	0.76	0.00	ÖD
YSN	MCARI	240	238	0.60	0.20	***
YSN	MI	240	238	0.71	0.07	***
YSN	MNDWI	240	238	0.72	0.05	***
YSN	MSI	240	238	0.71	0.07	***
YSN	MSR705	240	238	0.63	0.17	***
YSN	MTCI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YSN	NBR	240	238	0.71	0.07	***
YSN	NDBI	240	238	0.71	0.07	***
YSN	NDI_45	240	238	0.75	0.01	ÖD
YSN	NDII	240	238	0.71	0.07	***
YSN	NDVI	240	238	0.73	0.04	**
YSN	NDVI_GREEN_NIR	240	238	0.75	0.01	ÖD
YSN	NDVI705	240	238	0.74	0.03	**
YSN	NDVIA_RE	240	238	0.74	0.03	*
YSN	NDWI	240	238	0.75	0.02	ÖD
YSN	NIR_RED_1	240	238	0.75	0.01	ÖD
YSN	NIR_RED_2	240	238	0.73	0.03	**
YSN	PSRI	240	238	0.61	0.20	***
YSN	PSRI_NIR	240	238	0.57	0.25	***
YSN	RDVI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YSN	RE_NDVI	240	238	0.75	0.01	ÖD
YSN	REIP	240	238	0.74	0.03	**
YSN	RENDWI	240	238	0.72	0.05	***
YSN	S2REP	240	238	0.74	0.03	**
YSN	SAVI_1	240	238	0.73	0.04	**
YSN	SAVI_2	240	238	0.73	0.04	**
YSN	SAVI_RE	240	238	0.74	0.03	*
YSN	SIPI	240	238	0.60	0.21	***
YSN	SIPI2	240	238	0.58	0.24	***
YSN	THREE_BAND_RATIO	240	238	0.74	0.03	**
YSN	WDVI	240	238	0.76	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.29$, $p<0.001$), PSRI_NIR ($R^2=0.25$, $p<0.001$), SIPI2 ($R^2=0.24$, $p<0.001$), ile elde edilmiştir.

Tüm lm değerleri açısından Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler, **izelge 4.46**'da verilmiştir.



Çizelge 4.46. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler,

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ARI	238	236	0.99	0.02	*
ARVI	238	236	0.94	0.06	***
DVI	238	236	1.01	0.00	ÖD
EVI	238	236	0.91	0.10	***
EVI_RE	238	236	0.99	0.02	*
GCI	238	236	1.00	0.01	ÖD
GREEN_BLUE_1	238	236	0.90	0.10	***
GREEN_BLUE_2	238	236	0.83	0.17	***
GREEN_RED_1	238	236	0.97	0.04	**
GREENNESS	238	236	0.98	0.03	*
GRVI1	238	236	0.97	0.04	**
IRECI	238	236	1.01	0.00	ÖD
LAI	238	236	1.01	0.00	ÖD
MCARI	238	236	0.93	0.08	***
MI	238	236	0.96	0.05	***
MNDWI	238	236	0.97	0.03	**
MSI	238	236	0.96	0.05	***
MSR705	238	236	0.93	0.08	***
MTCI	238	236	1.00	0.01	ÖD
NBR	238	236	0.96	0.05	***
NDBI	238	236	0.96	0.05	***
NDI_45	238	236	1.01	0.00	ÖD
NDII	238	236	0.96	0.05	***
NDVI	238	236	70.51	0.01	ÖD
NDVI_GREEN_NIR	238	236	1.00	0.00	ÖD
NDVI705	238	236	1.00	0.01	ÖD
NDVIA_RE	238	236	1.00	0.01	ÖD
NDWI	238	236	1.00	0.01	ÖD
NIR_RED_1	238	236	1.01	0.00	ÖD
NIR_RED_2	238	236	0.99	0.01	ÖD
PSRI	238	236	0.87	0.14	***
PSRI_NIR	238	236	0.87	0.14	***
RDVI	238	236	1.00	0.00	ÖD
RE_NDVI	238	236	71.10	0.00	ÖD
REIP	238	236	1.00	0.01	ÖD
RENDWI	238	236	0.98	0.03	*
S2REP	238	236	1.00	0.01	ÖD
SAVI_1	238	236	0.99	0.01	ÖD
SAVI_2	238	236	0.99	0.01	ÖD
SAVI_RE	238	236	1.00	0.01	ÖD
SIPI	238	236	0.89	0.11	***
SIPI2	238	236	0.88	0.12	***
THREE_BAND_RATIO	238	236	1.00	0.01	ÖD
WDVI	238	236	1.01	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.17$, $p<0.001$), NIR_RED_2 ($R^2=0.14$, $p<0.001$), PSRI ($R^2=0.14$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.47**'te verilmiştir.

Çizelge 4.47. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ASC_VH_MEVI_DB	240	238	0.65	0.14	***
ASC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.66	0.13	***
ASC_VH_MRVI_DB	240	238	0.67	0.11	***
ASC_VV_MEVI_DB	240	238	0.66	0.13	***
ASC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.66	0.13	***
ASC_VV_MRVI_DB	240	238	0.68	0.10	***
DSC_VH_MEVI_DB	240	238	0.65	0.14	***
DSC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.67	0.12	***
DSC_VH_MRVI_DB	240	238	0.68	0.10	***
DSC_VV_MEVI_DB	240	238	0.63	0.17	***
DSC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.73	0.04	**
DSC_VV_MRVI_DB	240	238	0.73	0.04	**
*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik-radar indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.17$, $p<0.001$), ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.14$, $p<0.001$) ve DSC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.14$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tüm ölçüm değerleri açısından Sentinel-2 ile Sentinel-1 görüntülerinden elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.48**'de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Sentinel-2 elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ASC_VH_MEVI_DB	238	236	0.94	0.07	***
ASC_VH_MNDVI_DB	238	236	0.95	0.05	***
ASC_VH_MRVI_DB	238	236	0.96	0.05	***
ASC_VV_MEVI_DB	238	236	0.97	0.04	**
ASC_VV_MNDVI_DB	238	236	0.96	0.05	***
ASC_VV_MRVI_DB	238	236	0.95	0.06	***
DSC_VH_MEVI_DB	238	236	0.93	0.07	***
DSC_VH_MNDVI_DB	238	236	0.97	0.04	**
DSC_VH_MRVI_DB	238	236	0.97	0.04	**
DSC_VV_MEVI_DB	238	236	0.93	0.08	***
DSC_VV_MNDVI_DB	238	236	0.99	0.01	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	238	236	0.99	0.01	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tüm dönemlerde optik-radar indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.08$, $p<0.001$), DSC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.07$, $p<0.001$) ve ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.07$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Klorofil

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2 Band tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.49**'de verilmiştir.

Çizelge 4.49. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2 band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	240	238	0.67		0.12 ***
B02	240	238	0.69		0.10 ***
B03	240	238	0.67		0.12 ***
B04	240	238	0.68		0.11 ***
B05	240	238	0.76		0.00 ÖD
B06	240	238	0.58		0.24 ***
B07	240	238	0.50		0.35 ***
B08	240	238	0.48		0.38 ***
B08A	240	238	0.49		0.36 ***
B09	240	238	0.47		0.38 ***
B10	240	238	0.75		0.02 *
B11	240	238	0.76		0.01 ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.38$, $p<0.001$), B08 ($R^2=0.38$, $p<0.001$), B08A($R^2=0.36$, $p<0.001$), ile elde edilmiştir.

Tüm ölçüm değerleri açısından Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen band değerleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.50**'de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Sentinel-2 band değerleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
B01	236	234	0.96		0.05 ***
B02	236	234	0.97		0.04 **
B03	236	234	0.96		0.05 ***
B04	236	234	0.96		0.05 ***
B05	236	234	1.01		0.00 ÖD
B06	236	234	0.93		0.07 ***
B07	236	234	0.88		0.13 ***
B08	236	234	0.87		0.14 ***
B08A	236	234	0.88		0.13 ***
B09	236	234	0.81		0.20 ***
B11	236	234	1.00		0.01 ÖD
B12	236	234	0.99		0.02 *
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 ile Sentinel-1 görüntülerinden tüm dönemlerde elde edilen band değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, B09 ($R^2=0.20$, $p<0.001$), B07 ($R^2=0.14$, $p<0.001$), B08 ($R^2=0.14$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Sentinel-2 optik indeks değerlerinin SPAD değerleri ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.12**'da, optik indeks değerlerinin SPAD değerleri ile eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2 Optik indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.51**'da verilmiştir.

Çizelge 4.51. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2 optik indeks tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	ARI	240	238	0.51	0.33	***
SPAD	ARVI	240	238	0.74	0.03	**
SPAD	DVI	240	238	0.75	0.02	ÖD
SPAD	EVI	240	238	0.76	0.00	ÖD
SPAD	EVI_RE	240	238	0.76	0.01	ÖD
SPAD	GCI	240	238	0.73	0.05	***
SPAD	GREEN_BLUE_1	240	238	0.69	0.10	***
SPAD	GREEN_BLUE_2	240	238	0.71	0.07	***
SPAD	GREEN_RED_1	240	238	0.76	0.00	ÖD
SPAD	GREENNESS	240	238	0.74	0.03	*
SPAD	GRVI1	240	238	0.76	0.00	ÖD
SPAD	IRECI	240	238	0.74	0.03	**
SPAD	LAI	240	238	0.76	0.00	ÖD
SPAD	MCARI	240	238	0.74	0.03	**
SPAD	MI	240	238	0.74	0.03	*
SPAD	MNDWI	240	238	0.68	0.11	***
SPAD	MSI	240	238	0.75	0.02	*
SPAD	MSR705	240	238	0.76	0.00	ÖD
SPAD	MTCI	240	238	0.61	0.20	***
SPAD	NBR	240	238	0.75	0.02	ÖD
SPAD	NDBI	240	238	0.75	0.02	*
SPAD	NDI_45	240	238	0.58	0.24	***
SPAD	NDII	240	238	0.75	0.02	*
SPAD	NDVI	240	238	0.73	0.04	**
SPAD	NDVI_GREEN_NIR	240	238	0.69	0.10	***
SPAD	NDVI705	240	238	0.76	0.00	ÖD
SPAD	NDVIA_RE	240	238	0.75	0.02	*
SPAD	NDWI	240	238	0.72	0.05	***
SPAD	NIR_RED_1	240	238	0.58	0.24	***
SPAD	NIR_RED_2	240	238	0.70	0.09	***
SPAD	PSRI	240	238	0.76	0.01	ÖD
SPAD	PSRI_NIR	240	238	0.74	0.03	**
SPAD	RDVI	240	238	0.75	0.02	*
SPAD	RE_NDVI	240	238	0.69	0.10	***
SPAD	REIP	240	238	0.39	0.48	***
SPAD	RENDWI	240	238	0.55	0.28	***
SPAD	S2REP	240	238	0.39	0.48	***
SPAD	SAVI_1	240	238	0.73	0.04	**
SPAD	SAVI_2	240	238	0.73	0.04	**
SPAD	SAVI_RE	240	238	0.75	0.02	*
SPAD	SIPI	240	238	0.67	0.12	***
SPAD	SIPI2	240	238	0.74	0.03	**
SPAD	THREE_BAND_RATIO	240	238	0.67	0.12	***
SPAD	WDVI	240	238	0.76	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.48$, $p<0.001$), S2REP ($R^2=0.48$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tüm lm değerleri açısından Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler, **izelge 4.52**'de verilmiştir.



Çizelge 4.52. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ARI	236	234	0.81	0.19	***
ARVI	236	234	0.99	0.02	*
DVI	236	234	1.01	0.00	ÖD
EVI	236	234	1.01	0.00	ÖD
EVI_RE	236	234	1.00	0.00	ÖD
GCI	236	234	0.98	0.03	*
GREEN_BLUE_1	236	234	0.96	0.05	***
GREEN_BLUE_2	236	234	0.97	0.04	**
GREEN_RED_1	236	234	1.01	0.00	ÖD
GREENNESS	236	234	1.01	0.00	ÖD
GRVI1	236	234	1.01	0.00	ÖD
IRECI	236	234	1.00	0.01	ÖD
LAI	236	234	1.01	0.00	ÖD
MCARI	236	234	1.00	0.01	ÖD
MI	236	234	0.99	0.02	ÖD
MNDWI	236	234	0.94	0.07	***
MSI	236	234	1.00	0.01	ÖD
MSR705	236	234	1.01	0.00	ÖD
MTCI	236	234	0.92	0.09	***
NBR	236	234	1.00	0.01	ÖD
NDBI	236	234	1.00	0.01	ÖD
NDI_45	236	234	0.89	0.12	***
NDII	236	234	1.00	0.01	ÖD
NDVI	236	234	0.99	0.02	*
NDVI_GREEN_NIR	236	234	0.99	0.02	*
NDVI705	236	234	1.01	0.00	ÖD
NDVIA_RE	236	234	1.00	0.01	ÖD
NDWI	236	234	0.98	0.03	**
NIR_RED_1	236	234	0.89	0.12	***
NIR_RED_2	236	234	0.96	0.05	***
PSRI	236	234	0.98	0.02	*
PSRI_NIR	236	234	0.98	0.02	*
RDVI	236	234	0.99	0.02	*
RE_NDVI	236	234	13.36	0.05	**
REIP	236	234	0.71	0.30	***
RENDWI	236	234	0.84	0.17	***
S2REP	236	234	0.71	0.30	***
SAVI_1	236	234	0.99	0.02	*
SAVI_2	236	234	0.99	0.02	*
SAVI_RE	236	234	1.00	0.01	ÖD
SIPI	236	234	0.93	0.08	***
SIPI2	236	234	0.98	0.03	**
THREE_BAND_RATIO	236	234	0.95	0.06	***
WDVI	236	234	1.01	0.00	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tüm ölçüm değerleri açısından Sentinel-2 görüntülerinden elde edilen optik indeks değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.30$, $p<0.001$), S2REP ($R^2=0.30$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.53**'de verilmiştir.

Çizelge 4.53. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-2-Sentinel-1 optik-radar indeks band tahmin değerleri regresyon analizleri

VERİ	n	DFE	MSE	R^2	
ASC_VH_MEVİ_DB	240	238	0.76	0.00	ÖD
ASC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.76	0.01	ÖD
ASC_VH_MRVI_DB	240	238	0.76	0.01	ÖD
ASC_VV_MEVİ_DB	240	238	0.76	0.00	ÖD
ASC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.65	0.15	***
ASC_VV_MRVI_DB	240	238	0.74	0.03	*
DSC_VH_MEVİ_DB	240	238	0.76	0.00	ÖD
DSC_VH_MNDVI_DB	240	238	0.69	0.10	***
DSC_VH_MRVI_DB	240	238	0.74	0.03	**
DSC_VV_MEVİ_DB	240	238	0.76	0.00	ÖD
DSC_VV_MNDVI_DB	240	238	0.75	0.02	*
DSC_VV_MRVI_DB	240	238	0.76	0.01	ÖD
*; $p<0.05$, **; $p<0.01$, ***; $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik-radar indeks tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VV_MNDVI_DB ($R^2=0.10$, $p<0.001$), DSC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.10$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Tüm ölçüm değerleri açısından Sentinel-2 ile Sentinel-1 görüntülerinden elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.54**'da verilmiştir.

Çizelge 4.54. Sentinel-2 elde edilen optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
ASC_VH_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VH_MNDVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VH_MRVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VV_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
ASC_VV_MNDVI_DB	237	235	0.69	0.05	***
ASC_VV_MRVI_DB	237	235	0.68	0.01	ÖD
DSC_VH_MEVI_DB	237	235	0.69	0.00	ÖD
DSC_VH_MNDVI_DB	237	235	0.69	0.04	**
DSC_VH_MRVI_DB	237	235	0.69	0.01	ÖD
DSC_VV_MEVI_DB	237	235	0.68	0.00	ÖD
DSC_VV_MNDVI_DB	237	235	0.67	0.01	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	237	235	0.66	0.00	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil					

Sentinel-2 ile Sentinel-1 görüntülerinden tüm dönemlerde elde edilen değerler üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VV_MNDVI_DB ($R^2=0.05$, $p<0.001$), DSC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.04$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir.

Sentinel-2, Dönemsel Bulgular

Dönemsel bulgular, GEE yazılım ortamı ile elde edilen band değerleri, optik indeks değerleri ve optik-radar indeks değerleri üzerinden ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Yaprak Oransal Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2 band değerleri arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.55’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.55. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM
B01	0.10 *	0.19 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.25 ***	
B02	0.10 *	0.25 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.13 ÖD	0.24 **	
B03	0.01 ÖD	0.23 *	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.41 ÖD	0.11 *	
B04	0.05 ÖD	0.21 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.56 ÖD	0.10 *	
B05	0.00 ÖD	0.20 ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.83 *	0.01 ÖD	
B06	0.31 ***	0.01 ÖD	0.23 *	0.02 ÖD	0.04 ÖD	0.11 *	
B07	0.39 ***	0.13 ÖD	0.07 ÖD	0.03 ÖD	0.13 ÖD	0.14 *	
B08	0.40 ***	0.18 ÖD	0.10 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.10 *	
B08A	0.38 ***	0.09 ÖD	0.11 ÖD	0.02 ÖD	0.18 ÖD	0.08 ÖD	
B11	0.02 ÖD	0.18 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.19 ÖD	0.12 *	
B12	0.03 ÖD	0.20 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.25 ÖD	0.07 ÖD	

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B08 ($R^2=0.40$, $p<0.001$), B07 ($R^2=0.39$, $p<0.001$), B08A ($R^2=0.38$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.52).

Somaklanma döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B02 ($R^2=0.25$, $p<0.05$), B03 ($R^2=0.23$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında sadece B06($R^2=0.23$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur. Meyve gelişme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında sadece B05($R^2=0.83$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B02 ($R^2=0.25$, $p<0.001$), B03 ($R^2=0.24$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2'den elde edilen optik indeks değerleri arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.Çizelge 4.56'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.56. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	One	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM					
ARI	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD	0.03	ÖD	0.87	**	0.23	**
ARVI	0.09	*	0.28	*	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.54	ÖD	0.00	ÖD
DVI	0.36	***	0.31	*	0.01	ÖD	0.04	*	0.00	ÖD	0.25	***
EVI	0.27	***	0.06	ÖD	0.26	*	0.08	**	0.04	ÖD	0.45	***
EVI_RE	0.20	**	0.01	ÖD	0.29	**	0.00	ÖD	0.29	ÖD	0.29	***
GCI	0.32	***	0.34	*	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.30	***
GREEN_BLUE_1	0.04	ÖD	0.15	ÖD	0.15	ÖD	0.01	ÖD	0.38	ÖD	0.00	ÖD
GREEN_BLUE_2	0.05	ÖD	0.06	ÖD	0.31	**	0.04	*	0.45	ÖD	0.15	*
GREEN_RED_1	0.04	ÖD	0.16	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD
GREENNESS	0.14	*	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.04	*	0.34	ÖD	0.27	***
GRVI1	0.04	ÖD	0.15	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD
IRECI	0.30	***	0.30	*	0.01	ÖD	0.04	ÖD	0.50	ÖD	0.27	***
LAI	0.32	***	0.31	*	0.01	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.26	***
MCARI	0.00	ÖD	0.14	ÖD	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.83	*	0.28	***
MI	0.14	*	0.24	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.59	ÖD	0.15	*
MNDWI	0.00	ÖD	0.13	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.57	ÖD	0.40	***
MSI	0.16	**	0.31	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.31	ÖD	0.09	ÖD
MSR705	0.18	**	0.01	ÖD	0.19	*	0.10	**	0.13	ÖD	0.38	***
MTCI	0.04	ÖD	0.08	ÖD	0.03	ÖD	0.01	ÖD	0.87	**	0.16	**
NBR	0.12	*	0.25	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.56	ÖD	0.05	ÖD
NDBI	0.16	**	0.31	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.31	ÖD	0.09	ÖD
NDI_45	0.08	ÖD	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.05	*	0.86	**	0.26	***
NDII	0.16	**	0.31	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.31	ÖD	0.09	ÖD
NDVI	0.26	***	0.33	*	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD	0.23	**
NDVI_GREEN_NIR	0.31	***	0.26	*	0.00	ÖD	0.07	**	0.02	ÖD	0.03	ÖD
NDVI705	0.24	***	0.28	*	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.83	*	0.22	**
NDVIA_RE	0.23	**	0.27	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.18	**
NDWI	0.32	***	0.34	*	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.30	***
NIR_RED_1	0.08	ÖD	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.05	*	0.86	**	0.26	***
NIR_RED_2	0.24	**	0.23	*	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.19	ÖD	0.22	**
PSRI	0.00	ÖD	0.16	ÖD	0.06	ÖD	0.00	ÖD	0.36	ÖD	0.12	*
PSRI_NIR	0.06	ÖD	0.03	ÖD	0.17	*	0.01	ÖD	0.17	ÖD	0.39	***
RDVI	0.32	***	0.32	*	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.26	***
RE_NDVI	0.04	ÖD	0.54	***	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD
REIP	0.35	***	0.13	ÖD	0.05	ÖD	0.16	***	0.02	ÖD	0.17	**
RENDWI	0.01	ÖD	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.88	**	0.27	***
S2REP	0.01	ÖD	0.18	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.61	ÖD	0.16	**
SAVI_1	0.26	***	0.33	*	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD	0.23	**
SAVI_2	0.26	***	0.33	*	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD	0.23	**
SAVI_RE	0.23	**	0.27	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.18	**
SIPI	0.35	***	0.25	*	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.43	***
SIPI2	0.21	**	0.01	ÖD	0.25	*	0.06	*	0.06	ÖD	0.45	***
THREE_BAND_RATIO	0.21	**	0.18	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.69	*	0.24	***
WDVI	0.32	***	0.31	*	0.01	ÖD	0.028046	ÖD	0.00	ÖD	0.26	***

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.

ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak oransal su içeriği ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, DVI ($R^2=0.36$, $p<0.001$), SIPI ($R^2=0.35$, $p<0.001$), REIP ($R^2=0.38$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak oransal su içeriği ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, RE_NDVI ($R^2=0.54$, $p<0.001$), GCI ($R^2=0.34$, $p<0.05$) ve NDWI($R^2=0.34$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak oransal su içeriği ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.31$, $p<0.01$), EVI_RE ($R^2=0.29$, $p<0.01$) ve EVI ($R^2=0.26$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.16$, $p<0.001$), MSR705 ($R^2=0.10$, $p<0.01$), EVI ($R^2=0.08$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde yaprak oransal su içeriği ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, RENDWI ($R^2=0.88$, $p<0.01$), ARI ($R^2=0.87$, $p<0.01$), MTCI ($R^2=0.87$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, SIPI2 ($R^2=0.45$, $p<0.001$), EVI ($R^2=0.45$, $p<0.001$), SIPI ($R^2=0.43$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-2'den elde edilen optik-radar indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.57**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.57. Fenolojik dönemler itibariyle, optik-radar indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki ilişkiler

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM					
ASC_VH_MEVI_DB	0.25	***	0.03	ÖD	0.25	*	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.46	***
ASC_VH_MNDVI_DB	0.22	**	0.34	*	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.19	ÖD	0.16	**
ASC_VH_MRVI_DB	0.24	**	0.32	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.24	ÖD	0.22	**
ASC_VV_MEVI_DB	0.20	**	0.05	ÖD	0.43	***	0.05	*	0.11	ÖD	0.24	***
ASC_VV_MNDVI_DB	0.11	*	0.09	ÖD	0.41	***	0.00	ÖD	0.34	ÖD	0.00	ÖD
ASC_VV_MRVI_DB	0.13	*	0.08	ÖD	0.42	***	0.00	ÖD	0.34	ÖD	0.00	ÖD
DSC_VH_MEVI_DB	0.21	**	0.06	ÖD	0.24	*	0.03	ÖD	0.26	ÖD	0.42	***
DSC_VH_MNDVI_DB	0.08	ÖD	0.30	*	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.68	*	0.09	ÖD
DSC_VH_MRVI_DB	0.11	*	0.28	*	0.02	ÖD	0.01	ÖD	0.65	ÖD	0.14	*
DSC_VV_MEVI_DB	0.18	**	0.02	ÖD	0.24	*	0.07	**	0.07	ÖD	0.36	***
DSC_VV_MNDVI_DB	0.04	ÖD	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.03	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	0.06	ÖD	0.09	ÖD	0.02	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.10	*
*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil												

Uyku döneminde, yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.25$, $p<0.001$), ASC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.24$, $p<0.01$), ASC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.22$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, RASC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.34$, $p<0.05$), ASC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.32$, $p<0.05$) ve DSC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.30$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.43$, $p<0.001$), ASC_VV_MRVI_DB ($R^2=0.42$, $p<0.001$) ve ASC_VV_MNDVI_DB ($R^2=0.41$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks değerlerinden sadece DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.07$, $p<0.01$) ve

ASC_VV_MEVI_DB($R^2=0.05$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks değerlerinden sadece DSC_VH_MEVI_DB($R^2=0.68$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VH_MEVI_DB($R^2=0.46$, $p<0.001$), DSC_VH_MEVI_DB($R^2=0.42$, $p<0.001$) ve DSC_VV_MEVI_DB($R^2=0.36$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Yaprak Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su içeriği ile Sentinel-2 band değerleri arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.58’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.58. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	ÖD	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELİŞME	YESİL_OLUM	SIYAH_OLUM
B01	0.11 *	0.00	ÖD	0.18 *	0.04 *	0.00	ÖD 0.13 *
B02	0.13 *	0.00	ÖD	0.12	ÖD 0.03	ÖD 0.34	ÖD 0.19 **
B03	0.05	ÖD	0.04	ÖD 0.13	ÖD 0.04	ÖD 0.08	ÖD 0.15 *
B04	0.21 **	0.05	ÖD	0.08	ÖD 0.02	ÖD 0.21	ÖD 0.20 **
B05	0.08	ÖD	0.08	ÖD 0.02	ÖD 0.03	ÖD 0.17	ÖD 0.08
B06	0.18 **	0.11	ÖD	0.03	ÖD 0.00	ÖD 0.07	ÖD 0.01
B07	0.30 ***	0.09	ÖD	0.13	ÖD 0.00	ÖD 0.19	ÖD 0.00
B08	0.23 **	0.04	ÖD	0.12	ÖD 0.01	ÖD 0.14	ÖD 0.01
B08A	0.27 ***	0.05	ÖD	0.09	ÖD 0.00	ÖD 0.02	ÖD 0.00
B11	0.12 *	0.05	ÖD	0.15	ÖD 0.06 **	ÖD 0.06	ÖD 0.01
B12	0.15 *	0.03	ÖD	0.11	ÖD 0.05 *	ÖD 0.07	ÖD 0.02

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B07 ($R^2=0.30$, $p<0.001$), B08A ($R^2=0.27$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su içeriği ile band değerleri arasında sadece B01($R^2=0.18$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B11 ($R^2=0.06$, $p<0.01$), B12 ($R^2=0.05$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, yaprak su içeriği ile değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B04 ($R^2=0.20$, $p<0.01$), B02 ($R^2=0.19$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su içeriği ile Sentinel-2'den elde edilen indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.59**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.59. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	One	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM					
ARI	0.00	ÖD	0.04	ÖD	0.07	ÖD	0.00	ÖD				
ARVI	0.30	***	0.04	ÖD	0.11	ÖD	0.05	*	0.40	ÖD	0.12	*
DVI	0.25	***	0.00	ÖD	0.17	ÖD	0.18	***	0.17	ÖD	0.08	ÖD
EVI	0.08	ÖD	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.17	***	0.11	ÖD	0.10	*
EVI_RE	0.08	ÖD	0.09	ÖD	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.09	ÖD
GCI	0.25	***	0.00	ÖD	0.18	ÖD	0.07	**	0.28	ÖD	0.17	**
GREEN_BLUE_1	0.01	ÖD	0.05	ÖD	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.11	*
GREEN_BLUE_2	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD
GREEN_RED_1	0.22	**	0.05	ÖD	0.05	ÖD	0.06	**	0.03	ÖD	0.19	**
GREENNESS	0.25	***	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.13	***	0.01	ÖD	0.12	*
GRVI1	0.23	**	0.05	ÖD	0.05	ÖD	0.06	**	0.03	ÖD	0.19	**
IRECI	0.46	***	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.17	***	0.01	ÖD	0.13	*
LAI	0.28	***	0.00	ÖD	0.15	ÖD	0.15	***	0.16	ÖD	0.11	*
MCARI	0.09	ÖD	0.12	ÖD	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.34	ÖD	0.03	ÖD
MI	0.31	***	0.05	ÖD	0.16	ÖD	0.18	***	0.03	ÖD	0.02	ÖD
MNDWI	0.03	ÖD	0.06	ÖD	0.10	ÖD	0.05	*	0.12	ÖD	0.05	ÖD
MSI	0.27	***	0.06	ÖD	0.15	ÖD	0.18	***	0.00	ÖD	0.02	ÖD
MSR705	0.11	*	0.11	ÖD	0.04	ÖD	0.14	***	0.20	ÖD	0.04	ÖD
MTCI	0.16	**	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.26	ÖD	0.03	ÖD
NBR	0.28	***	0.04	ÖD	0.13	ÖD	0.15	***	0.04	ÖD	0.03	ÖD
NDBI	0.27	***	0.06	ÖD	0.15	ÖD	0.18	***	0.00	ÖD	0.02	ÖD
NDI_45	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.13	ÖD	0.08	**	0.31	ÖD	0.09	ÖD
NDII	0.27	***	0.06	ÖD	0.15	ÖD	0.18	***	0.00	ÖD	0.02	ÖD
NDVI	0.31	***	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.06	*	0.28	ÖD	0.20	**
NDVI_GREEN_NIR	0.32	***	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.16	***	0.08	ÖD	0.00	ÖD
NDVI705	0.38	***	0.00	ÖD	0.08	ÖD	0.07	**	0.10	ÖD	0.22	**
NDVIA_RE	0.36	***	0.01	ÖD	0.10	ÖD	0.08	**	0.29	ÖD	0.20	**
NDWI	0.25	***	0.00	ÖD	0.18	ÖD	0.07	**	0.28	ÖD	0.17	**
NIR_RED_1	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.13	ÖD	0.08	**	0.31	ÖD	0.09	ÖD
NIR_RED_2	0.34	***	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.06	**	0.49	ÖD	0.17	**
PSRI	0.10	*	0.09	ÖD	0.10	ÖD	0.02	ÖD	0.29	ÖD	0.02	ÖD
PSRI_NIR	0.01	ÖD	0.12	ÖD	0.06	ÖD	0.00	ÖD	0.04	ÖD	0.01	ÖD
RDVI	0.30	***	0.00	ÖD	0.14	ÖD	0.08	**	0.20	ÖD	0.14	*
RE_NDVI	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.09	ÖD	0.05	*	0.14	ÖD	0.00	ÖD
REIP	0.39	***	0.02	ÖD	0.11	ÖD	0.26	***	0.01	ÖD	0.01	ÖD
RENDWI	0.01	ÖD	0.06	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.25	ÖD	0.01	ÖD
S2REP	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.03	ÖD
SAVI_1	0.31	***	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.06	*	0.28	ÖD	0.20	**
SAVI_2	0.31	***	0.00	ÖD	0.11	ÖD	0.06	*	0.28	ÖD	0.20	**
SAVI_RE	0.36	***	0.01	ÖD	0.10	ÖD	0.08	**	0.29	ÖD	0.20	**
SIPI	0.24	**	0.02	ÖD	0.16	ÖD	0.21	***	0.14	ÖD	0.11	*
SIPI2	0.04	ÖD	0.08	ÖD	0.03	ÖD	0.04	*	0.09	ÖD	0.09	ÖD
THREE_BAND_RATIO	0.30	***	0.00	ÖD	0.14	ÖD	0.07	**	0.45	ÖD	0.15	*
WDVI	0.28	***	0.00	ÖD	0.15	ÖD	0.14596	***	0.16	ÖD	0.11	*

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su içeriği ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek

belirlilik katsayıları, IRECI ($R^2=0.46$, $p<0.001$), REIP($R^2=0.39$, $p<0.001$), NDVI705 ($R^2=0.38$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma ve meyve tutumu dönemlerinde, yaprak su içeriği ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su içeriği ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.26$, $p<0.001$), SIPI ($R^2=0.21$, $p<0.01$), DVI ($R^2=0.18$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde yaprak su içeriği ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, yaprak su içeriği ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVI705 ($R^2=0.22$, $p<0.01$), SAVI_1 ($R^2=0.20$, $p<0.01$), NDVI ($R^2=0.20$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak su içeriği ile Sentinel-2'den elde edilen optik-radar indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.60**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.60. Fenolojik dönemler itibariyle, optik-radar indeks değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM					
ASC_VH_MEVI_DB	0.04	ÖD	0.09	ÖD	0.09	**	0.01	ÖD	0.07	ÖD		
ASC_VH_MNDVI_DB	0.18	**	0.01	ÖD	0.06	ÖD	0.01	ÖD	0.10	ÖD	0.07	ÖD
ASC_VH_MRVI_DB	0.19	**	0.02	ÖD	0.06	ÖD	0.02	ÖD	0.06	ÖD	0.11	*
ASC_VV_MEVI_DB	0.04	ÖD	0.07	ÖD	0.07	ÖD	0.11	***	0.02	ÖD	0.14	*
ASC_VV_MNDVI_DB	0.11	*	0.00	ÖD	0.08	ÖD	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.06	ÖD
ASC_VV_MRVI_DB	0.13	*	0.00	ÖD	0.08	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.09	ÖD
DSC_VH_MEVI_DB	0.06	ÖD	0.06	ÖD	0.00	ÖD	0.13	***	0.04	ÖD	0.11	*
DSC_VH_MNDVI_DB	0.19	**	0.02	ÖD	0.06	ÖD	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.14	*
DSC_VH_MRVI_DB	0.20	**	0.01	ÖD	0.05	ÖD	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.17	**
DSC_VV_MEVI_DB	0.04	ÖD	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.17	***	0.29	ÖD	0.08	ÖD
DSC_VV_MNDVI_DB	0.11	*	0.03	ÖD	0.12	ÖD	0.11	***	0.25	ÖD	0.04	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	0.12	*	0.02	ÖD	0.09	ÖD	0.11	***	0.31	ÖD	0.09	ÖD

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.20$, $p<0.01$), ASC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.19$, $p<0.01$), DSC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.19$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma ve meyve tutumu dönemlerinde, yaprak su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su içeriği ile optik-radar indeks değerlerinden sadece DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.17$, $p<0.001$), DSC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.13$, $p<0.001$) ve ASC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.11$, $p<0.001$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde yaprak su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, yaprak su içeriği ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.17$, $p<0.01$), DSC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.14$, $p<0.05$) ve ASC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.14$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Yaprak Su Noksanlığı

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2'den elde edilen band değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.61**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.61. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESİL_OLUM	SIYAH_OLUM
B01	0.17	**	0.19	ÖD 0.05	ÖD 0.00	ÖD 0.00	ÖD 0.25
B02	0.14	*	0.25	* 0.04	ÖD 0.00	ÖD 0.13	ÖD 0.24
B03	0.03	ÖD	0.24	* 0.01	ÖD 0.00	ÖD 0.41	ÖD 0.11
B04	0.09	ÖD	0.21	ÖD 0.00	ÖD 0.00	ÖD 0.56	ÖD 0.10
B05	0.01	ÖD	0.20	ÖD 0.05	ÖD 0.01	ÖD 0.83	* 0.01
B06	0.40	***	0.01	ÖD 0.22	* 0.02	ÖD 0.04	ÖD 0.12
B07	0.52	***	0.13	ÖD 0.12	ÖD 0.03	ÖD 0.13	ÖD 0.14
B08	0.57	***	0.18	ÖD 0.15	ÖD 0.03	ÖD 0.00	ÖD 0.10
B08A	0.49	***	0.09	ÖD 0.17	ÖD 0.02	ÖD 0.18	ÖD 0.08
B11	0.03	ÖD	0.18	ÖD 0.01	ÖD 0.00	ÖD 0.19	ÖD 0.12
B12	0.06	ÖD	0.20	ÖD 0.02	ÖD 0.00	ÖD 0.26	ÖD 0.07

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.

ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B08 ($R^2=0.57$, $p<0.001$), B07 ($R^2=0.52$, $p<0.001$), B08A ($R^2=0.49$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları, B02 ($R^2=0.25$, $p<0.05$), B03 ($R^2=0.23$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında sadece B06 ($R^2=0.22$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında sadece B05 ($R^2=0.83$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B01 ($R^2=0.25$, $p<0.001$), B02 ($R^2=0.24$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2'den elde edilen optik indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.62**'de gösterilmiştir.



Çizelge 4.62. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 optik indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önemlilik	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM					
ARI	0.02	ÖD	0.01	ÖD	0.15	ÖD	0.03	ÖD	0.87	**	0.23	**
ARVI	0.17	**	0.28	*	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.53	ÖD	0.00	ÖD
DVI	0.53	***	0.31	*	0.05	ÖD	0.05	*	0.00	ÖD	0.25	***
EVI	0.36	***	0.06	ÖD	0.18	*	0.07	**	0.04	ÖD	0.45	***
EVI_RE	0.27	***	0.01	ÖD	0.18	*	0.00	ÖD	0.29	ÖD	0.28	***
GCI	0.47	***	0.34	*	0.05	ÖD	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.30	***
GREEN_BLUE_1	0.04	ÖD	0.15	ÖD	0.08	ÖD	0.01	ÖD	0.38	ÖD	0.00	ÖD
GREEN_BLUE_2	0.04	ÖD	0.06	ÖD	0.19	*	0.03	ÖD	0.45	ÖD	0.15	*
GREEN_RED_1	0.07	ÖD	0.16	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD
GREENNESS	0.19	**	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.05	*	0.33	ÖD	0.27	***
GRVI1	0.07	ÖD	0.15	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD
IRECI	0.42	***	0.30	*	0.08	ÖD	0.04	*	0.50	ÖD	0.27	***
LAI	0.47	***	0.31	*	0.05	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.26	***
MCARI	0.00	ÖD	0.14	ÖD	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.83	*	0.28	***
MI	0.20	**	0.24	*	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.59	ÖD	0.15	*
MNDWI	0.00	ÖD	0.13	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.57	ÖD	0.40	***
MSI	0.24	**	0.31	*	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.31	ÖD	0.09	ÖD
MSR705	0.26	***	0.01	ÖD	0.12	ÖD	0.09	**	0.13	ÖD	0.38	***
MTCI	0.06	ÖD	0.08	ÖD	0.11	ÖD	0.01	ÖD	0.87	**	0.16	**
NBR	0.19	**	0.25	*	0.03	ÖD	0.01	ÖD	0.56	ÖD	0.05	ÖD
NDBI	0.24	**	0.31	*	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.31	ÖD	0.09	ÖD
NDI_45	0.13	*	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.06	*	0.86	**	0.26	***
NDII	0.24	**	0.31	*	0.02	ÖD	0.02	ÖD	0.31	ÖD	0.09	ÖD
NDVI	0.40	***	0.33	*	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD	0.23	**
NDVI_GREEN_NIR	0.47	***	0.26	*	0.04	ÖD	0.08	**	0.02	ÖD	0.03	ÖD
NDVI705	0.34	***	0.28	*	0.12	ÖD	0.00	ÖD	0.83	*	0.22	**
NDVIA_RE	0.35	***	0.28	*	0.03	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.18	**
NDWI	0.48	***	0.34	*	0.05	ÖD	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.30	***
NIR_RED_1	0.13	*	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.06	*	0.86	**	0.26	***
NIR_RED_2	0.35	***	0.23	*	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.19	ÖD	0.23	**
PSRI	0.00	ÖD	0.16	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.36	ÖD	0.12	*
PSRI_NIR	0.07	ÖD	0.03	ÖD	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.17	ÖD	0.39	***
RDVI	0.48	***	0.32	*	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.26	***
RE_NDVI	0.09	ÖD	0.54	***	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD
REIP	0.48	***	0.13	ÖD	0.12	ÖD	0.16	***	0.02	ÖD	0.17	**
RENDWI	0.01	ÖD	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.02	ÖD	0.88	**	0.27	***
S2REP	0.01	ÖD	0.18	ÖD	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.61	ÖD	0.16	**
SAVI_1	0.40	***	0.33	*	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD	0.23	**
SAVI_2	0.40	***	0.33	*	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.05	ÖD	0.23	**
SAVI_RE	0.35	***	0.28	*	0.03	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.18	**
SIPI	0.55	***	0.25	*	0.09	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.43	***
SIPI2	0.28	***	0.01	ÖD	0.16	ÖD	0.05	*	0.06	ÖD	0.46	***
THREE_BAND_RATIO	0.32	***	0.18	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.68	*	0.25	***
WDVI	0.47	***	0.31	*	0.05	ÖD	0.032133	ÖD	0.00	ÖD	0.26	***

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek

belirlilik katsayıları, SIPI ($R^2=0.55$, $p<0.001$), DVI ($R^2=0.53$, $p<0.001$), REIP ($R^2=0.48$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, RE_NDVI ($R^2=0.54$, $p<0.001$), GCI ($R^2=0.34$, $p<0.05$) ve NDWI ($R^2=0.34$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları sadece GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.19$, $p<0.05$), EVI_RE ($R^2=0.18$, $p<0.05$) ve EVI ($R^2=0.18$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.16$, $p<0.001$), MSR705 ($R^2=0.09$, $p<0.01$), NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.08$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde yaprak su noksanlığı ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, RENDWI ($R^2=0.88$, $p<0.01$), ARI ($R^2=0.87$, $p<0.01$), MTCI ($R^2=0.87$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, SIPI2 ($R^2=0.46$, $p<0.001$), EVI ($R^2=0.45$, $p<0.001$), SIPI ($R^2=0.43$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak su noksanlığı ile Sentinel-2'den elde edilen optik-radar indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.63**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.63. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 Sentinel-2 optik-radar indeks değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESİL_OLUM	SIYAH_OLUM
ASC_VH_MEVI_DB	0.36	***	0.03	ÖD 0.16	ÖD 0.02	ÖD 0.02	ÖD 0.46
ASC_VH_MNDVI_DB	0.39	***	0.34	*0.00	ÖD 0.01	ÖD 0.19	ÖD 0.16
ASC_VH_MRVI_DB	0.40	***	0.32	*0.00	ÖD 0.00	ÖD 0.24	ÖD 0.22
ASC_VV_MEVI_DB	0.27	***	0.05	ÖD 0.35	** 0.04	* 0.11	ÖD 0.25
ASC_VV_MNDVI_DB	0.18	**	0.09	ÖD 0.50	*** 0.00	ÖD 0.34	ÖD 0.00
ASC_VV_MRVI_DB	0.21	**	0.08	ÖD 0.53	*** 0.00	ÖD 0.34	ÖD 0.00
DSC_VH_MEVI_DB	0.28	***	0.06	ÖD 0.16	ÖD 0.03	ÖD 0.26	ÖD 0.42
DSC_VH_MNDVI_DB	0.13	*	0.30	* 0.03	ÖD 0.01	ÖD 0.68	* 0.09
DSC_VH_MRVI_DB	0.17	**	0.28	* 0.05	ÖD 0.01	ÖD 0.65	ÖD 0.14
DSC_VV_MEVI_DB	0.23	**	0.02	ÖD 0.20	* 0.06	** 0.07	ÖD 0.36
DSC_VV_MNDVI_DB	0.07	ÖD	0.09	ÖD 0.06	ÖD 0.02	ÖD 0.00	ÖD 0.03
DSC_VV_MRVI_DB	0.09	ÖD	0.09	ÖD 0.08	ÖD 0.02	ÖD 0.00	ÖD 0.09

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.40$, $p<0.001$), ASC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.39$, $p<0.001$), ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.36$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.34$, $p<0.05$), ASC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.32$, $p<0.05$) ve DSC_VH_MNDVI_DB ($R^2=0.30$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VV_MRVI_DB ($R^2=0.53$, $p<0.001$), ASC_VV_MNDVI_DB ($R^2=0.50$, $p<0.001$) ve ASC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.35$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeks değerlerinden sadece DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.06$, $p<0.01$) ve ASC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.04$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeks değerlerinden sadece DSC_VH_MNDVI_DB($R^2=0.68$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VH_MEVI_DB ($R^2=0.46$, $p<0.001$), DSC_VH_MRVI_DB ($R^2=0.42$, $p<0.001$), DSC_VV_MEVI_DB ($R^2=0.36$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Klorofil

Fenolojik dönemler itibariyle SPAD ile Sentinel-2 band değerleri arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.64'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.64. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-2 band değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önemlilik	SOMAKLANMA	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM	SIYAH OLUM				
B01	0.02	ÖD	0.07	ÖD	0.06	ÖD	0.15 ***	0.00	ÖD	0.03	ÖD
B02	0.03	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD	0.06 **	0.01	ÖD	0.04	ÖD
B03	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.09	ÖD	0.05 *	0.30	ÖD	0.12	*
B04	0.06	ÖD	0.00	ÖD	0.10	ÖD	0.11 ***	0.18	ÖD	0.11	*
B05	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.08	ÖD	0.01	ÖD	0.03	ÖD	0.30 ***
B06	0.23	**	0.31	*	0.02	ÖD	0.22 ***	0.33	ÖD	0.63	***
B07	0.30	***	0.14	ÖD	0.00	ÖD	0.27 ***	0.33	ÖD	0.60	***
B08	0.25	***	0.14	ÖD	0.00	ÖD	0.30 ***	0.11	ÖD	0.55	***
B08A	0.27	***	0.15	ÖD	0.00	ÖD	0.26 ***	0.36	ÖD	0.55	***
B11	0.05	ÖD	0.00	ÖD	0.08	ÖD	0.02	ÖD	0.04	ÖD	0.52 ***
B12	0.09	ÖD	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.07 **	0.03	ÖD	0.37	***

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B07 ($R^2=0.30$, $p<0.001$), B08A ($R^2=0.27$, $p<0.001$), B08 ($R^2=0.25$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, SPAD ile band değerleri arasında sadece B06($R^2=0.31$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B08 ($R^2=0.30$, $p<0.001$), B07 ($R^2=0.27$, $p<0.001$), B08 ($R^2=0.30$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, SPAD ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu bandlardan elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, B06 ($R^2=0.63$, $p<0.001$), B07 ($R^2=0.60$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur).

Fenolojik dönemler itibarıyla SPAD ile Sentinel-2'den elde edilen optik indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.65**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.65. Sentinel-2 optik indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	One	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM
ARI	0.00	ÖD	0.10	ÖD	0.03	ÖD	0.19 ***
ARVI	0.16	**	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.05 *
DVI	0.19	**	0.08	ÖD	0.02	ÖD	0.00
EVI	0.08	ÖD	0.11	ÖD	0.12	ÖD	0.08 **
EVI_RE	0.10	*	0.13	ÖD	0.10	ÖD	0.01
GCI	0.15	*	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.09 **
GREEN_BLUE_1	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.05	ÖD	0.10 ***
GREEN_BLUE_2	0.00	ÖD	0.13	ÖD	0.16	ÖD	0.01
GREEN_RED_1	0.11	*	0.01	ÖD	0.09	ÖD	0.00
GREENNESS	0.15	*	0.21	ÖD	0.03	ÖD	0.00
GRVI1	0.12	*	0.01	ÖD	0.09	ÖD	0.00
IRECI	0.24	**	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.00
LAI	0.20	**	0.07	ÖD	0.03	ÖD	0.01
MCARI	0.03	ÖD	0.19	ÖD	0.07	ÖD	0.00
MI	0.17	**	0.01	ÖD	0.06	ÖD	0.02
MNDWI	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.07	ÖD	0.22 ***
MSI	0.17	**	0.01	ÖD	0.05	ÖD	0.02
MSR705	0.16	**	0.33	*	0.02	ÖD	0.00
MTCI	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.00	ÖD	0.01
NBR	0.19	**	0.01	ÖD	0.08	ÖD	0.01
NDBI	0.17	**	0.01	ÖD	0.05	ÖD	0.02
NDI_45	0.12	*	0.16	ÖD	0.06	ÖD	0.05 *
NDII	0.17	**	0.01	ÖD	0.05	ÖD	0.02
NDVI	0.19	**	0.03	ÖD	0.06	ÖD	0.07 **
NDVI_GREEN_NIR	0.16	*	0.01	ÖD	0.05	ÖD	0.03
NDVI705	0.28	***	0.11	ÖD	0.04	ÖD	0.01
NDVIA_RE	0.20	**	0.03	ÖD	0.07	ÖD	0.03
NDWI	0.16	*	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.09 **
NIR_RED_1	0.12	*	0.17	ÖD	0.05	ÖD	0.05 *
NIR_RED_2	0.22	**	0.08	ÖD	0.07	ÖD	0.09 **
PSRI	0.03	ÖD	0.04	ÖD	0.12	ÖD	0.01
PSRI_NIR	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.15	ÖD	0.00
RDVI	0.21	**	0.06	ÖD	0.04	ÖD	0.07 **
RE_NDVI	0.01	ÖD	0.07	ÖD	0.01	ÖD	0.01
REIP	0.29	***	0.24	ÖD	0.02	ÖD	0.01
RENDWI	0.00	ÖD	0.10	ÖD	0.04	ÖD	0.17 ***
S2REP	0.02	ÖD	0.15	ÖD	0.00	ÖD	0.35 ***
SAVI_1	0.19	**	0.03	ÖD	0.06	ÖD	0.07 **
SAVI_2	0.19	**	0.03	ÖD	0.06	ÖD	0.07 **
SAVI_RE	0.20	**	0.03	ÖD	0.07	ÖD	0.03
SIPI	0.16	**	0.14	ÖD	0.01	ÖD	0.00
SIPI2	0.06	ÖD	0.10	ÖD	0.14	ÖD	0.00
THREE_BAND_RATIO	0.22	**	0.12	ÖD	0.07	ÖD	0.09 **
WDVI	0.20	**	0.07	ÖD	0.03	ÖD	0.009366

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları,

REIP ($R^2=0.29$, $p<0.001$), NDVI_GREEN_NIR ($R^2=0.28$, $p<0.001$), IRECI ($R^2=0.24$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, SPAD ile optik indeks değerleri arasında sadece MSR705 ($R^2=0.33$, $p<0.05$) istatistiksel açıdan anlamlı olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, S2REP ($R^2=0.35$, $p<0.001$), MNDWI ($R^2=0.22$, $p<0.001$), ARI ($R^2=0.19$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, REIP ($R^2=0.46$, $p<0.001$), PSRI ($R^2=0.46$, $p<0.001$), GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.44$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Fenolojik dönemler itibarıyla SPAD ile Sentinel-2'den elde edilen optik-radar indeks değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.66**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.66. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 Sentinel-2 optik-radar indeks değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESİL_OLUM	SIYAH_OLUM					
ASC_VH_MEVI_DB	0.05	ÖD	0.08	ÖD	0.09 **	0.12	ÖD	0.11 *				
ASC_VH_MNDVI_DB	0.10	*	0.02	ÖD	0.07	ÖD	0.01	ÖD	0.07	ÖD	0.03	ÖD
ASC_VH_MRVI_DB	0.11	*	0.02	ÖD	0.07	ÖD	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.01	ÖD
ASC_VV_MEVI_DB	0.08	ÖD	0.09	ÖD	0.04	ÖD	0.08 **	0.19	ÖD	0.00	ÖD	
ASC_VV_MNDVI_DB	0.16	**	0.01	ÖD	0.08	ÖD	0.09 **	0.61	ÖD	0.13	*	
ASC_VV_MRVI_DB	0.16	**	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.00	ÖD	0.57	ÖD	0.14	*
DSC_VH_MEVI_DB	0.06	ÖD	0.08	ÖD	0.08	ÖD	0.09 **	0.26	ÖD	0.08	ÖD	
DSC_VH_MNDVI_DB	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.10	ÖD	0.10 ***	0.74	*	0.03	ÖD	
DSC_VH_MRVI_DB	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.09	ÖD	0.03	ÖD	0.76	*	0.02	ÖD
DSC_VV_MEVI_DB	0.11	*	0.02	ÖD	0.07	ÖD	0.05 *	0.78	*	0.07	ÖD	
DSC_VV_MNDVI_DB	0.17	**	0.03	ÖD	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.61	ÖD	0.07	ÖD
DSC_VV_MRVI_DB	0.17	**	0.03	ÖD	0.04	ÖD	0.00	ÖD	0.62	ÖD	0.03	ÖD

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, SPAD ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, DSC_VV_MNDVI_DB ($R^2=0.17$, $p<0.01$), DSC_VV_MRVI_DB ($R^2=0.17$, $p<0.01$) ve ASC_VV_MRVI_DB ($R^2=0.17$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.63).

Somaklanma ve meyve tutumu dönemlerinde, SPAD ile optik-radar indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, SPAD ile optik-radar indeks değerlerinden DSC_VH_MNDVI_DB($R^2=0.10$, $p<0.001$), ASC_VV_MNDVI_DB($R^2=0.09$, $p<0.01$) ve DSC_VH_MEVI_DB($R^2=0.09$, $p<0.01$) istatistiksel açıdan anlamlı olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde SPAD ile optik-radar indeks değerlerinden DSC_VV_MEVI_DB($R^2=0.78$, $p<0.05$), DSC_VH_MRVI_DB($R^2=0.76$, $p<0.05$) ve DSC_VH_MNDVI_DB($R^2=0.74$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, SPAD ile optik-radar indeks değerlerinden ASC_VV_MRVI_DB($R^2=0.14$, $p<0.05$), ASC_VV_MNDVI_DB($R^2=0.13$, $p<0.05$) ve ASC_VH_MEVI_DB($R^2=0.11$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur.

4.5.2. SAR Görüntü Analizlerine ait bulgular

Çalışmada Kompsat-5 X-Band HV polarizasyonlu görüntülerin 1D işlem seviyesinden elde edilen geri saçılma katsayılarının filtre değerleri ile Sentinel-1 uydu alçalan ve yükselen yörünge görüntülerinden VH ve VV polarizasyonlu görüntülerinden elde edilen geri saçılım değerleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, yaprak su göstergeleri ve klorofil değerleri ile ilişkileri araştırılmıştır.

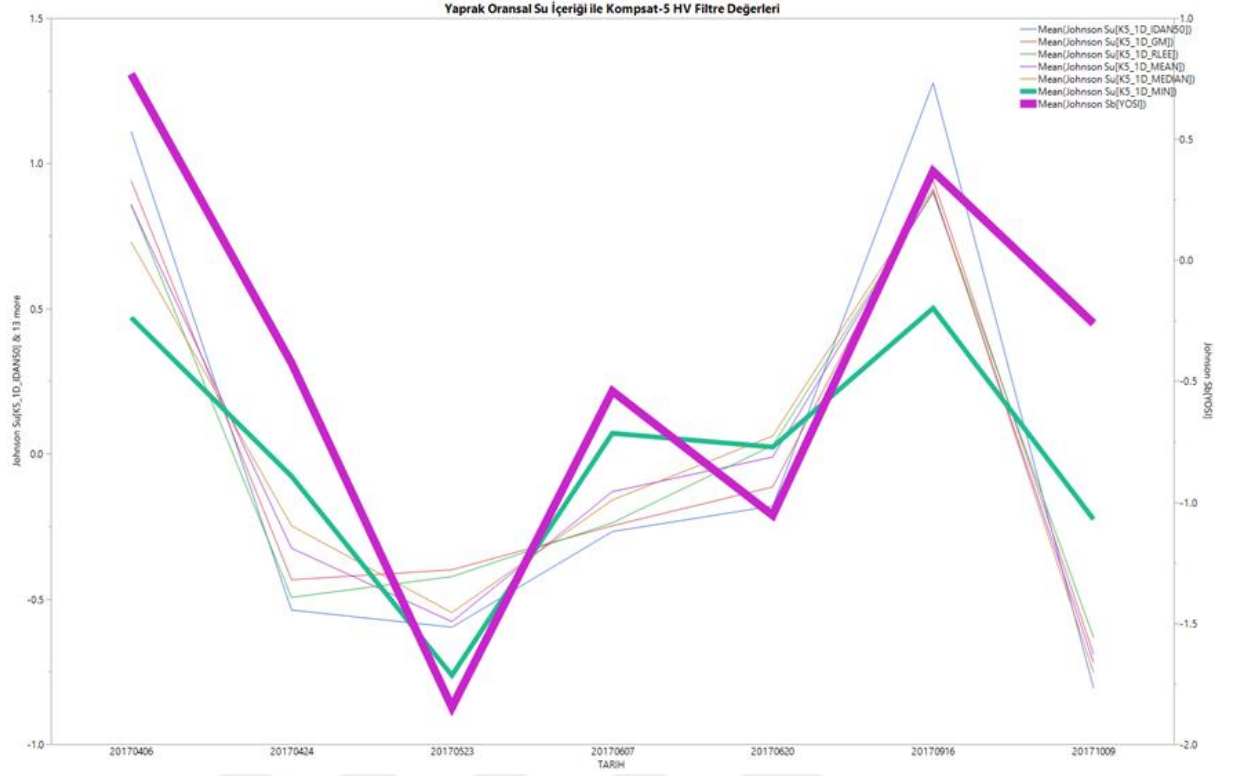
İlişkilerin yorumlanabilmesi için regresyon analizleri yapılmış, çizelgeler halinde gösterilmiştir.

4.5.2.1. Kompsat-5 X Band HV görüntü analizleri

Araştırmada tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek varyans analizi sonucu elde edilen model ile Kompsat-5 X-Band 1D işlem seviyesi HV polarizasyonu ham ve filtre tahmin değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş ve belirlilik katsayıları hesaplanmıştır.

Ayrıca fenolojik dönemlerdeki ilişkilerin ortaya konması açısından, fenolojik dönemler dikkate alınarak band ve filtre değerleri, her bir yaprak göstergesi ve SPAD değeri açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

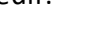
Kompsat-5 X-Band uydusunun HV polarizasyonundan elde edilen ham ve filtre değerlerinin yaprak oransal su içeriği ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.13**'de, filtre değerlerinin ve özellikle MIN filtresi ile yaprak oransal su içeriğinin eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Kompsat-5 HV verileri ile yaprak oransal su içeriği ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Kompsat-5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.67**'de verilmiştir.

Çizelge 4.67. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YOSI	K5_1D_GM	126	124	0.39		0.44 ***
YOSI	K5_1D_GM_db	126	124	0.39		0.44 ***
YOSI	K5_1D_HAM	126	124	0.50		0.28 ***
YOSI	K5_1D_HAM_db	126	124	0.50		0.28 ***
YOSI	K5_1D_IDAN50	126	124	0.39		0.44 ***
YOSI	K5_1D_IDAN50_db	126	124	0.40		0.43 ***
YOSI	K5_1D_LEE	126	124	0.57		0.19 ***
YOSI	K5_1D_LEE_db	126	124	0.39		0.44 ***
YOSI	K5_1D_RLEE	126	124	0.47		0.32 ***
YOSI	K5_1D_RLEE_db	126	124	0.47		0.32 ***
YOSI	K5_1D_MAX	126	124	0.52		0.25 ***
YOSI	K5_1D_MEAN	126	124	0.45		0.36 ***
YOSI	K5_1D_MEDIAN	126	124	0.50		0.29 ***
YOSI	K5_1D_MIN	126	124	0.38		0.45 ***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen filtre tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile istatistiksel açıdan $p<0.001$ ve $p<0.01$ önem düzeyinde anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları K5_1D_MIN ($R^2=0.45$, $p<0.001$), K5_1D_GM ($R^2=0.44$, $p<0.001$), K5_1D_IDAN50 ($R^2=0.44$, $p<0.001$), K5_1D_MIN ($R^2=0.44$, $p<0.001$) filtreleri ile elde edilmiştir.

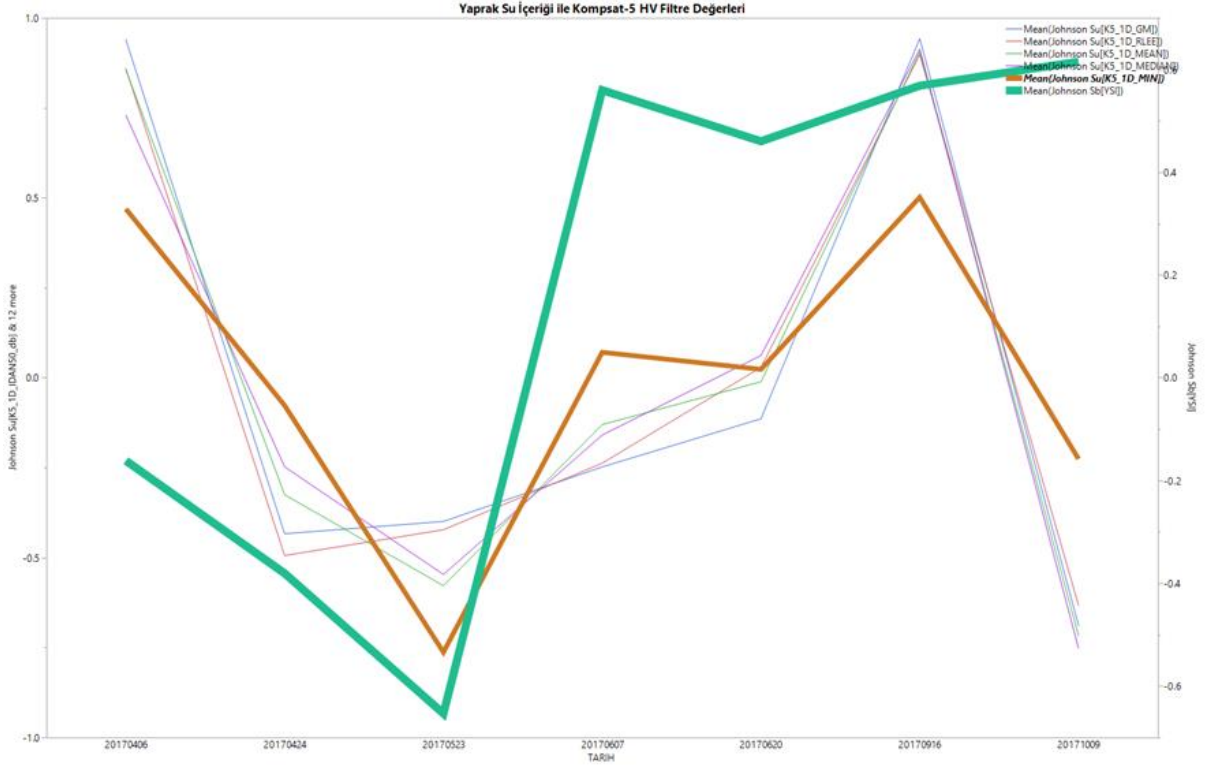
Kompsat-5 X band HV polarizasyonlu 1D işlem seviyeli tüm görüntülerden elde edilen geri saçılma filtre değerleri ile yaprak oransal su içeriği değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler, **Çizelge 4.68**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.68. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE		R ²	
YOSI	K5_1D_GM	124	122	0.77		0.17	***
YOSI	K5_1D_GM_db	124	122	0.77		0.17	***
YOSI	K5_1D_HAM	124	122	0.85		0.08	**
YOSI	K5_1D_HAM_db	124	122	0.85		0.08	**
YOSI	K5_1D_IDAN50	124	122	0.72		0.23	***
YOSI	K5_1D_IDAN50_db	124	122	0.72		0.22	***
YOSI	K5_1D_LEE	124	122	0.87		0.06	**
YOSI	K5_1D_LEE_db	124	122	0.77		0.17	***
YOSI	K5_1D_RLEE	124	122	0.85		0.08	**
YOSI	K5_1D_RLEE_db	124	122	0.85		0.09	***
YOSI	K5_1D_MAX	124	122	0.80		0.13	***
YOSI	K5_1D_MEAN	124	122	0.82		0.11	***
YOSI	K5_1D_MEDIAN	124	122	0.85		0.09	***
YOSI	K5_1D_MIN	124	122	0.84		0.10	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil							

Tüm filtrelerden elde edilen ham ve filtre değerler üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, belirlilik katsayıları, istatistiksel açıdan $p<0.001$ ve $p<0.01$ önem düzeyinde anlamlıdır. Yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayısı ($R^2=0.23$, $p<0.001$), IDAN-50 filtresi ile elde edilmiştir.

Kompsat-5 X-Band HV polarizasyonu ham ve filtre değerlerinin yaprak su içeriği ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.14**'de, filtre değerlerinin yaprak su içeriği ile eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Komsat-5 HV verileri ile yaprak su içeriği ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su içeriği ile Komsat-5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.69**'de verilmiştir.

Çizelge 4.69. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	K5_1D_GM	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_GM_db	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_HAM	126	124	0.30	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_HAM_db	126	124	0.30	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_IDAN50	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_IDAN50_db	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_LEE	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_LEE_db	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_RLEE	126	124	0.29	0.01	ÖD
YSI	K5_1D_RLEE_db	126	124	0.29	0.01	ÖD
YSI	K5_1D_MAX	126	124	0.30	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_MEAN	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_MEDIAN	126	124	0.29	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_MIN	126	124	0.28	0.07	**
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen filtre tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile istatistiksel açıdan $p<0.001$ ve $p<0.01$ önem düzeyinde anlamlı belirlilik katsayısı sadece K5_1D_MIN ($R^2=0.07$, $p<0.001$) filtresi ile elde edilmiştir.

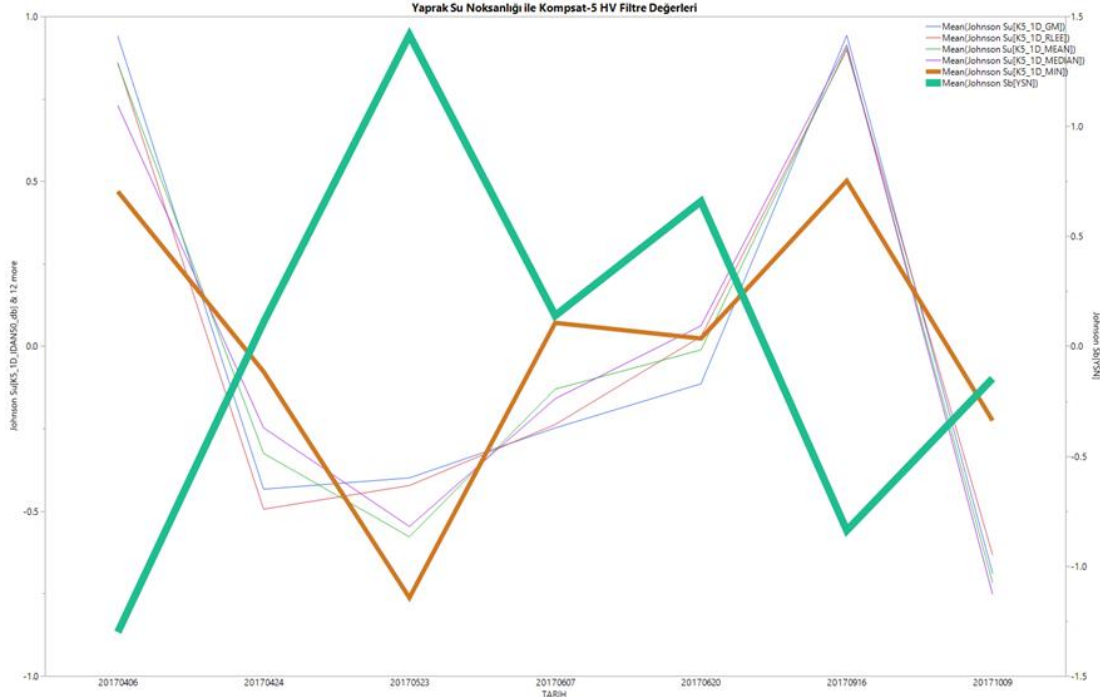
Kompsat-5 X band HV polarizasyonlu 1D işlem seviyeli tüm görüntülerden elde edilen filtre değerleri ile yaprak su içeriği değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler, **Çizelge 4.70**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.70. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	K5_1D_GM	120	118	0.37	0.01	ÖD
YSI	K5_1D_GM_db	120	118	0.37	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_HAM	120	118	0.38	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_HAM_db	120	118	0.38	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_IDAN50	120	118	0.37	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_IDAN50_db	120	118	0.37	0.02	ÖD
YSI	K5_1D_LEE	120	118	0.37	0.01	ÖD
YSI	K5_1D_LEE_db	120	118	0.37	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_RLEE	120	118	0.37	0.01	ÖD
YSI	K5_1D_RLEE_db	120	118	0.37	0.01	ÖD
YSI	K5_1D_MAX	120	118	0.38	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_MEAN	120	118	0.38	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_MEDIAN	120	118	0.38	0.00	ÖD
YSI	K5_1D_MIN	120	118	0.37	0.01	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Kompsat-5 ham ve filtre değerleri ile yaprak su içeriği açısından belirlilik katsayıları önemli bulunmamıştır.

Kompsat-5 X-Band HV polarizasyonu ham ve filtre değerlerinin yaprak su noksanlığı ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.15**'de, filtre değerlerinin yaprak su içeriği ile eğilimlerinin simetrik yönde aynı olduğu görülmektedir. Yaprak su noksanlığı arttıkça filtre değerlerinde düşme görülmektedir.



Şekil 4.15. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompstat-5 HV verileri ile yaprak su noksanlığı ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su noksanlığı ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.71**'de verilmiştir.

Çizelge 4.71. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSN	K5_1D_GM	126	124	0.40	0.47	***
YSN	K5_1D_GM_db	126	124	0.40	0.47	***
YSN	K5_1D_HAM	126	124	0.52	0.31	***
YSN	K5_1D_HAM_db	126	124	0.52	0.32	***
YSN	K5_1D_IDAN50	126	124	0.40	0.47	***
YSN	K5_1D_IDAN50_db	126	124	0.41	0.46	***
YSN	K5_1D_LEE	126	124	0.63	0.18	***
YSN	K5_1D_LEE_db	126	124	0.40	0.47	***
YSN	K5_1D_RLEE	126	124	0.48	0.37	***
YSN	K5_1D_RLEE_db	126	124	0.48	0.37	***
YSN	K5_1D_MAX	126	124	0.55	0.27	***
YSN	K5_1D_MEAN	126	124	0.48	0.36	***
YSN	K5_1D_MEDIAN	126	124	0.54	0.30	***
YSN	K5_1D_MIN	126	124	0.44	0.43	***
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen filtre tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile istatistiksel açıdan $p<0.001$ ve $p<0.01$ önem düzeyinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur, en yüksek belirlilik katsayıları ise K5_1D_GM ($R^2=0.47$, $p<0.001$), K5_1D_IDAN50 ($R^2=0.47$, $p<0.001$), K5_1D_LEE ($R^2=0.47$, $p<0.001$) filtreleri ile elde edilmiştir.

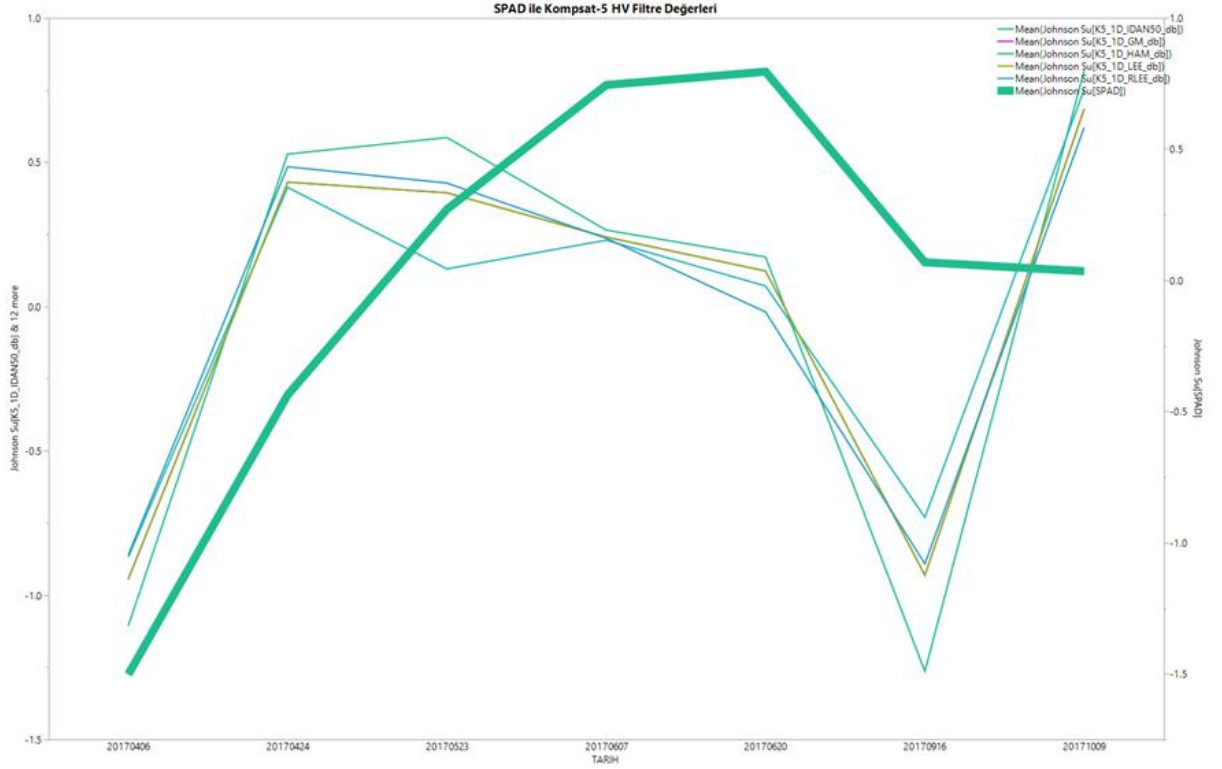
Kompsat-5 X band HV polarizasyonlu 1D işlem seviyeli tüm görüntülerden elde edilen geri saçılma filtre değerleri ile yaprak su noksanlığı değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler, **Çizelge 4.72**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.72. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSN	K5_1D_GM	125	123	0.83	0.18	***
YSN	K5_1D_GM_db	125	123	0.83	0.18	***
YSN	K5_1D_HAM	125	123	0.92	0.10	***
YSN	K5_1D_HAM_db	125	123	0.92	0.10	***
YSN	K5_1D_IDAN50	125	123	0.77	0.24	***
YSN	K5_1D_IDAN50_db	125	123	0.77	0.24	***
YSN	K5_1D_LEE	125	123	0.96	0.06	**
YSN	K5_1D_LEE_db	125	123	0.83	0.18	***
YSN	K5_1D_RLEE	125	123	0.92	0.10	***
YSN	K5_1D_RLEE_db	125	123	0.91	0.10	***
YSN	K5_1D_MAX	125	123	0.87	0.14	***
YSN	K5_1D_MEAN	125	123	0.90	0.12	***
YSN	K5_1D_MEDIAN	125	123	0.93	0.09	***
YSN	K5_1D_MIN	125	123	0.92	0.09	***
*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Yaprak su noksanlığı açısından değerlendirildiğinde, tüm filtrelerden elde edilen ham ve filtre değerler ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlıdır. Yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayısı ($R^2=0.24$, $p<0.001$), IDAN-50 filtresiyle elde edilmiştir.

Kompsat-5 X-Band uydusunun HV polarizasyonundan elde edilen ham ve filtre değerlerinin SPAD değerleri ile ilişkisini gösteren **Şekil 4.16**'da, filtre değerlerinin bazı tarihler itibariyle eğilimlerinin aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. Komsat-5 HV verileri ile SPAD değerleri ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen SPAD değerleri ile Komsat-5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.73**'de verilmiştir.

Çizelge 4.73. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile K5 ham ve filtre değerleri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	K5_1D_GM	126	124	0.79	0.08	**
SPAD	K5_1D_GM_db	126	124	0.79	0.08	**
SPAD	K5_1D_HAM	126	124	0.80	0.07	**
SPAD	K5_1D_HAM_db	126	124	0.80	0.07	**
SPAD	K5_1D_IDAN50	126	124	0.76	0.11	***
SPAD	K5_1D_IDAN50_db	126	124	0.76	0.11	***
SPAD	K5_1D_LEE	126	124	0.83	0.04	*
SPAD	K5_1D_LEE_db	126	124	0.79	0.08	**
SPAD	K5_1D_RLEE	126	124	0.75	0.12	***
SPAD	K5_1D_RLEE_db	126	124	0.75	0.13	***
SPAD	K5_1D_MAX	126	124	0.80	0.07	**
SPAD	K5_1D_MEAN	126	124	0.76	0.11	***
SPAD	K5_1D_MEDIAN	126	124	0.77	0.10	***
SPAD	K5_1D_MIN	126	124	0.77	0.10	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen filtre tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değerleri ile istatistiksel açıdan $p<0.001$ ve $p<0.01$ önem düzeyinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur, en yüksek belirlilik katsayısı ise K5_1D_RLEE ($R^2=0.13$, $p<0.001$) filtresi ile elde edilmiştir.

Kompsat-5 X band HV polarizasyonlu 1D işlem seviyeli tüm görüntülerden elde edilen geri saçılma filtre değerleri ile SPAD değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler, **Çizelge 4.74**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.74. Tüm ölçüm dönemlerine ait Kompsat-5 1D veri setleri ile SPAD değerleri arasındaki ilişkiler

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	K5_1D_GM	125	123	0.98	0.03	*
SPAD	K5_1D_GM_db	125	123	0.98	0.03	*
SPAD	K5_1D_HAM	125	123	0.99	0.02	ÖD
SPAD	K5_1D_HAM_db	125	123	0.99	0.02	ÖD
SPAD	K5_1D_IDAN50	125	123	0.95	0.07	**
SPAD	K5_1D_IDAN50_db	125	123	0.94	0.07	**
SPAD	K5_1D_LEE	125	123	1.01	0.00	ÖD
SPAD	K5_1D_LEE_db	125	123	0.98	0.03	*
SPAD	K5_1D_RLEE	125	123	0.97	0.05	*
SPAD	K5_1D_RLEE_db	125	123	0.97	0.05	*
SPAD	K5_1D_MAX	125	123	0.96	0.05	*
SPAD	K5_1D_MEAN	125	123	0.96	0.05	*
SPAD	K5_1D_MEDIAN	125	123	0.97	0.04	*
SPAD	K5_1D_MIN	125	123	0.99	0.02	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

SPAD değerleri açısından en yüksek belirlilik katsayısı, IDAN-50 ($R^2=0.07$, $p<0.01$) filtresiyle elde edilmiştir.

Kompsat-5 X-Band, Dönemsel Bulgular

Yaprak Oransal Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak oransal su içeriği değerleri ile Kompsat-5 1D HV polarizasyonu ile elde edilen ham ve filtre değerleri arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.75**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.75. Fenolojik dönemler itibariyle, Kompsat-5 işlem seviyeleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

DEGISKEN	VERİ SETİ	UYKU		SOMAKLANMA	CICEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM
YOSI	K5_1D_GM	0.29 ***		0.00 ÖD	0.12 ÖD	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.00 ÖD
YOSI	K5_1D_GM_db	0.28 **		0.00 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD
YOSI	K5_1D_HAM	0.23 **		0.05 ÖD	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.12 ÖD	0.02 ÖD
YOSI	K5_1D_HAM_db	0.21 **		0.05 ÖD	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.13 ÖD	0.01 ÖD
YOSI	K5_1D_IDAN50	0.31 ***		0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.13 ÖD	0.00 ÖD
YOSI	K5_1D_IDAN50_db	0.31 ***		0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.13 ÖD	0.00 ÖD
YOSI	K5_1D_LEE	0.13 *		0.04 ÖD	0.09 ÖD	0.00 ÖD	0.13 ÖD	0.44 **
YOSI	K5_1D_LEE_db	0.28 **		0.00 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD
YOSI	K5_1D_RLEE	0.22 **		0.16 ÖD	0.05 ÖD	0.27 *	0.15 ÖD	0.27 *
YOSI	K5_1D_RLEE_db	0.21 **		0.17 ÖD	0.05 ÖD	0.27 *	0.16 ÖD	0.27 *
YOSI	K5_1D_MAX	0.28 **		0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD	0.16 ÖD	0.23 *
YOSI	K5_1D_MEAN	0.11 ÖD		0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.22 ÖD	0.02 ÖD	0.23 *
YOSI	K5_1D_MEDIAN	0.09 ÖD		0.09 ÖD	0.13 ÖD	0.26 *	0.02 ÖD	0.25 *
YOSI	K5_1D_MIN	0.02 ÖD		0.12 ÖD	0.01 ÖD	0.07 ÖD	0.00 ÖD	0.04 ÖD
*; p<0.05, **;p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil								

Uyku döneminde yaprak oransal su içeriği değerleri ile en yüksek belirlilik katsayısı. IDAN-50($R^2=0.31$, $p<0.001$) filtresiyle elde edilmiştir. Diğer ham ve filtrelerden elde edilen belirlilik katsayıları da, $p<0.01$ önem seviyesinde GM($R^2=0.28$), LEE($R^2=0.28$), RLEE($R^2=0.21$) ve HV($R^2=0.21$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma ve çiçeklenme döneminde yaprak oransal su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde yaprak oransal su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında en yüksek belirlilik katsayısı, RLEE filtresi ($R^2=0.27$, $p<0.05$) ile elde edilmiştir. Diğer veri setlerinde istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde yaprak oransal su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde yaprak oransal su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında en yüksek belirlilik katsayısı LEE ($R^2=0.44$, $p<0.01$) ve RLEE ($R^2=0.27$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Yaprak Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su içeriği değerleri ile Kompasat-5 1D HV polarizasyonu ile elde edilen ham ve filtre değerler arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.76**'da gösterilmiştir. .

Çizelge 4.76. Fenolojik dönemler itibariyle, Kompasat-5 işlem seviyeleri ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

DEĞİSKEN	VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	ÇİÇEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELİŞME	YESİL_OLUM
YSI	K5_1D_GM	0.16 *	ÖD	0.02 ÖD	0.07 ÖD	0.14 ÖD	0.08 ÖD	0.00 ÖD
YSI	K5_1D_GM_db	0.15 *	ÖD	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.13 ÖD	0.07 ÖD	0.01 ÖD
YSI	K5_1D_HAM	0.15 *	ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.05 ÖD	0.04 ÖD	0.02 ÖD
YSI	K5_1D_HAM_db	0.15 *	ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.05 ÖD	0.04 ÖD	0.03 ÖD
YSI	K5_1D_IDAN50	0.22 **	ÖD	0.10 ÖD	0.04 ÖD	0.12 ÖD	0.23 *	0.08 ÖD
YSI	K5_1D_IDAN50_db	0.22 **	ÖD	0.08 ÖD	0.04 ÖD	0.11 ÖD	0.21 ÖD	0.07 ÖD
YSI	K5_1D_LEE	0.08 ÖD	ÖD	0.11 ÖD	0.04 ÖD	0.17 ÖD	0.19 ÖD	0.00 ÖD
YSI	K5_1D_LEE_db	0.15 *	ÖD	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.13 ÖD	0.07 ÖD	0.01 ÖD
YSI	K5_1D_RLEE	0.22 **	ÖD	0.01 ÖD	0.06 ÖD	0.00 ÖD	0.05 ÖD	0.12 ÖD
YSI	K5_1D_RLEE_db	0.20 **	ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.05 ÖD	0.12 ÖD
YSI	K5_1D_MAX	0.23 **	ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.03 ÖD
YSI	K5_1D_MEAN	0.13 *	ÖD	0.11 ÖD	0.00 ÖD	0.05 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD
YSI	K5_1D_MEDIAN	0.07 ÖD	ÖD	0.03 ÖD	0.10 ÖD	0.08 ÖD	0.12 ÖD	0.01 ÖD
YSI	K5_1D_MIN	0.02 ÖD	ÖD	0.38 **	0.04 ÖD	0.01 ÖD	0.07 ÖD	0.05 ÖD

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde yaprak su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında en yüksek belirlilik katsayıları, $p<0.01$ ve $p<0.05$ anlamlılık seviyesinde anlamlı olarak bulunmuştur. En yüksek belirlilik katsayıları, IDAN50 ($R^2=0.22$, $p<0.01$), RLEE ($R^2=0.20$, $p<0.01$) filtreleriyle elde edilmiştir.

Somaklanma döneminde yaprak su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı tek değer, 1D_MIN ($R^2=0.38$, $p<0.01$) filtresi ile elde edilmiştir. Bu dönemde diğer ham veri ve filtrelerden istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler elde edilmemiştir.

Çiçeklenme ve meyve tutumu dönemlerinde yaprak su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistikaçından anlamlı bulunmamıştır .

Meyve gelişme döneminde yaprak su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında en yüksek belirlilik katsayısı IDAN-50 ($R^2=0.23$, $p<0.05$) filtresi ile

elde edilmiştir. Diğer ham veri ve filtrelerden istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler elde edilmemiştir.

Yeşil olum döneminde yaprak su içeriği değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistikaçından anlamlı bulunmamıştır.

Yaprak Su Noksanlığı

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri ile Kompsat-5 1D HV polarizasyonu ile elde edilen ham ve filtre değerler arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.77**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.77. Fenolojik dönemler itibariyle, Kompsat-5 işlem seviyeleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

DEGISKEN	VERİ SETİ	UYKU	SOMAKLANMA	CICEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM
YSN	K5_1D_GM	0.30 ***	0.00 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.00 ÖD
YSN	K5_1D_GM_db	0.29 ***	0.00 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD
YSN	K5_1D_HAM	0.25 **	0.05 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.12 ÖD	0.02 ÖD
YSN	K5_1D_HAM_db	0.23 **	0.06 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.13 ÖD	0.01 ÖD
YSN	K5_1D_IDAN50	0.35 ***	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.12 ÖD	0.00 ÖD
YSN	K5_1D_IDAN50_db	0.35 ***	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.13 ÖD	0.00 ÖD
YSN	K5_1D_LEE	0.12 *	0.04 ÖD	0.09 ÖD	0.00 ÖD	0.13 ÖD	0.45 **
YSN	K5_1D_LEE_db	0.29 ***	0.00 ÖD	0.11 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD
YSN	K5_1D_RLEE	0.25 **	0.17 ÖD	0.05 ÖD	0.28 *	0.14 ÖD	0.27 *
YSN	K5_1D_RLEE_db	0.24 **	0.18 ÖD	0.05 ÖD	0.28 *	0.15 ÖD	0.27 *
YSN	K5_1D_MAX	0.23 **	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD	0.16 ÖD	0.22 *
YSN	K5_1D_MEAN	0.10 ÖD	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.23 ÖD	0.02 ÖD	0.23 *
YSN	K5_1D_MEDIAN	0.07 ÖD	0.10 ÖD	0.13 ÖD	0.26 *	0.02 ÖD	0.24 *
YSN	K5_1D_MIN	0.02 ÖD	0.12 ÖD	0.01 ÖD	0.07 ÖD	0.00 ÖD	0.04 ÖD

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde yaprak su noksanlığı değerleri ile en yüksek belirlilik katsayısı. IDAN-50($R^2=0.35$, $p<0.001$) filtresiyle elde edilmiştir. Diğer ham ve filtrelerden elde edilen belirlilik katsayıları da, GM ($R^2=0.30$, $p<0.001$), LEE ($R^2=0.29$, $p<0.001$), RLEE($R^2=0.24$, $p<0.01$) ve HAM($R^2=0.23$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma ve çiçeklenme döneminde yaprak su noksanlığı değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde yaprak su noksanlığı değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında en yüksek belirlilik katsayısı, RLEE filtresi ($R^2=0.28$, $p<0.05$) ile elde edilmiştir. Diğer veri setlerinde istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde yaprak su noksanlığı değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde yaprak su noksanlığı değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında en yüksek belirlilik katsayıları LEE ($R^2=0.45$, $p<0.01$) ve RLEE ($R^2=0.27$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Klorofil İçeriği

Fenolojik dönemler itibariyle SPAD değerleri ile Kompas-5 1D HV polarizasyonu ile elde edilen ham ve filtre değerler arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.78’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.78. Kompas-5 işlem seviyeleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

DEGISKEN	VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	CICEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM
SPAD	K5_1D_GM	0.24	**	0.02 ÖD	0.16 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
SPAD	K5_1D_GM_db	0.23	**	0.02 ÖD	0.16 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
SPAD	K5_1D_HAM	0.20	**	0.06 ÖD	0.04 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.06 ÖD
SPAD	K5_1D_HAM_db	0.19	**	0.05 ÖD	0.04 ÖD	0.01 ÖD	0.05 ÖD	0.05 ÖD
SPAD	K5_1D_IDAN50	0.39	***	0.11 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.04 ÖD
SPAD	K5_1D_IDAN50_db	0.39	***	0.11 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD
SPAD	K5_1D_LEE	0.02	ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.08 ÖD	0.09 ÖD	0.11 ÖD
SPAD	K5_1D_LEE_db	0.23	**	0.02 ÖD	0.16 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
SPAD	K5_1D_RLEE	0.26	**	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD
SPAD	K5_1D_RLEE_db	0.26	**	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD
SPAD	K5_1D_MAX	0.35	***	0.04 ÖD	0.11 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.05 ÖD
SPAD	K5_1D_MEAN	0.27	**	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD
SPAD	K5_1D_MEDIAN	0.25	**	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
SPAD	K5_1D_MIN	0.12	*	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde SPAD değerleri ile en yüksek belirlilik katsayıları, IDAN50 ($R^2=0.39$, $p<0.001$), RLEE ($R^2=0.26$, $p<0.01$), GM ($R^2=0.23$, $p<0.01$), LEE ($R^2=0.23$, $p<0.01$) ve HAM ($R^2=0.19$, $p<0.05$) filtreleriyle elde edilmiştir.

Somaklanma, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve gelişme ve yeşil olum dönemlerinde SPAD değerleri ile ham ve filtrelerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır

4.5.2.2. Sentinel-1 Görüntü Analizleri

Bu bölümde, Sentinel-1 GRD uydu görüntülerinden elde edilen VV, VH polarizasyonlara ait band ve indekslere ait piksel değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Araştırmada Sentinel-1'in aynı tarihlere ait iki farklı veri seti kullanılmıştır. Sentinel-1 GRD ürünleri, alçalan ve yükselen yörüngeler için ayrı veri setleri olarak elde edilmiştir.

Sentinel-1 GRD ürünleri, alçalan ve yükselen yörüngeler için GEE ortamında değerlendirilmiştir.

Sentinel-1 SAR verilerinin analizinde öncelikle, tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek tüm değişkenlerin varyans analizi sonucu elde edilen model ile tahmin değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile GEE ortamında elde edilen değerler, tüm ölçüm tarihleri dikkate alınarak her bir yaprak göstergesi ve SPAD içeriği açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ayrıca sonra fenolojik dönemlerdeki ilişkilerin ortaya konması açısından, yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile, fenolojik dönemler dikkate alınarak her bir yaprak göstergesi ve SPAD içeriği açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelgelerde veri sütununda S1_GEE_ASC ile başlayan veriler, GEE ortamında işlenen S1 yükselen (ascending) görüntülerden elde edilen değişkenleri, S1_GEE_DSC ise alçalan (descending) görüntülerden elde edilen değişkenleri ifade etmektedir.

Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörüngelerinden elde edilen bazı veriler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkileri gösteren **Şekil 4.17**'de yaprak oransal su içeriği değerleri ile sentinel-1 verilerinin aynı eğilimde oldukları görülmektedir.



Şekil 4.17. Sentinel-1 verileri ile yaprak oransal su içeriği ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.79’da verilmiştir.

Çizelge 4.79. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YOSI	S1_GEE_ASC_VH_DB	414	412	0.64	0.10	***
YOSI	S1_GEE_ASC_VV_DB	414	412	0.55	0.23	***
YOSI	S1_GEE_ASC_VH/VV	414	412	0.69	0.04	***
YOSI	S1_GEE_ASC_VH-VV	414	412	0.71	0.00	ÖD
YOSI	S1_GEE_ASC_RVI	414	412	0.69	0.03	***
YOSI	S1_GEE_ASC_NDVHVV	414	412	0.69	0.04	***
YOSI	S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	414	412	0.70	0.02	*
YOSI	S1_GEE_DSC_VH_DB	414	412	0.70	0.01	*
YOSI	S1_GEE_DSC_VV_DB	414	412	0.71	0.00	ÖD
YOSI	S1_GEE_DSC_VH/VV	414	412	0.71	0.01	ÖD
YOSI	S1_GEE_DSC_VH-VV	414	412	0.71	0.01	ÖD
YOSI	S1_GEE_DSC_RVI	414	412	0.71	0.01	ÖD
YOSI	S1_GEE_DSC_ND_VHVV	414	412	0.71	0.01	ÖD
YOSI	S1_GEE_DSC_VV+VH_HAM	414	412	0.70	0.01	*
YOSI	S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	414	412	0.71	0.01	*
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, ASC_VV_DB($R^2=0.23$, $p<0.001$), ASC_VH_DB($R^2=0.10$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm tarihlerinde Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.80**'da verilmiştir.

Çizelge 4.80. Tüm ölçüm dönemlerinde Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, yaprak oransal su içeriği ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler

ORTAM	DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_NDVHVV	410	408	0.99	0.01	*
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_RVI	410	408	1.00	0.01	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_VH/VV	410	408	0.99	0.01	*
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_VH_DB	410	408	0.98	0.02	**
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_VH-VV	410	408	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_VV_DB	410	408	0.96	0.05	***
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_ASC_VV+VH	410	408	0.97	0.04	***
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_ND_VHVV	410	408	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_RVI	410	408	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_VH/VV	410	408	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_VH_DB	410	408	1.00	0.01	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_VH-VV	410	408	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_VV_DB	410	408	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YOSI	S1_GEE_DSC_VV+VH	410	408	1.00	0.01	ÖD
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.							
ÖD: Önemli Değil							

Tüm tarihler itibarıyla en yüksek belirlilik katsayıları, yükselen yörünge VV polarizasyonu ile elde edilmiştir. Tüm tarihler dikkate alındığında, yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-1 yükselen görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu katsayılar, VV_DB(R²=0.05, p<0.001), VV+VH(R²=0.04, p<0.001), VH_DB(R²=0.02, p<0.01), VH/VV(R²=0.01, p<0.05), NDVHVV(R²=0.01, p<0.05) olarak bulunmuştur.

Alçalan yörünge görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Yaprak Su İçeriği

Sentinel-1 alçalan yörüngelerinden elde edilen bazı veriler ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkileri gösteren **Şekil 4.18**'de yaprak su içeriği değerleri ile Sentinel-1 verilerinin aynı eğilimde oldukları görülmektedir.



Şekil 4.18. Sentinel-1 verileri ile yaprak su içeriği ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri verileri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.81**'de verilmiştir.

Çizelge 4.81. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su içeriği ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	S1_GEE_ASC_VH_DB	414	412	0.40	0.02	**
YSI	S1_GEE_ASC_VV_DB	414	412	0.41	0.00	ÖD
YSI	S1_GEE_ASC_VH/VV	414	412	0.41	0.01	ÖD
YSI	S1_GEE_ASC_VH-VV	414	412	0.40	0.02	**
YSI	S1_GEE_ASC_RVI	414	412	0.41	0.01	ÖD
YSI	S1_GEE_ASC_NDVHVV	414	412	0.41	0.01	ÖD
YSI	S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	414	412	0.40	0.03	**
YSI	S1_GEE_DSC_VH_DB	414	412	0.41	0.02	**
YSI	S1_GEE_DSC_VV_DB	414	412	0.39	0.06	***
YSI	S1_GEE_DSC_VH/VV	414	412	0.40	0.02	**
YSI	S1_GEE_DSC_VH-VV	414	412	0.41	0.01	*
YSI	S1_GEE_DSC_RVI	414	412	0.40	0.02	**
YSI	S1_GEE_DSC_ND_VHVV	414	412	0.40	0.03	**
YSI	S1_GEE_DSC_VV+VH_HAM	414	412	0.41	0.02	**
YSI	S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	414	412	0.41	0.00	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su içeriği ile istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları DSC_VV_DB(R²=0.06, p<0.001) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm tarihlerinde Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile yaprak su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.82**'de verilmiştir.

Çizelge 4.82. Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, yaprak su içeriği ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler

ORTAM	DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_NDVHVV	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_RVI	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_VH/VV	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_VH_DB	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_VH-VV	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_VV_DB	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_ASC_VV+VH	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_ND_VHVV	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_RVI	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_VH/VV	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_VH_DB	401	399	0.51	0.01	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_VH-VV	401	399	0.51	0.00	ÖD
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_VV_DB	401	399	0.50	0.01	*
S1_GEE	YSI	S1_GEE_DSC_VV+VH	401	399	0.51	0.01	ÖD
*, p<0.05, **,p<0.01, ***,p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.							
ÖD: Önemli Değil							

Tüm tarihler itibariyle, istatistiksel açıdan anlamlı tek belirlilik katsayısı, alçalan yörünge VV_DB ($R^2=0.01$, $p<0.001$) verisi ile elde edilmiştir.

Yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Yaprak Su Noksanlığı

Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörüngelerinden elde edilen bazı veriler ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkileri gösteren **Şekil 4.19**'da yaprak su noksanlığı değerleri ile sentinel-1 verilerinin ters bir eğilimde oldukları görülmektedir.



Şekil 4.19. Sentinel-1 verileri ile yaprak su noksanlığı ilişkisi eğilim grafiği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri verileri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.83**'de verilmiştir.

Çizelge 4.83. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen yaprak su noksanlığı ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
YSN	S1_GEE_ASC_VH_DB	414	412	0.64	0.11	***
YSN	S1_GEE_ASC_VV_DB	414	412	0.55	0.24	***
YSN	S1_GEE_ASC_VH/VV	414	412	0.69	0.04	***
YSN	S1_GEE_ASC_VH-VV	414	412	0.72	0.01	ÖD
YSN	S1_GEE_ASC_RVI	414	412	0.69	0.04	***
YSN	S1_GEE_ASC_NDVHV	414	412	0.69	0.04	***
YSN	S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	414	412	0.71	0.02	*
YSN	S1_GEE_DSC_VH_DB	414	412	0.71	0.01	*
YSN	S1_GEE_DSC_VV_DB	414	412	0.72	0.00	ÖD
YSN	S1_GEE_DSC_VH/VV	414	412	0.72	0.00	ÖD
YSN	S1_GEE_DSC_VH-VV	414	412	0.72	0.01	ÖD
YSN	S1_GEE_DSC_RVI	414	412	0.72	0.01	ÖD
YSN	S1_GEE_DSC_ND_VHV	414	412	0.72	0.00	ÖD
YSN	S1_GEE_DSC_VV+VH_HAM	414	412	0.71	0.01	*
YSN	S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	414	412	0.71	0.01	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.						
ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak su noksanlığı ile istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayısı ASC_VV_DB(R²=0.24, p<0.001) olarak bulunmuştur.

Tüm ölçüm dönemlerinde Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.84**'de verilmiştir.

Çizelge 4.84. Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, yaprak su noksanlığı ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler

ORTAM	DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_NDVHVV	407	405	0.99	0.01	*
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_RVI	407	405	1.00	0.01	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_VH/VV	407	405	0.99	0.01	*
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_VH_DB	407	405	0.98	0.02	**
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_VH-VV	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_VV_DB	407	405	0.96	0.05	***
S1_GEE	YSN	S1_GEE_ASC_VV+VH	407	405	0.97	0.04	***
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_ND_VHVV	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_RVI	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_VH/VV	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_VH_DB	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_VH-VV	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_VV_DB	407	405	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	YSN	S1_GEE_DSC_VV+VH	407	405	1.00	0.00	ÖD
*, p<0.05, **,p<0.01, ***,p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir.							
ÖD: Önemli Değil							

Tüm tarihler itibarıyla en yüksek belirlilik katsayıları, yükselen yörünge VV polarizasyonu ile elde edilmiştir. Yaprak su noksanlığı ile yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu katsayılar, VV_DB ($R^2=0.05$, $p<0.001$), VV+VH ($R^2=0.04$, $p<0.001$), VH_DB ($R^2=0.02$, $p<0.01$), VH/VV ($R^2=0.01$, $p<0.01$), NDVHVV ($R^2=0.01$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Klorofil İçeriği

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri verileri tahmin değerleri arasındaki ilişkiler **Çizelge 4.85**'de verilmiştir.

Çizelge 4.85. Tarih, Bahçe ve Ağaç Faktörüne göre varyans analizi ile elde edilen SPAD değerleri ile Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntü verileri tahmin değerleri regresyon analizleri

DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	S1_GEE_ASC_VH_DB	414	412	0.79	0.01	*
SPAD	S1_GEE_ASC_VV_DB	414	412	0.77	0.04	***
SPAD	S1_GEE_ASC_VH/VV	414	412	0.80	0.01	ÖD
SPAD	S1_GEE_ASC_VH-VV	414	412	0.80	0.00	ÖD
SPAD	S1_GEE_ASC_RVI	414	412	0.80	0.01	ÖD
SPAD	S1_GEE_ASC_NDVHVV	414	412	0.80	0.01	ÖD
SPAD	S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	414	412	0.80	0.00	ÖD
SPAD	S1_GEE_DSC_VH_DB	414	412	0.79	0.02	**
SPAD	S1_GEE_DSC_VV_DB	414	412	0.75	0.07	***
SPAD	S1_GEE_DSC_VH/VV	414	412	0.78	0.03	***
SPAD	S1_GEE_DSC_VH-VV	414	412	0.79	0.01	*
SPAD	S1_GEE_DSC_RVI	414	412	0.78	0.02	**
SPAD	S1_GEE_DSC_ND_VHVV	414	412	0.78	0.03	***
SPAD	S1_GEE_DSC_VV+VH_HAM	414	412	0.79	0.02	**
SPAD	S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	414	412	0.80	0.00	ÖD
*; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen band tahmin değerleri üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, SPAD değeri ile istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayısı DSC_VV_DB(R²=0.07, p<0.001) olarak bulunmuştur.

Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile SPAD içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.86**'de verilmiştir.

Çizelge 4.86. Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri, SPAD değerleri ile geri saçılma değerleri arasındaki ilişkiler

ORTAM	DEĞİŞKEN	VERİ	n	DFE	MSE	R ²	
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_NDVHV	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_RVI	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_VH/VV	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_VH_DB	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_VH-VV	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_VV_DB	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_ASC_VV+VH	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_ND_VHV	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_RVI	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_VH/VV	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_VH_DB	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_VH-VV	405	403	1.00	0.00	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_VV_DB	405	403	1.00	0.01	ÖD
S1_GEE	SPAD	S1_GEE_DSC_VV+VH	405	403	1.00	0.00	ÖD
*, p<0.05, **,p<0.01, ***,p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil							

Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Sentinel-1, Dönemsel Bulgular

Dönemsel bulgular, yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile GEE ortamından elde edilen Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge görüntülerinden elde edilen değerler üzerinden değerlendirilmiştir.

Yaprak Oransal Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak oransal su içeriği değerleri ile Sentinel-1 görüntülerinden elde edilen veriler arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.87**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.87. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	CİÇEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELİŞİM	YESİL_OLUM	SIYAH_OLUM
S1_GEE_ASC_NDVHVV	0.09 **		0.01 ÖD	0.30 *	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.05 ÖD
S1_GEE_ASC_RVI	0.09 **		0.01 ÖD	0.31 *	0.05 ÖD	0.01 ÖD	0.06 ÖD	0.04 ÖD
S1_GEE_ASC_VH/VV	0.09 **		0.01 ÖD	0.30 *	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.05 ÖD
S1_GEE_ASC_VH_DB	0.00 ÖD		0.03 ÖD	0.23 *	0.06 ÖD	0.12 ***	0.01 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_ASC_VH-VV	0.06 **		0.02 ÖD	0.32 *	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_ASC_VV_DB	0.05 *		0.00 ÖD	0.25 *	0.19 **	0.05 **	0.08 ÖD	0.09 *
S1_GEE_ASC_VV+VH	0.06 *		0.00 ÖD	0.26 *	0.17 *	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.07 ÖD
S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	0.05 *		0.02 ÖD	0.32 *	0.00 ÖD	0.06 **	0.00 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_ND_VHVV	0.05 *		0.01 ÖD	0.14 ÖD	0.01 ÖD	0.06 **	0.06 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_RVI	0.05 *		0.00 ÖD	0.16 ÖD	0.01 ÖD	0.06 **	0.05 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VH/VV	0.05 *		0.01 ÖD	0.14 ÖD	0.01 ÖD	0.06 **	0.06 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VH_DB	0.04 *		0.06 ÖD	0.21 ÖD	0.10 ÖD	0.15 ***	0.04 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_DSC_VH-VV	0.06 **		0.00 ÖD	0.24 *	0.04 ÖD	0.08 **	0.01 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VV_DB	0.01 ÖD		0.06 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.16 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH	0.04 *		0.06 ÖD	0.21 ÖD	0.10 ÖD	0.15 ***	0.04 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	0.07 **		0.01 ÖD	0.27 *	0.06 ÖD	0.12 ***	0.00 ÖD	0.01 ÖD

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak oransal su içeriği ile yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen katsayılar, NDVHVV ($R^2=0.09$, $p<0.01$), RVI ($R^2=0.09$, $p<0.01$), VH/VV ($R^2=0.09$, $p<0.01$), VH-VV ($R^2=0.06$, $p<0.05$), VV ($R^2=0.05$, $p<0.05$), VV+VH ($R^2=0.06$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Alçalan yörünge görüntülerinden elde edilen belirlilik katsayılar, VV+VH_DB ($R^2=0.05$, $p<0.01$), VH-VV ($R^2=0.06$, $p<0.01$), NDVHVV ($R^2=0.05$, $p<0.05$), RVI ($R^2=0.05$, $p<0.05$), VH/VV ($R^2=0.05$, $p<0.05$), VH_DB ($R^2=0.04$, $p<0.05$), VV+VH ($R^2=0.06$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak oransal su içeriği ile yükselen ve alçalan yörünge veri değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Çiçeklenme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen yörünge modunda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV+VH ($R^2=0.32$, $p<0.05$), VH-VV ($R^2=0.32$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan yörünge modunda

bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları ise, VV+VH_DB ($R^2=0.27$, $p<0.05$), VH-VV ($R^2=0.26$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak oransal su içeriği ile yükselen yörünge değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen yörünge modunda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV_DB ($R^2=0.19$, $p<0.01$), VH+VV ($R^2=0.17$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan yörünge modunda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen yörünge modunda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VH_DB ($R^2=0.12$, $p<0.001$), VV+VH_DB ($R^2=0.06$, $p<0.01$), VV_DB ($R^2=0.05$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Alçalan yörünge modunda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VH_DB ($R^2=0.15$, $p<0.001$), VV+VH ($R^2=0.15$, $p<0.001$), VV+VH_DB ($R^2=0.12$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile yükselen ve alçalan yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile yükselen ve alçalan yörünge verileri arasında sadece yükselen yörünge modunda VV_DB ($R^2=0.09$, $p<0.05$) istatistiksel açıdan anlamlı ancak belirlilik katsayısı düşük bir ilişki bulunmuştur. Alçalan yörünge modunda bu görüntülerden elde edilen verilerden istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Yaprak Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla yaprak su içeriği değerleri ile Sentinel-1 görüntülerinden elde edilen veriler arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.88**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.88. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU		SOMAKLANMA	CİCEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM						
S1_GEE_ASC_NDVHVV	0.04	ÖD	0.02	ÖD	0.18 *	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.02	ÖD			
S1_GEE_ASC_RVI	0.04	*	0.02	ÖD	0.07	ÖD	0.17 *	0.00	ÖD	0.03	ÖD	0.02	ÖD	
S1_GEE_ASC_VH/VV	0.04	ÖD	0.02	ÖD	0.08	ÖD	0.18 *	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.02	ÖD	
S1_GEE_ASC_VH_DB	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.03 *	0.26 *	0.07	ÖD		
S1_GEE_ASC_VH-VV	0.04	*	0.02	ÖD	0.04	ÖD	0.10	ÖD	0.00	ÖD	0.15	ÖD	0.04	ÖD
S1_GEE_ASC_VV_DB	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.28 *	0.33 ***	0.04 *	0.02	ÖD	0.00	ÖD			
S1_GEE_ASC_VV+VH	0.02	ÖD	0.01	ÖD	0.20	ÖD	0.25 **	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	
S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	0.05	*	0.03	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD	0.01	ÖD	0.26 *	0.06	ÖD	
S1_GEE_DSC_ND_VHVV	0.14	***	0.00	ÖD	0.40 **	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.09 *		
S1_GEE_DSC_RVI	0.14	***	0.00	ÖD	0.40 **	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.08 *		
S1_GEE_DSC_VH/VV	0.14	***	0.00	ÖD	0.40 **	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.11	ÖD	0.09 *		
S1_GEE_DSC_VH_DB	0.06	**	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.09	ÖD	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD
S1_GEE_DSC_VH-VV	0.14	***	0.00	ÖD	0.37 *	0.06	ÖD	0.03	ÖD	0.09	ÖD	0.07	ÖD	
S1_GEE_DSC_VV_DB	0.05	*	0.01	ÖD	0.17	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD	0.13 **	
S1_GEE_DSC_VV+VH	0.06	**	0.00	ÖD	0.06	ÖD	0.09	ÖD	0.03	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	0.13	***	0.00	ÖD	0.27 *	0.08	ÖD	0.03	*	0.07	ÖD	0.03	ÖD	

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su içeriği ile yükselen ve alçalan yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV+VH_DB ($R^2=0.05$, $p<0.05$), VV-VH_DB ($R^2=0.04$, $p<0.05$), RVI ($R^2=0.04$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVHVV ($R^2=0.14$, $p<0.001$), RVI ($R^2=0.14$, $p<0.001$), VH/VV ($R^2=0.14$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su içeriği ile alçalan ve yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmamıştır.

Çiçeklenme döneminde, yaprak su içeriği ile yükselen ve alçalan yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen verilerden sadece VV_DB ($R^2=0.28$, $p<0.05$) istatistiksel açıdan anlamlı olarak bulunmuştur. Alçalan modda ise bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVHVV ($R^2=0.40$, $p<0.01$), RVI ($R^2=0.40$, $p<0.01$), VH/VV ($R^2=0.40$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su içeriği ile yükselen yörünge görüntülerinden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen yörünge bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV_DB

($R^2=0.33$, $p<0.001$), VV+VH ($R^2=0.25$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su içeriği ile yükselen ve alçalan yörünge verileri istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV_DB ($R^2=0.04$, $p<0.05$), VH_DB ($R^2=0.03$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında sadece VV+VH_DB ($R^2=0.03$, $p<0.05$) istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, yaprak su içeriği ile yükselen yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VH_DB ($R^2=0.26$, $p<0.05$), VV+VH_DB ($R^2=0.26$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde, yaprak su içeriği ile alçalan yörünge verileri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VH_DB ($R^2=0.13$, $p<0.01$), ND_VHVV ($R^2=0.09$, $p<0.05$), VH/VV ($R^2=0.09$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Yaprak Su Noksanlığı

Fenolojik dönemler itibariyle yaprak su noksanlığı değerleri ile Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge görüntülerinden elde edilen veriler arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.89**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.89. Fenolojik dönemler itibariyle, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU	Önem	SOMAKLANMA	ÇİÇEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELİŞME	YESİL_OLUM	SIYAH_OLUM
S1_GEE_ASC_NDVHVV	0.06 *		0.03 ÖD	0.30 *	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.05 ÖD
S1_GEE_ASC_RVI	0.06 *		0.03 ÖD	0.31 *	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.04 ÖD
S1_GEE_ASC_VH/VV	0.06 *		0.03 ÖD	0.30 *	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.05 ÖD
S1_GEE_ASC_VH_DB	0.00 ÖD		0.03 ÖD	0.23 *	0.04 ÖD	0.11 ***	0.01 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_ASC_VH-VV	0.04 *		0.04 ÖD	0.32 *	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_ASC_VV_DB	0.04 *		0.01 ÖD	0.25 *	0.16 *	0.06 **	0.08 ÖD	0.09 *
S1_GEE_ASC_VV+VH	0.04 *		0.02 ÖD	0.27 *	0.16 *	0.02 ÖD	0.08 ÖD	0.06 ÖD
S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	0.03 ÖD		0.04 ÖD	0.32 *	0.00 ÖD	0.05 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_ND_VHVV	0.06 *		0.00 ÖD	0.14 ÖD	0.00 ÖD	0.05 **	0.06 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_RVI	0.06 **		0.00 ÖD	0.16 ÖD	0.00 ÖD	0.06 **	0.05 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VH/VV	0.06 *		0.00 ÖD	0.14 ÖD	0.00 ÖD	0.05 **	0.06 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VH_DB	0.06 **		0.12 *	0.21 ÖD	0.06 ÖD	0.14 ***	0.04 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_DSC_VH-VV	0.08 **		0.01 ÖD	0.24 *	0.01 ÖD	0.08 **	0.01 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VV_DB	0.01 ÖD		0.05 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.16 ÖD	0.00 ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH	0.06 **		0.12 *	0.21 ÖD	0.06 ÖD	0.14 ***	0.04 ÖD	0.02 ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	0.09 **		0.04 ÖD	0.27 *	0.03 ÖD	0.12 ***	0.00 ÖD	0.01 ÖD

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su noksanlığı ile Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVHVV ($R^2=0.06$, $p<0.05$), RVI ($R^2=0.06$, $p<0.05$), VH/VV ($R^2=0.06$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV+VH_DB ($R^2=0.09$, $p<0.01$), VH-VV ($R^2=0.08$, $p<0.01$), VH_DB ($R^2=0.06$, $p<0.01$), RVI ($R^2=0.05$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su noksanlığı ile yükselen yörünge veri değişkenleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmaz iken alçalan yörünge veri değişkenleri ile arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV+VH_DB ($R^2=0.12$, $p<0.05$), VH_DB ($R^2=0.12$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Çiçeklenme döneminde, yaprak su noksanlığı ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV+VH_DB ($R^2=0.32$, $p<0.05$), VH-VV ($R^2=0.32$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV+VH_DB ($R^2=0.27$, $p<0.05$), VH-VV ($R^2=0.24$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su noksanlığı ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV_DB ($R^2=0.16$, $p<0.05$), VH+VV ($R^2=0.16$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su noksanlığı ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VH_DB ($R^2=0.11$, $p<0.001$), VV_DB ($R^2=0.06$, $p<0.01$), VV+VH_DB ($R^2=0.05$, $p<0.05$), olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VH_DB ($R^2=0.14$, $p<0.001$), VV+VH ($R^2=0.14$, $p<0.001$), VV+VH_DB ($R^2=0.12$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Yeşil olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmamıştır.

Siyah olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında sadece yükselen modda VV_DB($R^2=0.09$, $p<0.05$) ile istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen verilerden istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Klorofil İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla SPAD değerleri ile Sentinel-1 yükselen ve alçalan yörünge görüntülerinden elde edilen veriler arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.90**'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.90. Fenolojik dönemler itibarıyla, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge görüntüleri ile geri saçılma değerleri ile SPAD değerleri arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU		SOMAKLANMA	CICEKLENME	MEYVE_TUTUMU	MEYVE_GELISME	YESIL_OLUM	SIYAH_OLUM						
S1_GEE_ASC_NDVHV	0.11	***	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.18 *	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.05	ÖD	
S1_GEE_ASC_RVI	0.11	***	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.17 *	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.05	ÖD	
S1_GEE_ASC_VH/VV	0.11	***	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.18 *	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.05	ÖD	
S1_GEE_ASC_VH_DB	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.04	ÖD	0.04	ÖD	0.02	ÖD	0.10	ÖD	0.03	ÖD
S1_GEE_ASC_VH-VV	0.09	**	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.16 *	0.02	ÖD	0.00	ÖD	0.03	ÖD	
S1_GEE_ASC_VV_DB	0.07	**	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.13 *	0.00	ÖD	0.09	ÖD	0.10	*	
S1_GEE_ASC_VV+VH	0.10	**	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.09	ÖD	0.01	ÖD	0.04	ÖD	0.07	*
S1_GEE_ASC_VV+VH_DB	0.07	**	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.13 *	0.02	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	
S1_GEE_DSC_ND_VHV	0.13	***	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.22	ÖD	0.00	ÖD
S1_GEE_DSC_RVI	0.13	***	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.21	ÖD	0.00	ÖD
S1_GEE_DSC_VH/VV	0.13	***	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.22	ÖD	0.00	ÖD
S1_GEE_DSC_VH_DB	0.01	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.03	ÖD
S1_GEE_DSC_VH-VV	0.12	***	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.19	ÖD	0.00	ÖD
S1_GEE_DSC_VV_DB	0.10	***	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.22 *		0.02	ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH	0.01	ÖD	0.03	ÖD	0.00	ÖD	0.00	ÖD	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.03	ÖD
S1_GEE_DSC_VV+VH_DB	0.08	**	0.01	ÖD	0.01	ÖD	0.00	ÖD	0.02	ÖD	0.10	ÖD	0.00	ÖD

*, p<0.05, **,p<0.01 önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, SPAD değerleri ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVHV ($R^2=0.11$, $p<0.001$), RVI ($R^2=0.11$, $p<0.001$), VH/VV ($R^2=0.11$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVHV ($R^2=0.13$, $p<0.001$), RVI ($R^2=0.13$, $p<0.001$), VH/VV ($R^2=0.13$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma ve çiçeklenme dönemlerinde, SPAD değeri ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen yükselen ve alçalan değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde, SPAD değeri ile yükselen yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yükselen modda bu görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDVHV ($R^2=0.18$, $p<0.05$), VH/VV ($R^2=0.18$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Meyve gelişme döneminde, SPAD değeri ile yükselen ve alçalan yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Yeşil olum döneminde, SPAD değeri ile alçalan yörünge verilerinden elde edilen verilerden sadece VV_DB ($R^2=0.22$, $p<0.05$) değeri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Siyah olum döneminde, SPAD değeri ile yükselen yörünge verilerinden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Siyah olum döneminde yükselen modundaki görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, VV_DB ($R^2=0.10$, $p<0.05$), VV+VH ($R^2=0.07$, $p<0.05$ olarak bulunmuştur. Alçalan modda bu görüntülerden elde edilen değerler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

4.6. Spektrometrik Bulgular

4.6.1. Spektral verilerde ön işlem yöntemleri kullanılarak yapılan analizler

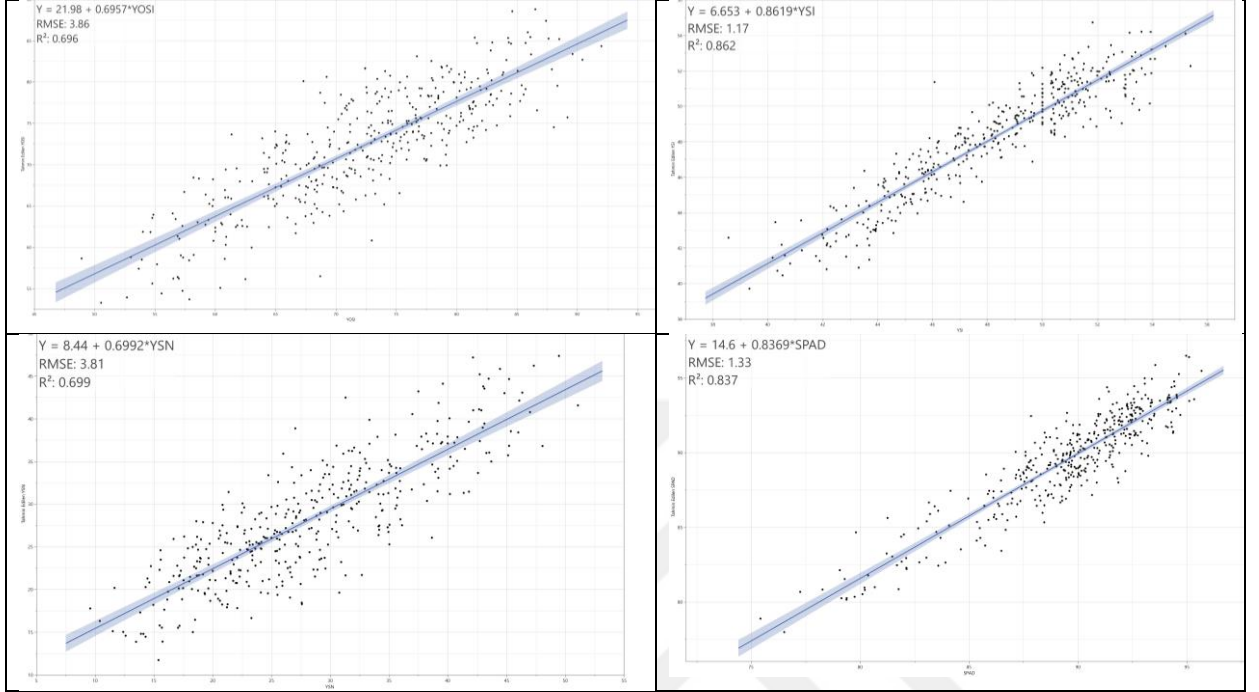
Her ölçüm döneminde alınan yaprak örneklerinden spektrometre ile elde edilen spektral verilerin ağaç ortalamaları alınmış, ön işlemleri yapıldıktan sonra kısmi en küçük kareler regresyon yöntemi ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Spektral verilerin dört farklı ön işlem aşaması ile oluşturulan 4 farklı veri seti üzerinden, kısmi en küçük kareler regresyon yöntemi ile istatistik analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.91).

Çizelge 4.91. Farklı ön işlem metodlarıyla yaprak su göstergeleri ile SPAD ölçümlerinin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi

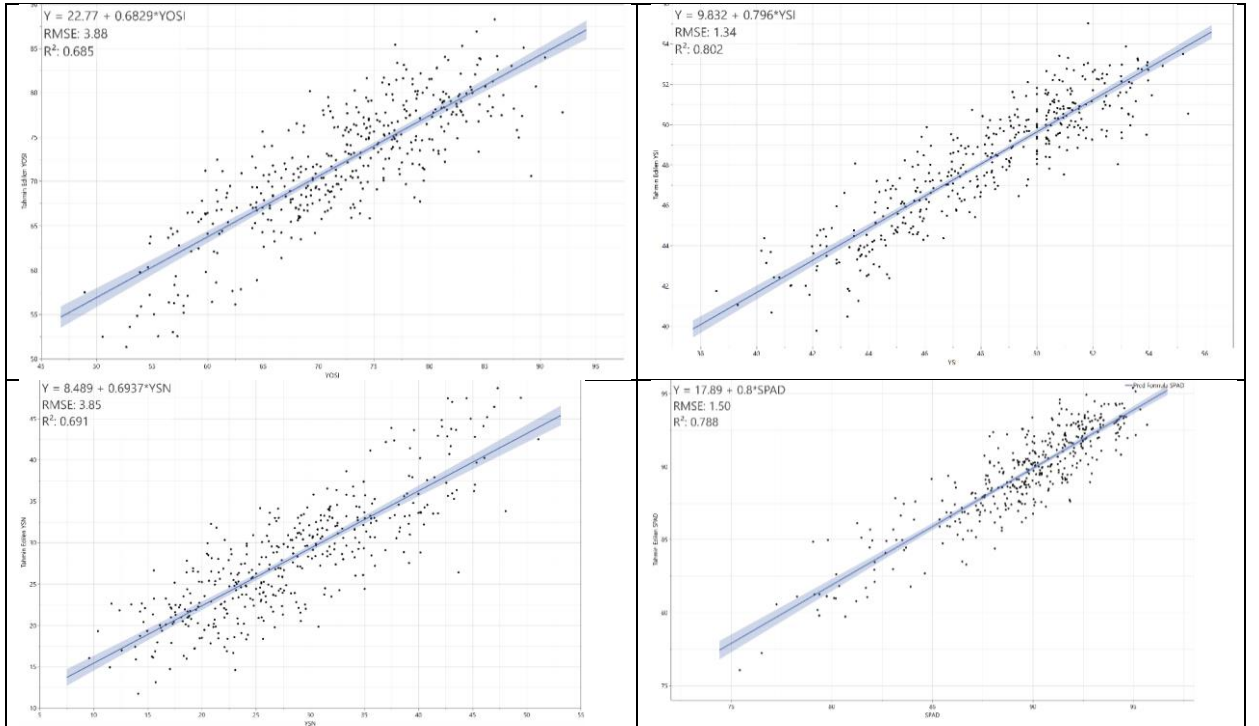
ÖN İŞLEM METODU		RMSE	R^2	Tahmin Denklemi
HAM VERİLER (Kahriman ve ark, 2016)	YOSI	3.86	0.69	$y=21.98+0.6957*YOSI$
	YSI	1.17	0.86	$y=6.653+0.8619*YSI$
	YSN	3.81	0.69	$y=8.44+0.6992*YSN$
	SPAD	1.33	0.83	$y=14.6+0.8369*SPAD$
FD+SNV+MSC (Kahriman ve ark, 2017)	YOSI	3.88	0.68	$y=22.77+0.6829*YOSI$
	YSI	1.34	0.80	$y=9.832+0.796*YSI$
	YSN	3.85	0.69	$y=8.489+0.6937*YSN$
	SPAD	1.50	0.78	$y=17.89+0.0*SPAD$
SNV+FD (Kahriman ve ark, 2016)	YOSI	3.70	0.73	$y=19.24+0.7302*YOSI$
	YSI	1.41	0.78	$y=10.49+0.7819*YSI$
	YSN	3.63	0.74	$y=7.205+0.7436*YSN$
	SPAD	1.33	0.84	$y=14.22+0.841*SPAD$
MA+SG+MSC+FD+SD (Zhang ve ark, 2017)	YOSI	3.62	0.74	$y=18.71+0.7385*YOSI$
	YSI	1.36	0.79	$y=9.871+0.7948*YSI$
	YSN	3.65	0.74	$y=7.099+0.7447*YSN$
	SPAD	1.37	0.83	$y=14.32+0.8398*SPAD$

Tahmin edilen yaprak su göstergeleri ile gerçek değerlere ilişkin regresyon grafikleri Çizelge 4.92, Çizelge 4.93, Çizelge 4.94 ve Çizelge 4.95’de verilmiştir.

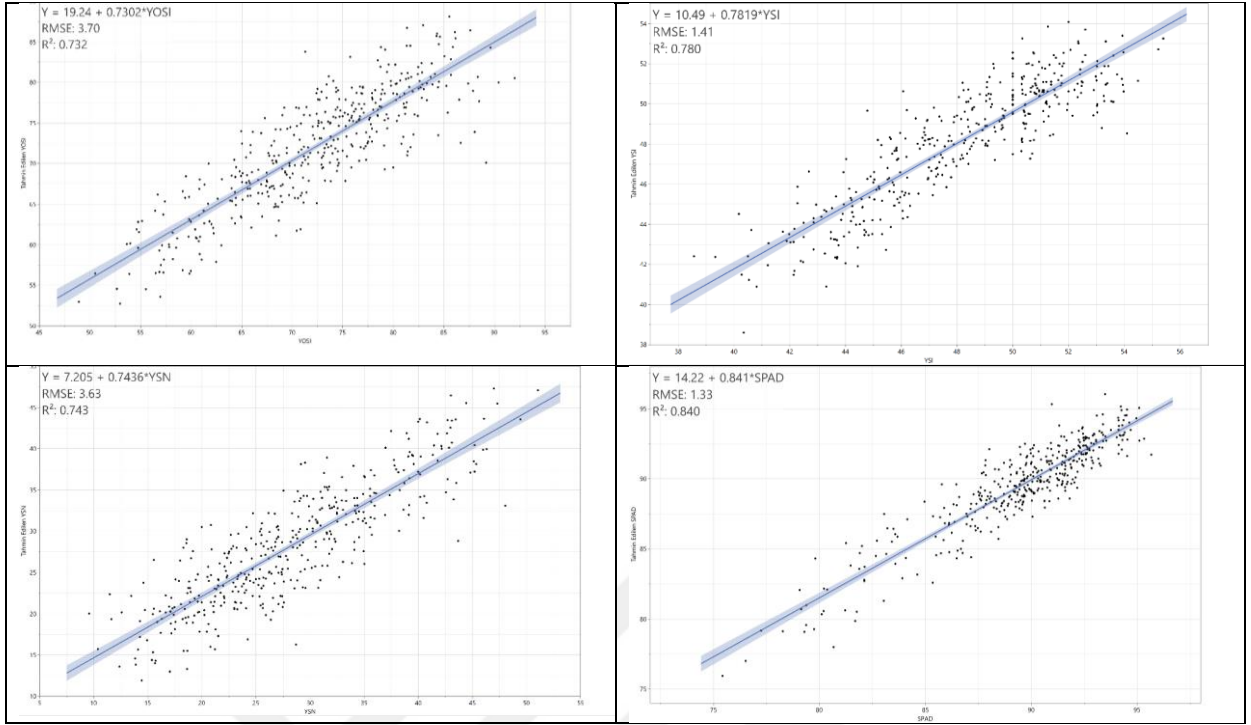
Çizelge 4.92. Ham veriler ile spektral veriler, regresyon grafikleri



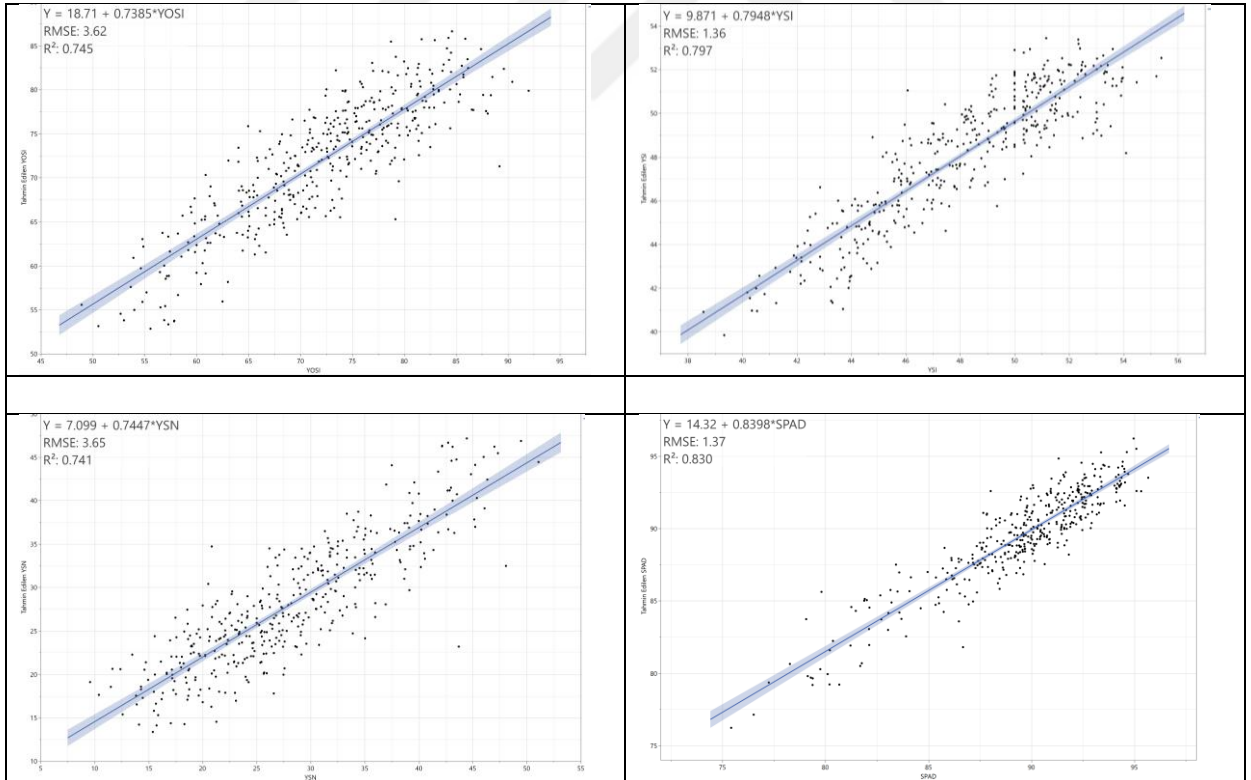
Çizelge 4.93. FD+SNV+MSC yöntemi, regresyon grafikleri



Çizelge 4.94. SNV+FD yöntemi, regresyon grafikleri



Çizelge 4.95. MA+SG+MSC+FD+SD yöntemi, regresyon grafikleri



Yaprak oransal su içeriği açısından en yüksek belirlilik katsayısı($R^2=0.74$) ve en düşük RMSE değeri(RMSE=3.62), MA+SG+MSC+FD+SD (Zhang ve ark, 2017) metodu

kullanılarak elde edilmiştir. Yaprak su içeriği açısından en yüksek belirlilik katsayısı($R^2=0.862$) ve en düşük RMSE değeri (RMSE=1.17), ham spektral veriler kullanılarak elde edilmiştir. Yaprak su noksanlığı değerleri açısından en yüksek belirlilik katsayısı ($R^2=0.743$) ve en düşük RMSE değeri (RMSE=3.63), SNV+FD (Kahriman ve ark, 2016) metodu ile elde edilmiştir.

SPAD değerleri açısından en yüksek belirlilik katsayısı($R^2=0.84$) ve en düşük RMSE değeri (RMSE=1.33), SNV+FD((Kahriman ve ark, 2016) metodu ile elde edilmiştir.

4.6.2. Spektral indeksler

Araştırmada, her ölçüm döneminde toplam 18 ağaçtan alınan yaprakların spektrometre ile elde edilen ham spektral verilerinden spektral indeksler oluşturulmuş, spektral indekslerin yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile belirlilik katsayıları hesaplanmıştır.

Yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile spektral verilerden elde edilen indekslerin tamamı, istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem seviyesinde anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük sonuçlar vermiştir.

Yaprak Oransal Su İçeriği

Yaprak Oransal su içeriği ile spektral indekter arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.96**'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.96. Tüm ölçümler itibariyle yaprak oransal su içeriği ile spektral indeksler arasındaki belirlilik katsayıları

DEĞİŞKEN	SPEKTRAL İNDEKS	n	DFE	MSE	R ²	
YOSI	NDI-03	410	408	0.89	0.11	***
YOSI	NDI-04	410	408	0.89	0.11	***
YOSI	PSSR_1	410	408	0.91	0.10	***
YOSI	REIP	410	408	0.92	0.09	***
YOSI	NDI-01	410	408	0.93	0.08	***
YOSI	NDRE	410	408	0.93	0.07	***
YOSI	VOG_2	410	408	0.93	0.07	***
YOSI	NDI-05	410	408	0.93	0.07	***
YOSI	VOG_3	410	408	0.93	0.07	***
YOSI	OVI	410	408	0.93	0.07	***
YOSI	SR-12	410	408	0.94	0.07	***
YOSI	VOG_1	410	408	0.94	0.07	***
YOSI	NVI	410	408	0.94	0.06	***
YOSI	ZMI	410	408	0.94	0.06	***
YOSI	NDVI_7	410	408	0.95	0.06	***
YOSI	LCI	410	408	0.95	0.06	***
YOSI	NDI-15	410	408	0.95	0.06	***
YOSI	NDI-13	410	408	0.95	0.05	***
YOSI	SR_705	410	408	0.95	0.05	***
YOSI	LCCI	410	408	0.95	0.05	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Çizelge 4.20’den de görüleceği üzere, yaprak oransal su içeriği açısından, p<0.001 önem seviyesinde anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları, NDI-03(R²=0.11), NDI-04 (R²=0.11), PSSR_1 (R²=0.10), REIP (R²=0.09), NDI-01 (R²=0.08) indekslerinden elde edilmiştir.

Yaprak Su İçeriği

Yaprak su içeriği ile spektral indekter arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.97’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.97. Tüm ölçümler itibariyle spektral indeksler ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları

DEĞİŞKEN	SPEKTRAL İNDEKS	n	DFE	MSE	R ²	
YSI	PSSR_B	399	397	0.36	0.28	***
YSI	SR	399	397	0.36	0.27	***
YSI	RATCART	399	397	0.37	0.26	***
YSI	OSAVI-1	399	397	0.37	0.25	***
YSI	OSAVI-2	399	397	0.37	0.25	***
YSI	GM2_1	399	397	0.37	0.25	***
YSI	OCAR	399	397	0.38	0.24	***
YSI	SR_1	399	397	0.38	0.24	***
YSI	MSAVI -1	399	397	0.38	0.24	***
YSI	HNDVI	399	397	0.38	0.24	***
YSI	NDVI_2	399	397	0.38	0.24	***
YSI	NDVI_5	399	397	0.38	0.24	***
YSI	REM	399	397	0.38	0.24	***
YSI	K	399	397	0.38	0.23	***
YSI	Ratio3	399	397	0.38	0.23	***
YSI	SAVI-2	399	397	0.39	0.23	***
YSI	RATIO-2	399	397	0.39	0.23	***
YSI	SR_A	399	397	0.39	0.23	***
YSI	LIC1	399	397	0.39	0.22	***
YSI	SR_705	399	397	0.39	0.22	***
*, p<0.05, **,p<0.01, ***,p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Yaprak su içeriği açısından, p<0.001 önem seviyesinde en yüksek belirlilik katsayıları, PSSR-B (R²=0.28), SR (R²=0.27), RATCART (R²=0.26) ve OSAVI-1 (R²=0.25) indekslerinden elde edilmiştir. Bu indekslerden elde edilen belirlilik katsayıları da düşük bulunmuştur.

Yaprak Su Noksanlığı

Yaprak su noksanlığı ile spektral indeksler arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.98’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.98. Tüm ölçümler itibariyle spektral indeksler ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları

DEĞİŞKEN	SPEKTRAL İNDEKS	n	DFE	MSE	R ²	
YSN	NDI-03	407	405	0.89	0.11	***
YSN	NDI-04	407	405	0.89	0.11	***
YSN	PSSR_1	407	405	0.91	0.10	***
YSN	REIP	407	405	0.92	0.09	***
YSN	NDI-01	407	405	0.93	0.07	***
YSN	NDI-05	407	405	0.93	0.07	***
YSN	NDI-15	407	405	0.94	0.06	***
YSN	NDRE	407	405	0.94	0.06	***
YSN	VOG_2	407	405	0.94	0.06	***
YSN	OVI	407	405	0.94	0.06	***
YSN	VOG_3	407	405	0.94	0.06	***
YSN	NDI-13	407	405	0.94	0.06	***
YSN	NDI-11	407	405	0.95	0.06	***
YSN	SR-12	407	405	0.95	0.06	***
YSN	VOG_1	407	405	0.95	0.06	***
YSN	NVI	407	405	0.95	0.05	***
YSN	NDI-12	407	405	0.95	0.05	***
YSN	NDI-14	407	405	0.96	0.05	***
YSN	ZMI	407	405	0.96	0.05	***
YSN	NDVI_7	407	405	0.96	0.05	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

Yaprak su noksanlığı açısından, p<0.001 önem seviyesinde en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-03 (R²=0.11), NDI-04 (R²=0.11), PSSR_1 (R²=0.10) ve REIP (R²=0.09) indekslerinden elde edilmiştir(Çizelge 4.22). Bu indekslerden elde edilen belirlilik katsayıları da düşük bulunmuştur.

Klorofil

SPAD içeriği ile spektral indekter arasındaki ilişkiler, Çizelge 4.99’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.99. Tüm ölçümler itibariyle spektral indeksler ile SPAD içeriği arasındaki belirlilik katsayıları

DEĞİŞKEN	SPEKTRAL İNDEKS	n	DFE	MSE	R ²	
SPAD	VOG_2	405	403	0.37	0.63	***
SPAD	NDRE	405	403	0.37	0.63	***
SPAD	VOG_3	405	403	0.37	0.63	***
SPAD	SR-12	405	403	0.38	0.62	***
SPAD	VOG_1	405	403	0.39	0.62	***
SPAD	ZMI	405	403	0.40	0.60	***
SPAD	NDVI_7	405	403	0.41	0.60	***
SPAD	NDI-01	405	403	0.41	0.59	***
SPAD	OVI	405	403	0.42	0.59	***
SPAD	LCI	405	403	0.42	0.58	***
SPAD	SR_705	405	403	0.43	0.57	***
SPAD	LCCI	405	403	0.43	0.57	***
SPAD	NVI	405	403	0.44	0.57	***
SPAD	REIP	405	403	0.44	0.56	***
SPAD	RATIO-2	405	403	0.45	0.55	***
SPAD	REM	405	403	0.47	0.53	***
SPAD	NDVI_5	405	403	0.47	0.53	***
SPAD	PSSR_1	405	403	0.49	0.51	***
SPAD	GM2_1	405	403	0.49	0.51	***
SPAD	SR-05	405	403	0.59	0.41	***
*, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001 önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil						

SPAD değerleri açısından, p<0.001 önem seviyesinde en yüksek belirlilik katsayıları, sırasıyla VOG-2 (R²=0.63), NDRE (R²=0.63), VOG-3 (R²=0.63), SR-12 (R²=0.62) ve VOG-1 (R²=0.62) indeksleriyle elde edilmiştir.

Spektral İndeksler, Dönemsel Bulgular

Yaprak Oransal Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibariyle spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.100**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.100. Fenolojik dönemler itibariyle, spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU	SOMAKLANMA	ÇİÇEKLENME	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM	SIYAH OLUM
FWBI	0.06 *	0.00 ÖD	0.04 ÖD	0.20 **	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.01 ÖD
GM2_1	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.13 *	0.06 **	0.01 ÖD	0.05 ÖD
I_940_970	0.07 **	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.28 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD
MSAVI -1	0.00 ÖD	0.07 *	0.06 ÖD	0.30 ***	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD
NDI-01	0.06 *	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.08 **	0.08 ÖD	0.13 **
NDI-06	0.06 *	0.03 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.05 *	0.34 *	0.01 ÖD
NDI-11	0.20 ***	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.15 *	0.08 **	0.08 ÖD	0.09 *
NDI-12	0.21 ***	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.19 **	0.08 **	0.07 ÖD	0.09 *
NDI-13	0.20 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.14 *	0.09 ***	0.07 ÖD	0.09 *
NDI-14	0.21 ***	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.20 **	0.08 **	0.08 ÖD	0.09 *
NDI-15	0.19 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.12 *	0.09 ***	0.07 ÖD	0.09 *
NDVI_1	0.00 ÖD	0.04 ÖD	0.00 ÖD	0.26 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
NDVI_3	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.23 **	0.04 *	0.06 ÖD	0.01 ÖD
NDVI_5	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.11 *	0.06 **	0.01 ÖD	0.05 ÖD
NWI-1	0.15 ***	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.25 **	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
NWI-2	0.17 ***	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.29 ***	0.03 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD
OSAVI-1	0.00 ÖD	0.07 *	0.05 ÖD	0.29 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD
OSAVI-3	0.00 ÖD	0.04 ÖD	0.00 ÖD	0.26 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
PSSR_1	0.12 ***	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.09 ***	0.08 ÖD	0.14 **
PWI	0.15 ***	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.25 **	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
R680	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.18 *	0.05 **	0.23 *	0.01 ÖD
RATCART	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.18 *	0.04 *	0.00 ÖD	0.01 ÖD
RATIO 975	0.13 ***	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.25 *	0.07 *
REM	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.12 *	0.06 **	0.01 ÖD	0.06 ÖD
REP	0.09 **	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.08 **	0.08 ÖD	0.14 **
RI	0.03 ÖD	0.07 ÖD	0.01 ÖD	0.20 **	0.03 *	0.14 ÖD	0.16 **
RVI	0.03 ÖD	0.13 **	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.13 ÖD	0.09 *
SR_A	0.00 ÖD	0.04 ÖD	0.00 ÖD	0.26 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
SR-01	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.23 **	0.04 *	0.06 ÖD	0.01 ÖD
SR-06	0.04 *	0.07 ÖD	0.01 ÖD	0.20 **	0.03 ÖD	0.13 ÖD	0.19 **
SR-18	0.14 ***	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.25 **	0.08 **	0.19 ÖD	0.08 *
WBI	0.15 ***	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.25 **	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
WDRVI	0.00 ÖD	0.04 ÖD	0.00 ÖD	0.26 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-12 ($R^2=0.21$, $p<0.001$), NDI-14 ($R^2=0.21$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, RVI ($R^2=0.13$, $p<0.01$), MSAVI-1 ($R^2=0.07$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Çiçeklenme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, MSAVI-1 ($R^2=0.30$, $p<0.001$), NWI-2 ($R^2=0.29$, $p<0.001$), OSAVI-1 ($R^2=0.29$, $p<0.001$) indeksleri ile bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-13 ($R^2=0.09$, $p<0.001$), NDI-15 ($R^2=0.09$, $p<0.001$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yeşil olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-06 ($R^2=0.34$, $p<0.05$), RATIO975 ($R^2=0.25$, $p<0.05$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Siyah olum döneminde, yaprak oransal su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, SR-06 ($R^2=0.19$, $p<0.01$), RI ($R^2=0.16$, $p<0.01$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yaprak Su İçeriği

Fenolojik dönemler itibariyle spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.101**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.101. Fenolojik dönemler itibariyle, spektral indeksler ile yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU	SOMAKLANMA	ÇİÇEKLENME	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM	SIYAH OLUM
CI-1	0.11 ***	0.10 *	0.35 *	0.29 **	0.01 ÖD	0.16 ÖD	0.00 ÖD
DVI	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.23 ÖD	0.21 **	0.01 ÖD	0.31 *	0.10 *
FWBI	0.15 ***	0.38 ***	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.03 *	0.03 ÖD	0.18 **
I_940_970	0.13 ***	0.45 ***	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.04 *	0.01 ÖD	0.13 **
IRRED	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.23 ÖD	0.20 *	0.01 ÖD	0.30 *	0.10 *
MSR	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.23 ÖD	0.20 *	0.01 ÖD	0.31 *	0.10 *
NDI-06	0.04 *	0.14 **	0.15 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD
NDI-11	0.04 *	0.35 ***	0.19 ÖD	0.08 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
NDI-12	0.05 *	0.35 ***	0.18 ÖD	0.08 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
NDI-14	0.05 *	0.34 ***	0.18 ÖD	0.08 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
NDVI_P	0.03 ÖD	0.03 ÖD	0.26 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.17 **
NVI	0.01 ÖD	0.13 *	0.27 *	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.01 ÖD
NWI-1	0.14 ***	0.44 ***	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.13 **
NWI-2	0.13 ***	0.44 ***	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.09 *
OCAR	0.05 *	0.06 ÖD	0.24 ÖD	0.12 ÖD	0.03 ÖD	0.51 ***	0.10 *
PSSR_B	0.02 ÖD	0.05 ÖD	0.25 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.16 **
PWI	0.13 ***	0.44 ***	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.13 **
R680	0.07 **	0.05 ÖD	0.32 *	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.08 ÖD	0.06 ÖD
RDVI-1	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.25 *	0.16 **
RDVI-P	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ÖD	0.05 ÖD	0.00 ÖD	0.24 *	0.17 **
RE-1	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.20 ÖD	0.10 ÖD	0.00 ÖD	0.28 *	0.13 **
RVI	0.14 ***	0.23 ***	0.00 ÖD	0.08 ÖD	0.04 *	0.04 ÖD	0.03 ÖD
SAVI-1	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.26 *	0.25 **	0.01 ÖD	0.29 *	0.09 *
SR	0.03 ÖD	0.03 ÖD	0.26 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.17 **
SR-05	0.07 **	0.14 **	0.29 *	0.08 ÖD	0.00 ÖD	0.08 ÖD	0.02 ÖD
SR-06	0.04 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD	0.07 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD
SR-18	0.05 *	0.24 ***	0.18 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.17 **
WBI	0.14 ***	0.44 ***	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.13 **

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, FWBI ($R^2=0.15$, $p<0.001$), NWI-1 ($R^2=0.14$, $p<0.001$), RVI($R^2=0.14$, $p<0.001$), WBI ($R^2=0.14$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, I_940_970 ($R^2=0.45$, $p<0.01$), NWI-1 ($R^2=0.44$, $p<0.001$), NWI-2 ($R^2=0.44$, $p<0.001$), PWI ($R^2=0.44$, $p<0.001$), WBI ($R^2=0.44$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Çiçeklenme döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, CI-1 ($R^2=0.35$, $p<0.05$), R680 ($R^2=0.32$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, CI-1 ($R^2=0.29$, $p<0.01$), R680 ($R^2=0.32$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-13 ($R^2=0.09$, $p<0.01$), SAVI-1 ($R^2=0.25$, $p<0.01$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yeşil olum döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, OCAR ($R^2=0.51$, $p<0.001$), DVI ($R^2=0.31$, $p<0.05$), MSR ($R^2=0.31$, $p<0.05$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Siyah olum döneminde, yaprak su içeriği ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, FWBI ($R^2=0.18$, $p<0.01$), NDVI-P ($R^2=0.17$, $p<0.01$), RDVI-P ($R^2=0.17$, $p<0.01$), SR ($R^2=0.17$, $p<0.01$) ve SR-18 ($R^2=0.17$, $p<0.01$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yaprak Su Noksanlığı

Fenolojik dönemler itibarıyla spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.102**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.102. Fenolojik dönemler itibariyle, spektral indeksler ile yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU	SOMAKLANMA	CİCEKLENME	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM	SIYAH OLUM
FWBI	0.09 **	0.00 ÖD	0.04 ÖD	0.21 **	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.01 ÖD
I_940_970	0.12 ***	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.32 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD
LIC1	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.25 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
NDI-01	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.09 ***	0.08 ÖD	0.13 **
NDI-03	0.13 ***	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.04 ÖD	0.04 ÖD
NDI-04	0.13 ***	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.04 ÖD	0.04 ÖD
NDI-06	0.07 **	0.05 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.06 **	0.34 *	0.01 ÖD
NDI-11	0.21 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.24 **	0.10 ***	0.08 ÖD	0.09 *
NDI-12	0.22 ***	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.29 **	0.09 ***	0.08 ÖD	0.09 *
NDI-13	0.21 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.22 **	0.10 ***	0.08 ÖD	0.09 *
NDI-14	0.23 ***	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.30 ***	0.09 ***	0.08 ÖD	0.09 *
NDI-15	0.20 ***	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.20 **	0.10 ***	0.07 ÖD	0.09 *
NDRE	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.09 ***	0.06 ÖD	0.10 *
NDVI_1	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.25 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
NDVI_3	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.21 **	0.04 *	0.06 ÖD	0.01 ÖD
NDVI_7	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.06 ÖD	0.08 ***	0.04 ÖD	0.08 *
NDVI_P	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.20 **	0.03 *	0.11 ÖD	0.00 ÖD
NWI-1	0.20 ***	0.02 ÖD	0.04 ÖD	0.30 ***	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
NWI-2	0.22 ***	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.35 ***	0.04 *	0.01 ÖD	0.00 ÖD
OCAR	0.00 ÖD	0.08 *	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.10 ÖD	0.11 *
OSAVI-3	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.25 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
OVI	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.02 ÖD	0.09 ***	0.07 ÖD	0.11 *
PSSR_1	0.12 ***	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.10 ***	0.08 ÖD	0.14 **
PWI	0.20 ***	0.02 ÖD	0.04 ÖD	0.30 ***	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
R680	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.16 *	0.06 **	0.23 *	0.01 ÖD
RATCART	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.17 *	0.04 *	0.00 ÖD	0.01 ÖD
RATIO 975	0.11 ***	0.04 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.25 *	0.07 *
REP	0.07 **	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.08 ***	0.08 ÖD	0.14 **
RI	0.04 *	0.04 ÖD	0.01 ÖD	0.21 **	0.04 *	0.14 ÖD	0.16 **
RVI	0.02 ÖD	0.14 **	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD	0.13 ÖD	0.09 *
SR	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.20 **	0.03 *	0.11 ÖD	0.00 ÖD
SR_A	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.25 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
SR-01	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.00 ÖD	0.21 **	0.04 *	0.06 ÖD	0.01 ÖD
SR-05	0.00 ÖD	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.07 **	0.02 ÖD	0.09 *
SR-06	0.06 *	0.04 ÖD	0.01 ÖD	0.23 **	0.03 *	0.13 ÖD	0.19 **
SR-12	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.03 ÖD	0.09 ***	0.05 ÖD	0.09 *
SR-18	0.17 ***	0.04 ÖD	0.00 ÖD	0.35 ***	0.09 ***	0.19 ÖD	0.08 *
VOG_1	0.00 ÖD	0.02 ÖD	0.01 ÖD	0.04 ÖD	0.09 ***	0.06 ÖD	0.08 *
VOG_2	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.09 ***	0.06 ÖD	0.10 *
VOG_3	0.01 ÖD	0.02 ÖD	0.02 ÖD	0.03 ÖD	0.09 ***	0.06 ÖD	0.10 *
WBI	0.20 ***	0.02 ÖD	0.04 ÖD	0.30 ***	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
WDRVI	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.00 ÖD	0.25 **	0.03 *	0.08 ÖD	0.02 ÖD
ZMI	0.00 ÖD	0.03 ÖD	0.01 ÖD	0.06 ÖD	0.09 ***	0.04 ÖD	0.08 *

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-14 ($R^2=0.23$, $p<0.001$), NDI-12 ($R^2=0.22$, $p<0.001$), NWI-2 ($R^2=0.21$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları sadece RVI ($R^2=0.14$, $p<0.01$), OCAR ($R^2=0.08$, $p<0.05$) olarak bulunmuştur.

Çiçeklenme döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısı bulunmamıştır.

Meyve tutumu döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NWI-2 ($R^2=0.35$, $p<0.001$), SR-18 ($R^2=0.35$, $p<0.001$), I_940_970 ($R^2=0.32$, $p<0.001$) indeksleri ile bulunmuştur.

Meyve gelişme döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-11 ($R^2=0.10$, $p<0.001$), PSSR-1 ($R^2=0.10$, $p<0.001$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yeşil olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-06 ($R^2=0.34$, $p<0.05$), RATIO975 ($R^2=0.25$, $p<0.05$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Siyah olum döneminde, yaprak su noksanlığı ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, SR-06 ($R^2=0.19$, $p<0.01$), RI ($R^2=0.16$, $p<0.01$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Klorofil İçeriği

Fenolojik dönemler itibarıyla spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki ilişkiler, **Çizelge 4.103**'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.103. Fenolojik dönemler itibarıyla, spektral indeksler ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlılık durumu

VERİ SETİ	UYKU	SOMAKLANMA	ÇİÇEKLENME	MEYVE TUTUMU	MEYVE GELİŞME	YESİL OLUM	SIYAH OLUM
NDI-01	0.30 *	0.12 *	0.38 **	0.55 ***	0.60 ***	0.91 ***	0.86 ***
NDI-13	0.30 *	0.08 *	0.55 ***	0.21 **	0.56 ***	0.81 ***	0.71 ***
NDI-15	0.32 ***	0.09 *	0.56 ***	0.22 **	0.57 ***	0.82 ***	0.70 ***
NDRE	0.32 ***	0.15 **	0.42 **	0.59 ***	0.61 ***	0.90 ***	0.86 ***
NDVI_5	0.21 ***	0.16 **	0.32 *	0.49 ***	0.54 ***	0.72 ***	0.69 ***
NDVI_7	0.25 ***	0.16 **	0.35 **	0.55 ***	0.60 ***	0.85 ***	0.80 ***
NVI	0.30 ***	0.13 **	0.40 **	0.49 ***	0.59 ***	0.74 ***	0.76 ***
OVI	0.29 ***	0.12 *	0.43 **	0.57 ***	0.52 ***	0.90 ***	0.85 ***
PSSR_1	0.38 ***	0.11 *	0.42 **	0.43 ***	0.57 ***	0.89 ***	0.78 ***
RATCART	0.16 ***	0.13 *	0.24 *	0.39 ***	0.38 ***	0.40 **	0.43 ***
Ratio2	0.22 ***	0.16 **	0.35 **	0.51 ***	0.56 ***	0.76 ***	0.72 ***
REM	0.21 ***	0.16 **	0.32 *	0.49 ***	0.55 ***	0.72 ***	0.69 ***
REP	0.35 ***	0.10 *	0.37 **	0.50 ***	0.60 ***	0.90 ***	0.86 ***
SR_705	0.22 ***	0.17 **	0.33 *	0.53 ***	0.59 ***	0.81 ***	0.76 ***
SR-05	0.05 ***	0.17 **	0.57 ***	0.43 ***	0.47 ***	0.47 **	0.59 ***
SR-12	0.31 ***	0.17 **	0.42 **	0.58 ***	0.62 ***	0.88 ***	0.84 ***
VOG_1	0.27 ***	0.16 **	0.38 **	0.58 ***	0.61 ***	0.90 ***	0.83 ***
VOG_2	0.31 ***	0.14 **	0.40 **	0.59 ***	0.62 ***	0.91 ***	0.86 ***
VOG_3	0.30 ***	0.15 **	0.40 **	0.59 ***	0.61 ***	0.91 ***	0.86 ***
ZMI	0.25 ***	0.17 **	0.35 **	0.56 ***	0.61 ***	0.86 ***	0.81 ***

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$ önem seviyelerinde farklı grupları ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Uyku döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Bu indekslerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, PSSR-1 ($R^2=0.38$, $p<0.001$), REP ($R^2=0.35$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Somaklanma döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları SR-705 ($R^2=0.17$, $p<0.01$), SR-05 ($R^2=0.17$, $p<0.01$), SR-12 ($R^2=0.17$, $p<0.01$), ZMI ($R^2=0.17$, $p<0.01$) olarak bulunmuştur.

Çiçeklenme döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları SR-05 ($R^2=0.57$, $p<0.001$), NDI-15 ($R^2=0.56$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Meyve tutumu döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, VOG-2 ($R^2=0.59$, $p<0.001$), VOG-3 ($R^2=0.59$, $p<0.001$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Meyve gelişme döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, SR-12 ($R^2=0.62$, $p<0.001$), VOG-2($R^2=0.62$, $p<0.001$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yeşil olum döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-01 ($R^2=0.91$, $p<0.001$), VOG-2 ($R^2=0.91$, $p<0.001$), VOG-3 ($R^2=0.91$, $p<0.001$), indeksleri ile elde edilmiştir.

Siyah olum döneminde, SPAD ile spektral indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-01 ($R^2=0.86$, $p<0.001$), NDRE ($R^2=0.86$, $p<0.001$), REP ($R^2=0.86$, $p<0.001$), VOG-2 ($R^2=0.86$, $p<0.001$), VOG-3 ($R^2=0.86$, $p<0.001$) indeksleri ile elde edilmiştir.

4.7. Yapay Sinir Ağları İle Fenolojik Dönemlerin Sınıflandırılmasına Ait Bulgular

Yapay sinir ağları ile tüm sınıflandırma analizleri, Kfold doğrulama yöntemi ile 10 düğümlü ve tek gizli katmanlı bir yapay sinir ağları modeli ile gerçekleştirilmiştir.

4.7.1. Sentinel-2 Band Değerleri ile Dönemsel Sınıflandırma Analizleri

Tüm görüntüler kullanılarak, Sentinel-2 band değerleri ile sınıflandırma analizlerine ilişkin istatistik veriler, **Çizelge 4.104**'de verilmiştir.

Çizelge 4.104. Sentinel-2 band değerleri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağları modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar

Eğitim		Doğrulama	
Ölçümler	Değer	Ölçümler	Değer
Genelleştirilmiş R^2	0.99	Genelleştirilmiş R^2	0.94
Entropy R^2	0.94	Entropy R^2	0.76
RMSE	0.14	RMSE	0.32
Ortalama Mutlak Sapma	0.07	Ortalama Mutlak Sapma	0.17
Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.02	Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.12
-LogLikelihood	14.16	-LogLikelihood	27.52
Gözlem Sayısı	152	Gözlem Sayısı	78

Çizelge 4.104'e göre elde edilen sonuçlar, Sentinel-2 band değerleri kullanılarak, yapay sinir ağları modeli ile fenolojik dönemlerin yüksek düzeyde bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

4.7.2. PlanetScope band değerleri ile dönemsel sınıflandırma analizleri

Tüm görüntüler kullanılarak, PlanetScope band değerleri ile yapılan sınıflandırma analizlerine ilişkin istatistik veriler, **Çizelge 4.105**'de verilmiştir.

Çizelge 4.105. PlanetScope band değerleri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağı modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar

Eğitim		Doğrulama	
Ölçümler	Değer	Ölçümler	Değer
Genelleştirilmiş R^2	0.84	Genelleştirilmiş R^2	0.82
Entropy R^2	0.50	Entropy R^2	0.47
RMSE	0.53	RMSE	0.54
Ortalama Mutlak Sapma	0.44	Ortalama Mutlak Sapma	0.46
Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.34	Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.30
-LogLikelihood	219.63	-LogLikelihood	57.75
Gözlem Sayısı	264	Gözlem Sayısı	66

Çizelge 4.105'ten de görülebileceği üzere, sadece PlanetScope band değerleri kullanılarak elde edilen sonuçlar, yapay sinir ağı modeli ile fenolojik dönemlerin yüksek düzeyde bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

4.7.3. Komsat-5 X Band HV verileri ile dönemsel sınıflandırma analizleri

Tüm görüntüler kullanılarak, Komsat-5 X band HV verileri ile sınıflandırma analizlerine ilişkin istatistik veriler, **Çizelge 4.106**'de verilmiştir.

Çizelge 4.106. Komsat-5 X Band HV verileri ile fenolojik dönemlerin yapay sinir ağı modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar

Eğitim		Doğrulama	
Ölçümler	Değer	Ölçümler	Değer
Genelleştirilmiş R^2	0.67	Genelleştirilmiş R^2	0.75
Entropy R^2	0.30	Entropy R^2	0.37
RMSE	0.67	RMSE	0.63
Ortalama Mutlak Sapma	0.65	Ortalama Mutlak Sapma	0.58
Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.51	Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.52
-LogLikelihood	122.47	-LogLikelihood	27.24
Gözlem Sayısı	101	Gözlem Sayısı	25

Çizelge 4.106'ya göre elde edilen sonuçlar, Sentinel-2 band değerleri kullanılarak, yapay sinir ağı modeli ile fenolojik dönemlerin düşük düzeyde bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

4.7.4. Sentinel-1 verileri ile dönemsel sınıflandırma analizleri

Tüm görüntüler kullanılarak, Sentinel-1 C band verileri ile sınıflandırma analizlerine ilişkin istatistik veriler, **Çizelge 4.107**'de verilmiştir.

Çizelge 4.107. Sentinel-1 band değerleri ile fenojik dönemlerin yapay sinir ağı modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar

Eğitim		Doğrulama	
Ölçümler	Değer	Ölçümler	Değer
Genelleştirilmiş R^2	0.26	Genelleştirilmiş R^2	0.30
Entropy R^2	0.08	Entropy R^2	0.09
RMSE	0.75	RMSE	0.76
Ortalama Mutlak Sapma	0.74	Ortalama Mutlak Sapma	0.74
Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.62	Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.59
-LogLikelihood	523.43	-LogLikelihood	128.59
Gözlem Sayısı	332	Gözlem Sayısı	82

Çizelge 4.107'e göre elde edilen sonuçlar, Sentinel-2 band değerleri kullanılarak, yapay sinir ağı modeli ile fenolojik dönemlerin düşük düzeyde bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

4.7.5. Spektral veriler ile dönemsel sınıflandırma analizleri

Tüm ölçüm dönemlerinde elde edilen spektral verilerin sınıflandırma analizleri ile ilgili istatistik değerler, **Çizelge 4.108**'de verilmiştir.

Çizelge 4.108. Spektral veriler ile fenojik dönemlerin yapay sinir ağı modeli ile sınıflandırma analizine ait istatistik sonuçlar

Eğitim		Doğrulama	
Ölçümler	Değer	Ölçümler	Değer
Genelleştirilmiş R^2	0.99	Genelleştirilmiş R^2	0.99
Entropy R^2	0.95	Entropy R^2	0.98
RMSE	0.13	RMSE	0.04
Ortalama Mutlak Sapma	0.05	Ortalama Mutlak Sapma	0.02
Hatalı Sınıflandırma Oranı	0.01	Hatalı Sınıflandırma Oranı	0
-LogLikelihood	23.62	-LogLikelihood	1.91
Gözlem Sayısı	332	Gözlem Sayısı	82

Çizelge 4.108'de de görüldüğü gibi, elde edilen sonuçlar, spektral veriler kullanılarak yapay sinir ağları modeli ile fenolojik dönemlerin yüksek bir doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir.

4.8. Yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri açısından spektral, optik ve SAR verilerinin genel olarak karşılaştırılması

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen optik, SAR ve spektrometre tahmin değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasında elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, **Çizelge 4.109**'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.109. Tarih bahçe ve ağaç faktörü ile varyans analizleri sonucu elde edilen Optik, SAR ve spektral verileri tahmin değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

OPTİK/RADAR VERİ	YOSI	YSI	YSN	SPAD
PLANETSCOPE, BAND	0.11 **	0.02 ÖD	0.09 **	0.22 ***
PLANETSCOPE, İNDEKS	0.15 ***	0.53 ***	0.13 ***	0.40 ***
PLANETSCOPE+KOMPSAT-5 HV FUSION	0.11 ***	0.10 **	0.11 **	0.20 **
SENTINEL-2, BAND	0.22 ***	0.16 ***	0.23 ***	0.38 ***
SENTINEL-2, İNDEKS	0.26 ***	0.15 ***	0.25 ***	0.48 ***
SENTINEL-1+SENTINEL-2 FUSION	0.16 ***	0.05 ***	0.17 ***	0.15 ***
KOMPSAT-5 HV	0.45 ***	0.07 **	0.47 ***	0.13 ***
SENTINEL-1 ASC	0.23 ***	0.03 **	0.24 ***	0.04 ***
SENTINEL-1 DSC	0.01 *	0.06 ***	0.01 *	0.07 ***
SPEKTROMETRE İNDEKSLER	0.11 ***	0.28 ***	0.11 ***	0.63 ***
SPEKTROMETRE ÖN İŞLEM	0.74 ***	0.86 ***	0.74 ***	0.84 ***
*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir. ÖD: Önemli Değil				

Tarih, bahçe ve ağaç faktör kabul edilerek yapılan varyans analizleri sonucu elde edilen tahmin değerleri açısından değerlendirildiğinde, yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriğini belirlemede spektrometreden elde edilen ön işlem yapılmış spektral verilerin en yüksek belirlilik katsayılarına ulaştığı görülmektedir.

Uydu görüntüleri açısından değerlendirildiğinde ise, yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayısı, Kompsat-5 HV X Band verileriyle elde edilmiştir. Optik görüntülerden elde edilen en yüksek değer belirlilik katsayısı ise Sentinel-2 optik indeks değerlerinden elde edilmiştir.

Yaprak su içeriği açısından, PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen indeksler ile en yüksek belirlilik katsayılarına ulaşılmıştır. Yine Sentinel-2 optik görüntülerde de $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Spad değeri açısından $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları Sentinel-2 optik indeks değerleriyle elde edilmiştir. Yine Planetscope ve Kompsat-5 band, optik indeks ve optik-radar verileriyle $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Burada Kompsat-5 HV, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge verileriyle $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayılarına ulaşılmamıştır.

Tüm dönemlerde optik, SAR ve spektrometre verilerinden elde edilen veri setleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri açısından elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları, **Çizelge 4.110**'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.110. Tüm ölçümlerden elde edilen Optik, SAR ve spektral veriler ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile elde edilen en yüksek belirlilik katsayıları(R^2) ve $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ düzeyinde önemlilik durumu

OPTİK/RADAR VERİ	YOSI	YSI	YSN	SPAD
PLANETSCOPE, BAND	0.06 *	0.00 ÖD	0.06 ***	0.15 ***
PLANETSCOPE, İNDEKS	0.06 *	0.24 ***	0.06 ***	0.14 ***
PLANETSCOPE+KOMPSAT-5 HV FUSION	0.07 *	0.03 ÖD	0.07 **	0.09 **
SENTINEL-2, BAND	0.10 ***	0.09 ***	0.12 ***	0.20 ***
SENTINEL-2, İNDEKS	0.15 ***	0.10 ***	0.17 ***	0.30 ***
SENTINEL-1+SENTINEL-2 FUSION	0.08 ***	0.01 ÖD	0.08 ***	0.05 ***
KOMPSAT-5 HV	0.23 ***	0.02 ÖD	0.24 ***	0.07 **
SENTINEL-1 ASC	0.05 ***	0.00 ÖD	0.05 ***	0.00 ÖD
SENTINEL-1 DSC	0.01 ÖD	0.01 ÖD	0.00 ÖD	0.00 ÖD
SPEKTROMETRE İNDEKSLER	0.11 ***	0.28 ***	0.11 ***	0.63 ***
SPEKTROMETRE ÖN İŞLEM	0.74 ***	0.86 ***	0.74 ***	0.84 ***

*, $p<0.05$, **, $p<0.01$, ***, $p<0.001$ önem seviyelerini ifade etmektedir.
ÖD: Önemli Değil

Tüm ölçüm dönemlerinde elde edilen değerler açısından değerlendirildiğinde, yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriğini belirlemede spektrometreden elde edilen ön işlem yapılmış spektral verilerin en yüksek belirlilik katsayılarına ulaştığı görülmektedir.

Uydu görüntüleri açısından değerlendirildiğinde ise, yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayısı, Kompsat-5 HV X Band verileriyle elde edilmiştir. Optik görüntülerden elde edilen en yüksek belirlilik katsayısı değeri ise Sentinel-2 optik indeks değerlerinden elde edilmiştir.

Yaprak su içeriği açısından, PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen indeksler ile en yüksek belirlilik katsayılarına ulaşılmıştır. Yine Sentinel-2 optik görüntülerde de $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur.

Spad değeri açısından $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları Sentinel-2 optik indeks değerleriyle elde edilmiştir. Yine PlanetScope ve Kompsat-5 band, optik indeks ve optik-radar verileriyle $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunmuştur. Burada Kompsat-5 HV verileriyle de $p<0.01$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunurken, Sentinel-1 alçalan ve yükselen yörünge verileriyle istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayılarına ulaşılmamıştır.

4.9. Fenolojik Dönem Sınıflandırma Analizleri

Yapay sinir ağları ile sınıflandırma analizleri ile ilgili genel değerlendirme tablosu, Çizelge 4.111 da verilmiştir.

Çizelge 4.111. Sınıflandırma Analizlerinin Karşılaştırılması

VERİ SETİ	EĞİTİM SETİ			DOĞRULAMA SETİ		
	RMSE	R ²	Entropy R ²	RMSE	R ²	Entropy R ²
SENTINEL-2 BAND DEĞERLERİ	0.14	0.99	0.99	0.32	0.94	0.76
PLANETSCOPE, BAND	0.50	0.84	0.50	0.54	0.82	0.47
KOMPSAT-5 X BAND HV	0.67	0.67	0.30	0.63	0.75	0.37
SENTINEL-1 C BAND	0.75	0.26	0.08	0.76	0.30	0.09
SPEKTRAL VERİLER	0.13	0.99	0.99	0.04	0.99	0.99

Spektral veriler ile fenolojik dönemlerin sınıflandırmasında kullanılan yapay sinir ağları modeli, zeytin fenolojik dönemlerinin belirlenmesinde yüksek bir doğrulukla (Eğitim Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.99$, Doğrulama Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.99$) kullanılabileceğini göstermektedir.

Yine Sentinel-2 ve Planetscope ile de yapay sinir ağıları modeli kullanılarak yapılan sınıflandırma analizlerinde belirlilik katsayısı yüksek sınıflandırma doğruluğuna ulaşılmıştır. Sentinel-2 band değerleriyle elde edilen sonuçlar (Eğitim Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.99$, Doğrulama Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.94$), yapay sinir ağıları modelinin fenolojik dönemlerin belirlenmesinde yüksek bir doğruluk ile kullanılabileceğini göstermektedir. Benzer Şekilde PlanetScope band değerleri kullanılarak yapay sinir ağıları modeli ile elde edilen sonuçlar (Eğitim Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.84$, Doğrulama Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.9,82$), Planetscope uydu görüntülerinin yapay sinir ağıları modeli ile fenolojik dönemlerin belirlenmesinde yüksek bir doğruluk oranıyla belirlenebileceğini göstermiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde fenolojik dönemlerin belirlenmesinde, spektral verilerin en yüksek belirlilik katsayılarına ulaştığı, Sentinel-2 band değerlerinin Planetscope band değerlerinden daha yüksek sınıflandırma doğruluğuna ulaştığı görülmüştür (Çizelge 4.111).

5. TARTIŞMA

5.1. Yaprak Su Göstergeleri

Tüm ölçüm tarihleri itibariyle değerlendirildiğinde, tüm yaprak su göstergelerinde istatistiksel açıdan $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı bir farklılığın bulunduğu tespit edilmiştir. Yaprak oransal su içeriği, yaprak su içeriği, yaprak su noksanlığı değerleri, iklimsel parametrelere ve fenolojik dönemlere bağlı olarak sürekli bir değişkenlik göstermiştir. Özellikle yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığındaki değişimlerin, optik, radar veya termal uzaktan algılama uygulamalarında değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Araştırmada, tüm ölçümler dikkate alındığında, bahçeler arasında yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığı açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmaz iken yaprak su içeriği açısından $p<0.0001$ önem düzeyinde anlamlı bir farklılığın bulunduğu belirlenmiştir.

Fenolojik dönemler itibariyle de tüm yaprak su göstergelerinde istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir. Yaprak oransal su içeriği açısından en yüksek değerler, uyku ve siyah olum döneminde, en düşük değer ise somaklanma döneminde ölçülmüştür. Yaprak su içeriği açısından en yüksek değerler, siyah olum döneminde, en düşük değer ise uyku döneminde görülmektedir. Yaprak su noksanlığı açısından en yüksek değerler, somaklanma ve çiçeklenme döneminde, en düşük değer ise siyah olum döneminde ölçülmüştür. Ancak fenolojik dönemler itibariyle bahçeler arasında yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığı konusunda istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı, yaprak su içeriği açısından ise $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı bir farklılığın bulunduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda, yaprak oransal su içeriği değerleri, % 55.16 ile % 86.44 arasında değişmiştir. Aktepe Tangu (2012), Gemlik çeşidinde kısıtlı sulama koşullarında gerçekleştirdiği denemede yaprak oransal su içeriği değerlerinin 2009 yılında % 82,4 ile 76,1; 2010 yılında ise % 84,2 ile 56,3 arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Çalışmamızda elde edilen değerler, Aktepe Tangu (2012)'deki ölçüm tarihlerindeki değerler ile uyum göstermektedir..

Tangu (2012), Ayvalık çeşidinde verilen su miktarı azaldıkça yaprak oransal su içeriği değerlerinin düştüğünü bildirmiştir. Zamana bağlı olarak yaprak oransal su içeriği, yaprak su içeriği ve yaprak su noksanlığı değerlerinin iniş çıkışlarının Kramer, 1962'ye göre bitkilerde su dengesini oluşturan fizyolojik olayların; fenolojik dönemlere bağlı olarak toprak, bitki ve ekolojik koşulların etkisi altında olmasıyla açıklanabileceğini bildirmektedir.

Yaprak oransal su içeriğinde meydana gelen dalgalanmanın, bitkinin bulunduğu ortamdaki hava şartları ve topraktaki su durumunun değişkenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar, toprak su içeriğinin artması ile bitkinin daha az enerji harcayarak topraktan su alımına paralel olarak bitkinin yaprak oransal su içeriğinin arttığını (Deveci ve Uyan, 2011) ve bitkilere verilen su miktarı ile yaprak oransal su içeriği arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermiştir (Kırnak ve Demirtaş, 2002). Bitkinin fenolojik dönemlerindeki fizyolojik faaliyetlerine ve iklimsel parametrelere bağlı olarak yaprak su göstergelerinde değişimin görülebileceği bildirilmektedir. Aktepe Tangu (2012), bitki kuru ağırlığının mevsimsel olarak değiştiğini, hatta gün içinde değişkenlik gösterebileceğini bildirmektedir. Tüm fenolojik dönemlerde bitkinin bulunduğu ortamdaki hava şartları ve su durumunun yaprak oransal su içeriğindeki dalgalanmayı doğrudan etkilemekte olduğu düşünülmektedir. Yine Pouyafard(2013), Ayvalık çeşidi zeytin fidanlarında, farklı sulama düzeylerinde yaprak oransal su içeriğinin istatistiksel açıdan önemli olduğunu belirlemiştir.

Yaprak oransal su içeriği değerlerinde 05.10.2017 tarihindeki düşüş ve yaprak su noksanlığı değerlerindeki artışın, bu tarihte topraktaki mevcut suyun önemli bir kısmının meyve oluşumunda kullanılması sonucunda yapraklara iletilen suyun azalmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Aktepe Tangu (2012), Hsiao (1973) ve Khanna-Chopra ve Sinha (1991) ya göre, topraktaki mevcut kullanılabilir suya bağlı olarak yapraktaki su içeriğinin de değiştiğini belirtmektedir. Ölçüm tarihleri ve fenolojik dönemlerdeki farklılıkların, iklimsel parametrelerden ve bitkinin doğal fizyolojik faaliyetlerinden etkilendiği değerlendirilmektedir. Tüm dönemlerde yaprak oransal su içeriği, yaprak su içeriği ve yaprak su noksanlığı değerlerinin her ölçüm tarihinde ve fenolojik dönemde farklılık göstermesi, toprakta mevcut kullanılabilir suyun azalması sonucunda yapraklardaki su göstergelerinin değişmesi ile açıklanabilir.

Güngör (1985), zeytinin çiçeklenme başlangıcı, meyve oluşum başlangıcı ve çekirdek sertleşmesi dönemlerinde su ihtiyacı daha fazla olan bir tür olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda zeytinin en çok suya ihtiyaç duyduğu dönemlerde yaprak oransal su içeriği değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Çalışmamızda bu duruma paralel olarak, çiçeklenme ve çekirdek sertleşmesi dönemini içine alan tarihlerde yaprak oransal su içeriğinin düşük olduğu gözlenmiştir. Dhanda ve Sethi (2002) çalışmalarında yaprak oransal su içeriği değerinin transpirasyon oranı ile yaprağa sağlanan su arasındaki dengenin sağlanabildiğini gösteren bir değer olduğunu bildirmişlerdir. Bu faktörden dolayı bitkideki stresin bitkinin bünyesindeki yeterli su ile orantılı olarak değiştiğini vurgulamışlardır. Bu durumun, fizyolojik olarak bitki su stresinin ve dolayısıyla su ihtiyacının bir göstergesi olduğu, bu çalışmada alınan sonuçlarla da desteklenmektedir.

Literatür araştırmalarında da belirtildiği üzere, yaprak oransal su içeriğinin su stresini ve bitki su açığının belirlenmesinde daha kullanışlı bir gösterge olduğu düşünülmektedir. Araştırma sonuçları, yaprak su göstergeleri açısından literatür çalışmaları ile uyumludur.

5.2. Klorofil İçeriği

Çalışmada, ölçüm tarihleri ve bahçeler itibarıyla SPAD değerleri farklılığının, istatistiksel açıdan $p < 0.0001$ düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Fenolojik dönemler açısından en yüksek SPAD değeri, çiçeklenme ve meyve tutumu dönemlerinde, en düşük değer ise uyku döneminde ölçülmüştür. Fenolojik dönemler ve bahçeler itibarıyla de SPAD değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın bulunduğu tespit edilmiştir. Ölçüm tarihleri ve fenolojik dönemlerdeki farklılıkların bitkinin doğal fizyolojik faaliyetlerinden ve iklimsel parametrelerden etkilendiği değerlendirilmektedir.

İklimsel parametreler, çeşit, toprak koşullarının da etkisi bulunmakla birlikte klorofil içeriğinin bitki su stresinin en önemli indikatörlerinden olduğu, yaprak su içeriği ile dolaylı olarak bir ilişkisinin bulunduğu değerlendirilmektedir.

Pouyafard (2013), Ayvalık çeşidi zeytin fidanlarında, farklı sulama düzeylerinde klorofil içeriği açısından konular arasında bir farklılığın bulunmadığını belirlemiştir. Bu

çalışmada Ayvalık çeşidi ile elde edilen ortalama SPAD değerleri, sulama düzeylerine bağlı olarak 31 ile 81.51 arasında değişmiştir. Çalışmamızda elde edilen ortalama SPAD değerleri 89.50 olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın çeşit, yaş ve bölgenin iklimsel koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Zeytin fenolojik dönemleri ile ilgili araştırmalarda ölçüm tarihleri ve dönemsel olarak belirlenen farklılıkların sınıflandırma analizlerinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

5.3. Optik Uydu Görüntüleri İle İlgili Analizler

5.3.1. PlanetScope uydu görüntüleri

Planetscope uydu görüntüleri ile yapılan tüm ölçüm değerlendirmelerinde tüm yaprak göstergeleri ve SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ilişkiler tespit edilmiştir. Band ve optik indeks değerleri ile yaprak oransal su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları ($p<0.05$), yaprak su içeriği arasındaki belirlilik katsayıları ($p<0.001$), yaprak su noksanlığı arasındaki belirlilik katsayıları ($p<0.01$ ve $p<0.05$) önem düzeyinde bulunmuştur.

Tüm ölçümler itibarıyla yaprak oransal su içeriği ile band değerleri arasında B4 ($R^2=0.11$, $p<0.01$), optik indekslerden LAI ($R^2=0.15$, $p<0.001$) WDVİ ($R^2=0.15$, $p<0.001$), optik-radar indekslerden K5_1D_HV_MNDVİ ($R^2=0.11$, $p<0.001$) indeksleri ile istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur. Yaprak su içeriği ile band değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamazken, istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları optik indekslerden GREEN_RED_1 ($R^2=0.53$, $p<0.001$), GRVİ1 ($R^2=0.53$, $p<0.001$) ve EVİ ($R^2=0.41$, $p<0.001$) ile, optik-radar indekslerinden K5_1D_HV_MEVİ ($R^2=0.10$, $p<0.001$), K5_1D_HV_MNDVİ_DB ($R^2=0.05$, $p<0.01$) ile elde edilmiştir.

Tüm ölçümler itibarıyla SPAD değeri ile band değerleri arasında B4 ($R^2=0.22$, $p<0.001$) bandı istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayısına ulaşılmıştır. SPAD ile optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayıları, GREEN_RED_1 ($R^2=0.40$, $p<0.001$) ve GRVİ1 ($R^2=0.40$, $p<0.001$), GREENNESS ($R^2=0.37$, $p<0.001$) indeksleriyle elde edilmiştir. SPAD ile optik-radar indeksler açısından, istatistiksel

açından anlamlı belirlilik katsayısı sadece K5_1D_HV_MEVI ($R^2=0.20$, $p<0.001$) olarak bulunmuştur.

Dönemler itibariyle de değerlendirildiğinde, tüm yaprak su göstergeleri ve klorofil değerleri ile band ve optik indeks değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Yaprak oransal su içeriği ile uyku, meyve gelişme ve yeşil olum dönemlerinde istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları bulunurken, yaprak su içeriği açısından değerlendirildiğinde istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları uyku, somaklanma, meyve tutumu ve meyve gelişme dönemlerinde bulunmuştur. SPAD değeri açısından istatistiksel açıdan anlamlı belirlilik katsayıları uyku ve yeşil olum dönemlerinde bulunmuştur.

Fenolojik dönemler açısından değerlendirildiğinde, meyve tutumu ve meyve gelişme dönemlerinde, yaprak oransal su içeriği, yaprak su noksanlığı ve SPAD değerleri ile optik-radar indekslerinin belirlilik katsayılarının band ve optik indeks değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar, yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesinde, optik uydu görüntülerinden elde edilen band ve optik indeks değerleriyle SAR bantlarının birlikte değerlendirilerek daha yüksek belirlilik katsayılarına ulaşılabileceğini göstermektedir.

Gomez C, (2017), sınıflandırmada bitkisel indekslerin spektral dalga boyları veya spektral bantlardan elde edilen verilerden daha verimli olabileceğini belirtmektedir. Araştırma sonucunda, istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde Sentinel-2 ve Planetscope görüntülerinden elde edilen indeks değerlerinin yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri ile belirlilik katsayıları, band değerlerinden daha yüksek olarak bulunmuştur.

5.3.2. Sentinel-2 uydu görüntüleri

Sentinel-2 uydu görüntülerinden GEE ortamında 1C işlem seviyeli görüntüler kullanılmıştır. GEE ortamı ile tüm ölçüm tarihlerini kapsayan uydu görüntülerinden elde edilen band ve indeks değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ancak düşük belirlilik katsayılarına sahip sonuçlar bulunmuştur.

Sentinel-2 band değerleri ve yaprak oransal su içeriği ile istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ($R^2=0.22$, $MSE=0.59$) ilişkiler bulunmuştur. Sentinel-2 optik indeks değerleri açısından en yüksek ilişkiler, istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ilişkiler, GREEN_BLUE_2 ($R^2=0.26$, $MSE=0.56$), PSRI ($R^2=0.23$, $MSE=0.58$) ve SIPI ($R^2=0.23$, $MSE=0.58$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Optik-radar indeksleri açısından da istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ($R^2=0.16$, $MSE=0.63$) ilişkiler bulunmuştur.

Yaprak su içeriği açısından değerlendirildiğinde, tüm ölçüm tarihlerini kapsayan uydu görüntülerinden elde edilen band değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ilişkiler ($R^2=0.16$, $MSE=0.47$) ilişkiler bulunmuştur. Optik indeks değerleri ise, istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ilişkiler, REIP ($R^2=0.15$, $MSE=0.47$) ve S2REP ($R^2=0.15$, $MSE=0.47$) indeksleri ile elde edilmiştir.

SPAD değerleri açısından değerlendirildiğinde, tüm ölçüm tarihlerini kapsayan uydu görüntülerinden elde edilen band değerleri ile yaprak su içeriği arasında istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük ilişkiler ($R^2=0.38$, $MSE=0.47$) ilişkiler bulunmuştur. Optik indeks değerleri ise, istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı belirlilik katsayıları REIP ($R^2=0.48$, $p<0.001$), S2REP ($R^2=0.48$, $p<0.001$) ile elde edilmiştir.

Hem yaprak su göstergeleri, hem de SPAD değerleri açısından dönemler itibariyle yapılan değerlendirmelerde, belirlilik katsayısının dönemlere göre değişmekle birlikte düşük bulunduğu görülmektedir. Ancak yaprak su göstergeleri açısından yeşil olum döneminin, SPAD değerleri açısından siyah olum döneminin en yüksek belirlilik katsayılarına sahip olduğu görülmektedir.

Noori ve Panda (2016), SAVI, NDVI ve bant değerleri ile SPAD değerinin yüksek belirlilik katsayılarıyla tahmin edilebildiğini belirtmektedir.

Belirlilik katsayısı açısından farklı ölçüm tarihlerinde ve dönemlerde farklı indeks ve bandlar öne çıkmıştır. Zeytin yapraklarındaki her kimyasal bileşik veya pigment, yansıma spektrumuna farklı katkıda bulunduğundan bu farklılığın bitkinin fizyolojik gelişimi ile ilgili olduğu değerlendirilmektedir.

5.4. Radar uydu görüntüleri ile yaprak su göstergeleri arasındaki ilişkiler

5.4.1. Kompsat-5 X Band HV görüntüleri

Kompsat-5 X-Band uydusunun HV polarizasyonu için, 1D işlem seviyesinde elde edilen geri saçılma katsayılarının filtre değerleri ile yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

1D işlem seviyeli görüntülerden, tüm ölçüm dönemlerinde elde edilen değerler üzerinden yapılan regresyon analizlerinde, yaprak oransal su içeriği ile $p<0.001$ önem düzeyinde en yüksek belirlilik katsayısı, K5_1D_MIN ($R^2=0.45$) filtresi ile elde edilmiştir. Yaprak su içeriği açısından istatistiksel açıdan anlamlı tek belirlilik katsayısı, K5_1D_MIN ($R^2=0.07$) ile elde edilmiştir. Yaprak su noksanlığı açısından en yüksek belirlilik katsayısı ($R^2=0.47$), Lee, GM, IDAN50, LEE filtreleriyle elde edilmiştir. SPAD değerleri açısından en yüksek belirlilik katsayısı ($R^2=0.11$), K5_1D_RLEE filtresiyle elde edilmiştir.

Yaprak su göstergeleri ve SPAD değeri konusunda, belirlilik katsayıları açısından farklı dönemlerde farklı işlem seviyeli görüntüler öne çıkmıştır. Ancak, genel olarak 1D işlem seviyeli görüntülerin daha tutarlı ve belirlilik katsayıları daha yüksek sonuçlar verdiği düşünülmektedir.

Ölçüm tarihleri ve dönemler itibariyle $p<0.05$, $p<0.01$ ve $p<0.001$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı ancak belirlilik katsayısı düşük düzeyde ilişkiler bulunmuştur.

Yaprak oransal su içeriği açısından istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler, uyku, meyve tutumu ve yeşil olum dönemlerinde görülürken, yaprak su içeriği açısından dönemler uyku, somaklanma ve meyve gelişme dönemleri olarak bulunmuştur. SPAD değeri açısından istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler sadece uyku döneminde bulunmuştur.

Baronti ve ark. (1995); McNairm ve ark. (2004), bitki örtüsü ile kaplı alanlar üzerinde yapılan teorik analizler ve deneysel gözlemlerin, HV polarizasyonundaki geri saçılma katsayısının bitki örtüsünün büyümesinin izlenmesi için uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Capodici ve ark(2013), optik ve X-Band SAR görüntülerinde, HV polarizasyonu ile NDVI arasında mısırdada $R^2 = 0.98$; yoncada $R^2 = 0.66$ belirlilik katsayısı, LAI ile $R^2 = 30.83$ olarak tespit edilmiştir. Araştırmamızda Kompsat-5 X band HV polarizasyonu ile elde edilen veriler ile SPAD değeri arasında $p < 0.01$ önem düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı, ancak belirlilik katsayısı düşük ($R^2=0.07$) ilişkiler belirlenmiştir. Bu farklılığın üründen kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.4.2. Sentinel-1 görüntüleri

Sentinel-1 C Band GRD VV ve VH polarizasyonlu görüntülerde, tüm ölçüm tarihlerinde yaprak oransal su içeriği ile en yüksek belirlilik katsayıları, GEE ortamında yükselen görüntülerden elde edilmiştir. Alçalan görüntülerde istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Yaprak oransal su içeriği açısından istatistiksel açıdan anlamlı en yüksek belirlilik katsayısı, yükselen modda VV polarizasyonu ile ($R^2=0.23$, $MSE=0.55$) elde edilmiştir.

Yaprak su içeriği ile alçalan ve yükselen görüntülerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük ilişkiler bulunmuştur (Alçalan mod VV, $R^2=0.06$, $MSE=0.39$).

Yine yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayıları, yükselen yörünge görüntülerinden VV polarizasyonu ile ($R^2=0.24$, $MSE=0.55$) elde edilmiştir.

SPAD değeri ile alçalan ve yükselen görüntülerden elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük ilişkiler bulunmuştur (Alçalan mod VV, $R^2=0.07$, $MSE=0.75$).

Dönemler itibariyle değerlendirildiğinde, yaprak oransal su içeriği açısından Sentinel-1 yükselen ve alçalan görüntülerden elde edilen verilerde istatistiksel açıdan anlamlı ancak

belirlilik katsayıları düşük ilişkiler uyku, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve gelişme ve siyah olum dönemlerinde bulunmuştur.

Yaprak su içeriği açısından değerlendirildiğinde, dönemler itibariyle Sentinel-1 yükselen ve alçalan görüntülerden elde edilen verilerde uyku, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve gelişme, yeşil olum ve siyah olum dönemlerinde istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler bulunduğu, ancak alçalan görüntülerden elde edilen verilerin belirlilik katsayılarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yaprak su noksanlığı açısından değerlendirildiğinde, dönemler itibariyle Sentinel-1 yükselen ve alçalan görüntülerden elde edilen verilerde istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler uyku, somaklanma, çiçeklenme, meyve tutumu, meyve gelişme ve siyah olum dönemlerinde bulunmuştur.

SPAD değerleri ile Sentinel 1 yükselen ve alçalan görüntülerden elde edilen verilerde istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler uyku, meyve tutumu, yeşil olum ve siyah olum dönemlerinde bulunmuştur.

Frison ve ark (2018), Sentinel-1 C band görüntülerinin 6 günlük zamansal çözünürlüğünün yüksek olmasının, bitki örtüsündeki mevsimsel değişimlerin izlenmesi için en uygun radar görevi olduğunu, σ_{vv}/σ_{vv} oranının NDVI indeksi ile benzerliğinin C bandın yapraklara duyarlılığını teyit ettiğini, orman alanlarının izlenmesinde Sentinel-1 C band verilerinin potansiyelinin bulunduğunu bildirmektedir.

Kim ve ark.(2012), pirinç ve soya fasülyesi üzerinde yaptıkları çalışmada, L, C ve X bandları için geri saçılma katsayılarını, bitki indeksleri (RVI, NDVI ve LAI) ve bitki su içeriğini dönemler halinde incelemişlerdir. Radar Bitki İndeksi (Radar vegetation index) değerlerinin, ürün gelişimi ile doğru orantılı bir şekilde arttığını, bitki su içeriğinin azalmasıyla da düştüğünü belirtmektedirler. L, C ve X bandları geri saçılma değerlerinden hesaplanan radar bitki indeksleri, bitki su içeriği, yaprak alan indeksi(LAI) ve NDVI değerleri ile karşılaştırılmış, en yüksek ilişkiler L bandı ile elde edilmiştir.

El-Shirbeny ve Abutaleb(2017), toprak ve ürün nem içeriğinin belirlenmesinde Sentinel-1 uydu görüntülerinin VH ve VV verilerinin çok yararlı olduğunu ve su stresinin belirlenmesinde optik uydu verileri kadar kolay bir şekilde kullanılabileceğini bildirmektedir.

Vreugdenhil ve ark.(2018), Sentinel-1 verilerini kullanarak kolza, mısır ve kışlık buğdayın bazı bitkisel parametrelerini inceledikleri araştırmada, yaprak su içeriği ile Sentinel-1 parametreleri arasındaki doğrusal regresyon analizlerinde, kolzada 0.27,0.29,0.19, mısırdaki 0.16, 0.49, 0.01, buğdayda 0.34,0.14,0.04 R^2 olarak bulmuştur.

Radar uydu görüntüleri, her türlü hava koşulunda görüntüleme sağlasa da özellikle yaprak su göstergeleri açısından yağmurlu ve çığ düşen tarihlerde dikkatli olunması gerektiği, geri saçılmaya mahsulün tepkisinden başka bir etmenin neden olabileceği değerlendirilmektedir. Nitekim Mengdahl(2013), Mitchell ve ark.(2012), Haagsma(2015), Mascolo(2014), Mitchell ve ark.(2012) VV ve VH polarizasyonları için, yağmurun etkisinin açıkça görüldüğünü, uydu geçişinden hemen önceki bir yağış olayının, radar geri saçılmalarını önemli ölçüde etkileyebildiğini, yağmurdan sonra geri saçılmanın daha yüksek olduğunu, bunun bitkinin fenoloji dönemleri ile açıklanamayacağını bildirmektedir. Yağmurdan sonra alınan görüntüleri açısından dikkatli olunması gerektiği, gerekirse bu verilerin analiz dışı bırakılabileceği bildirilmektedir. Ayrıca hava nemi ve çiy oluşumunun geri saçılmaları etkilediğini, %95'in üzerindeki nemin çiy oluşumuna neden olacağını, bunların yaprak yüzeyinde bir su yüzeyi oluşturacağını ve geri saçılma değerlerinin değişeceği belirtilmektedir. Aynı zamanda, SAR geri saçılmasının dielektrik değişikliklere, örneğin yağmurdan kaynaklanan toprak veya kanopi nemindeki bir artışa karşı duyarlı olduğu, geri saçılmaların arttığı bildirilmektedir.

5.5. Optik ve SAR uydu görüntülerinin birlikte kullanılması ile elde edilen veriler

Kompsat-5 X Band HV polarizasyonu ile Planetscope band değerlerinden elde edilen optik-radar indekslerinin bazı dönemlerde optik indekslerden daha yüksek belirlilik katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Planetscope görüntülerinde, fenolojik dönemler açısından yaprak oransal su içeriği, yaprak su noksanlığı ve SPAD değerlerinin optik-radar verileriyle daha yüksek bir belirlilik katsayısına ulaştığı görülmüştür.

Vreugdenhil ve ark.2018, bitki örtüsünün yüzeysel özelliklerinin mikrodalga sinyali üzerindeki etkisinin bitki su içeriği dinamiklerini izlemede engelleyici olabileceğini, bitki su içeriği hakkında daha iyi bir tahmin için radar görüntülerinin optik görüntülerle birlikte kullanılabileceğini bildirmektedir. Bu çalışmada, Sentinel-1 ile VH ve VV polarizasyonlu görüntüler kullanılarak, bitki su içeriği ile kanolada ($R = 0.70$) ve mısırdada ($R = 0.66$) ilişkileri tespit edilmiş, buğday ve arpada bu değerler 0.42 ile 0.83 arasında değişmiştir.

Sentinel-1 VV-VH polarizasyonları ile birlikte hesaplanan optik-radar indekslerinin bazı ölçüm tarihlerinde optik indekslerden daha başarılı olduğu görülmüştür.

5.6. Spektral Analizlere Ait Bulgular

Araştırmada, 4 farklı seviyede ön işlem yapılmış spektral veriler değerlendirilmiş, kısmi en küçük kareler regresyon yöntemi ile yaprak oransal su içeriğinin $R^2=0.745$ (RMSE=3.62), yaprak su içeriğinin $R^2=0.86$ (RMSE=1.17), yaprak su noksanlığının $R^2=0.74$ (RMSE=3.63) belirlilik katsayıları ile elde edilebileceği görülmüştür. SPAD değerleri açısından en yüksek belirlilik katsayısı ($R^2=0.84$) ve en düşük RMSE değeri (RMSE=1.33), SNV+FD (Kahriman ve ark, 2016) metodu ile elde edilmiştir. Zhang(2012), kemometrik yöntemler kullanılarak yaprak su içeriğinin belirlenmesinde görünün-yakın kızılötesi dalga boyu bölgelerinin (400-1100 nm) kullanılabileceğini göstermiştir. Zhang(2012) ile uyumlu olarak, spektrometre ile elde edilen spektral verilerin kemometrik yöntemlerle su içeriğinin ve diğer biyokimyasal parametrelerin yaprağa zarar vermeden ve hızlı bir şekilde tahmin edilebileceği, bu verilerin taşınabilir bir cihazda kullanılması durumunda hassas tarım teknikleri ve sulama planlamalarında da kullanılabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, ön işlem metodlarıyla kısmi en küçük kareler regresyon yöntemiyle tahmin edilen yaprak su göstergeleri ve SPAD değerlerinin ham verilerle tahmin edilen değerlerden daha anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür. Yaprak oransal su içeriği, ham spektral verilerden $R^2=0.69$ ve RMSE=3.86 ile elde edilirken, ön işlem metodları uygulanan spektral verilerden ise daha yüksek bir belirlilik katsayısı $R^2=0.74$ ve RMSE=3.62 ile tahmin edilmiştir.

Spektral analizlerde diğer bir bulgu da yaprak su içeriği ve SPAD değerleri tahmin değerlerinin ham spektral verilerde bile yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığına

göre daha yüksek doğruluk oranları ile tahmin edilebilmesidir. Yaprak su içeriği, ham spektral verilerden $R^2=0.86$ ve $RMSE=1.17$, ön işlem metodları uygulanan spektral verilerden ise daha düşük bir belirlilik katsayısı $R^2=0.79$ ve $RMSE=1.36$ ile tahmin edilmiştir. Buradan, ham spektral verilerden bile yaprak su içeriği ve klorofil içeriklerinin yüksek belirlilik katsayısı ve düşük $RMSE$ ile elde edilebileceği düşünülmektedir.

Araştırma sonucu elde edilen veriler, yaprak su göstergeleri ve SPAD değerlerinin spektral ölçümlerle belirlenebileceğini göstermektedir. Çamoğlu(2012), kısmi en küçük kareler regresyon modellerine ait doğrulama sonuçlarının transforme edilmiş spektrumlardan daha düşük sapma ile nem içeriğinin tahmin edilebileceğini gösterdiğini belirtmektedir. Yine Zhang ve ark. (2012), yapraktaki su içeriğini belirlemek için uygun dalga boyu bölgelerini araştırmışlardır. Yaprak su içeriğini belirlemede etkili olacak dalga boyu bölgelerini, farklı ön işlem metodlarıyla birlikte değerlendirmişler ve kısmi en küçük kareler regresyon yönteminin tatmin edici bir doğruluk sunabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmada, spektral yansımalar ile yaprağa zarar vermeden, hızlı ve ekonomik bir şekilde yaprak oransal su içeriği, yaprak su içeriği, yaprak su noksanlığı ve klorofil içeriğinin yüksek doğrulukla belirlenebileceği görülmüştür. Çamoğlu (2013), spektral veriler kullanılarak su stresini belirlemek amacıyla yaprağa zarar vermeden ve düşük bir maliyetle yaprak oransal su içeriğinin belirlenebileceğini belirtmiştir. Bu açıdan araştırma sonuçları, Torres ve ark. (2018), Çamoğlu(2012, 2013) ve Zhang ve ark.(2012) ile uyum göstermektedir.

Yine Torres ve ark (2018), yaprak oransal su içeriğinin yapraklara zarar verilmeden ve arazi koşullarında hızlı ve ekonomik bir şekilde belirlenmesinin, zeytin fizyolojisi ve verim açısından kritik fenolojik dönemlerde üreticilerin sulama kararlarına ve sulama planlamalarına yardımcı olacağını bildirmektedir.

Spektral indeksler açısından değerlendirildiğinde, SPAD değerleriyle elde edilen belirlilik katsayıları, yaprak su göstergeleri ile elde edilen değerlere göre daha yüksek olarak bulunmuştur.

Yine yaprak su göstergeleri açısından spektral indekslerle en yüksek belirlilik katsayıları, yaprak su içeriği değerleriyle elde edilmiştir.

Ham spektral verilerden elde edilen spektral indeksler açısından değerlendirildiğinde, spektral indeksler ile yaprak su göstergeleri arasında istatistiksel açıdan $p<0.001$ önem düzeyinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

Yaprak oransal su içeriği ile $p<0.001$ önem düzeyinde en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-03 ($R^2=0.11$), NDI-04($R^2=0.11$), PSSR_1($R^2=0.10$), REIP($R^2=0.09$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Yaprak su içeriği ile spektral indeksler arasında $p<0.001$ önem düzeyinde en yüksek belirlilik katsayıları, PSSR_B($R^2=0.28$), NDVI_P($R^2=0.27$), SR($R^2=0.27$) ve RATCART($R^2=0.26$) indeksleri ile elde edilmiştir.

Yaprak su noksanlığı ile spektral indeksler arasında da $p<0.001$ önem düzeyinde en yüksek belirlilik katsayıları, NDI-03 ($R^2=0.11$), NDI-04($R^2=0.11$), PSSR_1($R^2=0.10$), REIP($R^2=0.09$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Çamoğlu(2010), spektral indeksler kullanılarak su stresini ayırt etme bakımından en önemli indekslerin NDVI, NDVI705, SR, SR705, SIPI, SIPIpen, PSSR ve ZM olduğunu bildirmiştir. Fernandez ve ark.(1994), SR indeksinin yaprak su durumunu açıklamak için kullanılabileceğini bildirmektedir. Bu açıdan çalışma, Çamoğlu(2010) ve Fernandez ve ark.(1994) ile uyumludur.

Spektral indeksler ile SPAD değerleri açısından $p<0.001$ önem düzeyinde en yüksek belirlilik katsayıları, VOG_2 ($R^2=0.63$), NDRE ($R^2=0.63$), VOG_3 ($R^2=0.63$), SR_12 ($R^2=0.62$) ve VOG_1 ($R^2=0.62$) indeksleriyle elde edilmiştir.

Tüm yaprak su göstergelerinde, bitki yapısal ve pigment indekslerinin, bitki su durumunu yansıtan indekslerden daha başarılı olduğu görülmüştür. Bu durum, Çamoğlu (2013), Gates ve ark(1965), Maktav ve Sunar(1991) çalışmalarında da değinildiği üzere, yapraklardaki pigmentlerin su miktarıyla bağlantılı olarak değiştiğini ve bunun sonucunda yansıma özelliklerinin spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgelerinde de değiştiğini göstermektedir. Bu değişimin, yapraklardaki suyun ikincil bir etkisi olarak açıklanabileceği düşünülmektedir.

5.7. Optik, SAR ve spektral verilerin yaprak su göstergeleri ve SPAD değerleri açısından genel olarak karşılaştırılması

Tüm veri setleri üzerinden genel olarak değerlendirildiğinde, yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriğini belirlemede spektrometreden elde edilen spektral verilerin en yüksek belirlilik katsayılarına ulaştığı belirlenmiştir. Spektral verilerden, ön işlem metodlarıyla elde edilen belirlilik katsayıları, spektral indekslerden çok daha yüksek belirlilik katsayılarına sahiptir. Spektral verilerin ön işlem metodları uygulanarak kısmi en küçük regresyon modeli ile elde edilen tahmin modellerinin, yaprağa zarar vermeden, hızlı ve ekonomik bir şekilde yaprak su göstergelerini ve klorofil içeriğini belirlemede kullanılabileceği dūřünölmektedir.

Uydu görüntöleri açısından değerlendirildiğinde ise, yaprak oransal su içeriği ve yaprak su noksanlığı ile en yüksek belirlilik katsayısının, Kompsat-5 HV X Band verileriyle elde edildiği belirlenmiştir. Kompsat-5 X Band verileriyle elde edilen belirlilik katsayıları düşük olsa da Sentinel-1 C band ve Sentinel-2 ile PlanetScope uydu görüntülerinden elde edilen belirlilik katsayılarından daha yüksektir. Bunun, X Bandın yüzey geri saçılmalarını daha iyi temsil etmesi ve Kompsat-5 X Band HV polarizasyonlu görüntülerin çözünürlüğü ile ilişkili olduğu dūřünölmektedir.

Yaprak oransal su içeriği açısından Sentinel-2 optik uydu görüntülerinin PlanetScope uydu görüntülerinden daha yüksek belirlilik katsayısına ulaşmasının, Sentinel-2 görüntülerinin daha fazla banda sahip olması, dolayısıyla daha geniş bir spektrumu kapsaması olduğu dūřünölmektedir.

Yaprak su içeriği açısından değerlendirildiğinde, optik uydu görüntülerinden elde edilen verilerin SAR uydularından elde edilen verilerden daha yüksek belirlilik katsayılarına ulaştığı görölmektedir.

Spad değeri açısından değerlendirildiğinde, optik uydu görüntülerinden elde edilen verilerin SAR verilerinden elde edilen verilere göre daha yüksek belirlilik katsayılarına sahip olduğu, optik görüntüler açısından değerlendirildiğinde Sentinel-2 optik uydu görüntülerinin PlanetScope görüntülerine göre daha yüksek belirlilik katsayılarına ulaştığı görölmektedir. Klorofil içeriğini belirlemede daha yüksek özünürlöklö ve çoklu polarizasyona sahip X band SAR verilerinin daha yüksek belirlilik katsayılarına ulaşabileceği dūřünölmektedir.

5.8. Fenolojik Dönem Sınıflandırma Analizleri

Fenolojik dönemlerin belirlenmesine yönelik sınıflandırma analizlerinde, spektral verilerin optik uydu görüntülerinden daha yüksek sınıflandırma doğruluğuna (Eğitim Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.99$, Doğrulama Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.99$) ulaşıldıkları belirlenmiştir.

Sentinel-2 ve PlanetScope ile de yapay sinir ağları modeli kullanılarak yapılan sınıflandırma analizlerinde belirlilik katsayısı yüksek sınıflandırma doğruluğuna ulaşılmıştır. Sentinel-2 ve PlanetScope görüntülerinden elde edilen belirlilik katsayıları da bu görüntülerin fenolojik dönemlerin sınıflandırılmasında dikkate alınabileceğini göstermektedir. Sentinel-2 band değerleriyle elde edilen sonuçlar (Eğitim Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.99$, Doğrulama Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.94$), yapay sinir ağları modelinin fenolojik dönemlerin belirlenmesinde yüksek bir doğruluk ile kullanılabileceğini göstermektedir. PlanetScope band değerleri kullanılarak yapay sinir ağları modeli ile elde edilen sonuçlar (Eğitim Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.84$, Doğrulama Verisi Genelleştirilmiş $R^2=0.82$), PlanetScope uydu görüntülerinin yapay sinir ağları modeli ile fenolojik dönemlerin belirlenmesinde değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Araştırma sonuçlarıyla paralel olarak, Vreugdenhil ve ark.2018, Sentinel-1 ve Sentinel-2 verileri kullanılarak bitki su içeriğinin tahmin edilebileceğini, bunun için makine öğrenmesi gibi yapay zeka tekniklerinin uygulanabileceğini ifade etmektedir. Sınıflandırma analizleri sonuçları, Vreugdenhil ve ark.2018 ile uyumluluk göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, optik, SAR ve spektrometre verileri kullanılarak Gemlik çeşidi zeytinin farklı fenolojik dönemlerindeki spektral özellikleri ve geri saçılmalarının yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği ile ilişkileri araştırılmıştır. Özellikle yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriği ile optik, SAR ve spektrometre verilerinden elde edilen parametreler arasındaki istatistiksel bulgular, fenolojik dönemlerin tahmin edilmesi, ürünün gelişim sürecinin izlenmesi, su stresinin belirlenmesi ve gelişim süreçlerindeki anomalilerin tespit edilmesinde bu verilerin kullanılabileceğini göstermektedir.

Çalışmada arazi ölçümleri, 12'şer gün aralıklarla 24 ölçüm tarihinde tamamlanmıştır ve uyku döneminden siyah olum dönemine kadarki zeytin vejetasyon sürecinin tamamını kapsamaktadır. Zeytin ile ilgili yaprak su göstergeleri ve su stresi ile ilgili çalışmalar mevcuttur ancak tüm fenolojik dönemleri kapsamaması, zamansal çözünürlüğünün yüksek olması sebebiyle çalışmanın literatüre katkılarının olacağı düşünülmektedir.

Yine zeytin fenolojik dönemleri ile ilgili olarak, yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriklerinin ölçüm tarihleri ve fenolojik dönemler açısından farklı bulunması, bu farklılıkların fenoloji çalışmalarında ve dönemsel sınıflandırma analizlerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Literatür araştırmalarına göre, bu çalışma, meyveler veya zeytin ile ilgili, optik ve radar uydu görüntülerinin birlikte kullanıldığı, zamansal çözünürlüğü yüksek, fenolojik dönemlerin sınıflandırılmasına yönelik ilk çalışmalardan biridir. Genel olarak, radar geri saçılım değerleri ile yaprak su göstergeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak düşük belirlilik katsayıları bulunmuştur. Farklı yaprak su göstergesi değerleri için optik ve radar uydu görüntülerinin farklı tepkisi de dikkat çekici bulunmuştur. Sonuçlar, radar uydu görüntülerinin yaprak su göstergelerinin izlenmesi açısından katkılarının olabileceğini, fenolojik dönemlerin tahmin edilmesinde ve su stresini belirlemede kullanılabileceğini göstermektedir.

Kompsat-5 X Band HV ve Sentinel-1 VV-VH görüntülerinin geri saçılma değerleri ile yaprak su göstergeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ancak belirlilik katsayıları düşük

ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Araştırma, 12'şer gün aralıklarla bahçelerden alınan yaprak örneklerinin yaprak su göstergeleri, spektrometrik ölçümler ve klorofil ölçümleri ile yapılmıştır. Araştırma sonucu, optik ve SAR görüntülerinin yaprak su göstergeleri ve klorofil içeriklerini belirlemede değerlendirilebileceğini göstermektedir. Ayrıca bu çalışma sonucunda, yaprak su göstergeleri, klorofil ve fenolojik dönemlerin belirlenmesinde SAR görüntülerinin optik görüntüler ile birlikte kullanılabileceği düşünülmektedir.

Kompsat-5 X Band HV polarizasyonlu görüntülerin, X bandın dalga boyu özellikleri nedeniyle yüzey parametrelerine daha duyarlı olması ve daha yüksek bir mekansal çözünürlüğe sahip olduğundan daha iyi sonuçlar verdiği, ancak kapama zeytin bahçelerinde bitkinin toprağı örtme oranı dikkate alınarak Sentinel-1 C Band 1D SAR uydu görüntülerinin de kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle 1m altı mekansal çözünürlüğe sahip ve çoklu polarizasyonlu X-band, C-band SAR uydu görüntüleriyle daha yüksek doğruluklu sonuçlara ulaşılabileceği, sadece SAR uyduları değil, son zamanlarda oldukça gelişen insansız hava araçlarıyla farklı radar bandlarının kullanıldığı algılayıcılarla daha yüksek belirlilik katsayısına sahip sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmektedir.

SAR görüntülerinin nesnelerin dielektrik sabiti ile doğrudan ilişkili olduğu, sınıflandırma ve analizlerde bitki su içeriğinin değerlendirilmesi gerektiği, SAR görüntüleri geri saçılmalarının doğrudan su içeriği ile ilgili olduğu, yaprak pigmentleri veya kimyasal içerikleri ile ilgili değerlendirmelerin bu içeriklerle yaprak su göstergeleri arasındaki ilişkiler dikkate alınarak yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Elde edilen istatistiksel sonuçlar, spektrometreler yardımıyla yaprak su göstergelerinin, yaprağı zarar vermeden, daha ekonomik ve hızlı bir şekilde izlenebileceği, fenolojik dönemlerin tahmininde kullanılabileceği ve su stresinin belirlenebileceğini göstermektedir. Spektral çözünürlüğü daha yüksek, SWIR bölgesindeki su yutulma bandlarını da kapsayan bir spektrometre ile çok daha yüksek doğruluğa ulaşılabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Abas A İ (2011). Çok Spektrallı Görüntü Füzyonu. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Abdikan S (2007). SAR Görüntülerinden Üretilen İnterferometrik ve Stereo Sayısal Yükseklik Modellerinin Kalitesinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Abdikan S (2012). Monitoring of Land Surface Subsidence in Zonguldak Coal Mining Field in The Northern Turkey Using Multi Temporal SAR Interferometry. Phd. Thesis, Yıldız Technical University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, İstanbul.
- Abdikan S, Sanli F B, Ustuner M, Calò F (2016). Land Cover Mapping Using Sentinel-1 SAR Data. XXIII ISPRS Congress, Volume XLI-B7, 757-761, Prague, Czech Republic.
- Acar E (2017). Dicle Nehri Havzasında Toprak Nem Ölçümleri ile SAR İmgeleri Arasındaki İlişkiyi Saptama ve Bu İlişkiye Dayalı Toprak Neminin Tahmini. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Akgül M A (2018). Sentetik Açıklıklı Radar Verilerinin Taşkın Çalışmalarında Kullanılması: Berdan Ovası Taşkını. Geomatik Dergisi, 3(2): 154-162.
- Aktepe Tangu N (2012). Kısıtlı Su Uygulamalarının Bazı Standart Zeytin Çeşitlerinin Gelişme Durumları ve Bitki-Su İlişkileri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yayın No 72, 184 s, Yalova.
- Akyüz H (2017). ‘Yamalak Sarısı’ Zeytin (*Olea europaea* L.) Fidanlarında Su Stresi ve Osmoprotektan Uygulamasının Fizyolojik ve Morfolojik Değişimler Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Anonim (1985). Microwave remote sensing applied to vegetation. ESA Scientific and Technical Publications Branch, 144 p, The Netherlands.
- Anonim (2001). Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Kullanım Sınıfları Tespiti Çalışması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, 176 s, Ankara.
- Anonim (2011). TR63 Bölgesi Zeytincilik Sektör Raporu ve Fizibilite Çalışması. Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (DOĞAKA).
- Anonim (2012). Interpreting Digital RADAR Images. MicroImages Inc, 20 p, Raymond, United States of America.
- Anonim (2013). Sentinel-1 User Handbook. European space agency, 80 p.
- Anonim (2015). Broadband Vegetation Indices. MicroImages Inc, 3 p, Raymond, United States of America.
- Anonim (2015a). SAR processing with Geomatica Training Guide, Version 2.3, PCI Geomatics Enterprises Inc,
- Anonim (2015b). Sentinel-2 User Handbook. European space agency, 64 p.
- Anonim (2016) Türkiye Bilimler Akademisi, Ulusal Açık Ders Malzemeleri <http://www.acikders.org.tr/course/view.php?id=28> (Erişim Tarihi: 10.11.2016)

- Anonim (2016c) <http://www.irfanakar.com> (Erişim Tarihi: 10.11.2016)
- Anonim (2016d) Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda Kontrol Genel M¼d¼rl¼ę¼, Zeytin Hastalık ve Zararlıları ile M¼cadele, Eğitim Yayım ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı Matbaası, 2016, 42s, Ankara
- Anonim (2016e) <http://www.radartutorial.eu>, (Erişim Tarihi: 10.11.2016)
- Anonim (2016f) <https://www.microwaves101.com>, (Erişim Tarihi: 10.11.2016)
- Anonim (2017a), Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak¼ltesi Toprak B¼l¼m¼, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi, Uzaktan Algılama Nedir? <http://rsgis.home.uludag.edu.tr/UAnedir.html> (Erişim Tarihi: 02.10.2017)
- Anonim(2017b), Fundamentals of Remote Sensing, <http://www.nrcan.gc.ca/node/9309>(Erişim Tarihi: 16.07.2017)
- Anonim(2017c), <http://support.pcigeomatics.com/hc/en-us/articles/203483099-Kompsat-5-Orthorectification>, (Erişim Tarihi: 16.07.2017)
- Anonim (2017d) 2017 Yılı Zeytin ve Zeytinyağı Raporu, T.C. G¼mr¼k ve Ticaret Bakanlığı, Kooperatifçilik Genel M¼d¼rl¼ę¼.
- Anonim (2017e) <http://www.barissamanci.net/Makale/41/sentetik-aciklikli-radar-sar-nedir/> (Erişim Tarihi: 02.10.2017)
- Anonim(2017f) <http://eng.ege.edu.tr/~otles/ColorScience/chlorophylls.htm> (Erişim Tarihi: 03.10.2017)
- Anonim(2017g) <http://rsgis.home.uludag.edu.tr/UAnedir.html> (Erişim Tarihi: 03.10.2017)
- Anonim(2017h) <http://http://www.treccani.it/enciclopedia/mar-mediterraneo> (Erişim Tarihi: 03.10.2017)
- Anonim (2017i). Handbook on Remote Sensing for Agricultural Statistics. Global Strategy to improve Agricultural and Rural Statistics, 261 p, Rome.
- Anonim (2017j) <http://www.petropi.com/hyperspectral-core-imaging.html> (Erişim Tarihi: 02.01.2018)
- Anonim (2017k) Radiometric Calibration of Kompsat-5, 2017, Kari
- Anonim (2017l) Index Database <https://www.indexdatabase.de> (Erişim Tarihi: 19.01.2018)
- Anonim(2018a) <http://www.nik.com.tr>(Erişim Tarihi: 02.01.2018)
- Anonim(2018b) <http://www.istatistik.gen.tr/?p=83#comment-2211> (Erişim Tarihi: 19.08.2018)
- Anonim(2018c) <https://earthengine.google.com/faq/> (Erişim Tarihi: 19.08.2018)
- Anonim(2018d) <https://www.sentinel-hub.com/eotaxonomy/indices> (Erişim Tarihi: 19.08.2018)
- Anonim(2018e) <https://www.microimages.com/documentation/TechGuides/81VegIndices.pdf> (Erişim Tarihi: 19.08.2018)
- Anonim(2018f) <http://pediaa.com/difference-between-biotic-and-abiotic/> (Erişim Tarihi: 19.08.2018)
- Anonim(2018g) <http://www.dunyagida.com.tr/haber/zeytin-ve-zeytinyaginda-ne-durumdayiz/5762>, (Erişim Tarihi: 19.08.2018)

- Anonim(2018h) <http://earth.esa.int> (18.03.2018)
- Anonim(2018i) <http://gisgeography.com> (18.03.2018)
- Anonim(2018j) <http://https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/indexdb/> (Erişim Tarihi:18.03.2018)
- Anonim(2019a) <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019b) <https://commons.wikimedia.org/wiki/> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019c) <https://www.uzh.ch/blog/gcb-siberia/2013/07/11/colordiversity-nasausgs-landsat-8-to-map-kytalyk-on-july-5/> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019d) <https://luxes.es/basics-of-lighting/?lang=en> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019e) <https://eo-college.org/> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019f) <http://www.bursakulturturizm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019g) <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr>, (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019h) <https://lavelle.chem.ucla.edu/forum/viewtopic.php?t=32695> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019i) <https://developers.google.com/earth-engine/sentinel1> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019j) <https://towardsdatascience.com> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019k) <https://www.specmeters.com> (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019l) SAS Institute Inc. 2018. JMP® 14 Predictive and Specialized Modeling. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Anonim(2019m). Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Kullanım Sınıfları Tespiti Çalışması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, <http://www.dursunmuratozden.net> , (Erişim Tarihi: 18.03.2019)
- Anonim(2019n). Basic UV/Visible Spectrophotometry. [biochrom.co.uk>download/72](http://biochrom.co.uk/download/72), (Erişim Tarihi: 18.03.2019).
- Ankaya Ünal F (2007). Kaynaklar (Buca/İzmir) Çevresinin Doğal Bitki Örtüsü Dağılımı ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin GIS ve Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aouidi F, Dupuy N, Artaud J, Roussos S, Msallem M, Perraud-Gaime I, Hamdi M (2012). Discrimination of Five Tunisian Cultivars by Mid Infrared Spectroscopy Combined with Chemometric Analyses Of Olive Olea Europaea Leaves. Food Chemistry,131: 360–366.
- Arı A, Erşen Berberler M (2017). Yapay Sinir Ağları İle Tahmin ve Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü İçin Arayüz Tasarımı. ACTA INFOLOGICA Information of Author(S), 1(2):55–73.
- Arslan A, Bal B (2015). Çilek Bitkisinde Yaprak Su İçeriğinin Renk Ölçer ve Klorofilmetre ile Belirlenme Olanağının İncelenmesi. Mezuniyet Çalışması, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Hatay.
- Arunyanark A, Jogloy S, Vorasoot N, Akkasaeng C, Kesmala T, Patanothai A (2009). Stability of Relationship Between Chlorophyll Density and Soil Plant Analysis

- Development Chlorophyll Meter Readings in Peanut Across Different Drought Stress Conditions. *Asian Journal of plant Sciences*, 8(2): 102-110.
- Ashrafuzzaman M, Lubna F A, Holtkamp F, Manning W J, Kraska T, Frei M (2017). Diagnosing Ozone Stress and Differential Tolerance in Rice (*Oryza Sativa* L.) with Ethylenediurea (EDU). *Environmental Pollution*, Volume 230: 339-350.
- Aslan E (2010). Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağının Kimyasal Özellikleri ve Çevreye Olan Etkilerinin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir.
- Ateşoğlu A (2009). Farklı Uydu Görüntü Verileri ile Meşcere Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması (Bartın-Mugada Örneği). Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Avola G, Gennaro S F D, Cantini C, Riggi E, Muratore F, Tornambè C, Matese A (2019). Remotely Sensed Vegetation Indices to Discriminate Field-Grown Olive Cultivars. *Remote Sensing*, 11: 1242- 1250.
- Ayaz M, Varol N (2015). İklim Parametrelerindeki Değişimlerin (Sıcaklık, Yağış, Kar, Nispi Nem, Sis, Dolu ve Rüzgar) Zeytin Yetiştiriciliği Üzerine Etkileri. *Zeytin Bilimi*, 5 (1): 33-40.
- Aydoğdu M, Yıldız H, Mermer A, Ünal E, Külen S, Avcı M (2017). Buğdayda Farklı Azot Uygulamalarının Verim ve Hiperspektral (Çok Bantlı) Yansıma Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Bacelar E A, Santos D L, Moutinho-Pereira J M, Gonçalves B C, Ferreira H F, Correia C M (2006). Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, 170, 596–605.
- Bacelar E A, Correia C M, Moutinho-Pereira J M, Gonçalves B C, Lopes J I, Torres-Pereira J M G (2014). Sclerophylly and Leaf Anatomical Traits of Five Field-Grown Olive Cultivars Growing Under Drought Conditions. *Tree Physiology*, 24: 233–239.
- Baghdadi N, Boyer N, Todoroff P, Hajj M E, Bégué A (2009). Potential of SAR Sensors TerraSAR-X, ASAR/ENVISAT and PALSAR/ALOS for Monitoring Sugarcane Crops on Reunion Island. *Remote Sensing of Environment*, 113: 1724–1738.
- Baldini E, Facini O, Nerozzi F, Rossi F, Rotondi A (1997). Leaf characteristics and optical properties of different woody species. *Trees*, 12: 73-81.
- Balik Sanli F, Abdikan S (2006). Comparing A Stereoscopic Dem With An Interferometric Dem Using The Same Radarsat Data Pair. ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes", 69-75, Enschede, the Netherlands.
- Ban Y (1996). Synthetic Aperture Radar For A Crop Information System: A Multipolarization and Multitemporal Approach. PhD, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
- Bargiel D (2017). A new method for crop classification combining time series of radar images and crop phenology information. *Remote Sensing of Environment*, 198: 369–383.
- Barrs, H.D (1968). Water deficits and plant growth, Ed. T.T. Kozlowski, Vol.1, 235-368 pp, Academic Press, NewYork.

- Barták M., Hájek J., Amarillo A. C. (2016). Changes In Spectral Reflectance Of Selected Antarctic And South American Lichens Caused By Dehydration and Artificially-Induced Absence of Secondary Compounds. *Czech Polar Reports* 6.
- Başayığıt L, Ersan R (2013). Isparta Güllü (*Rosa damascena Mill.*) Klorofil İçeriğinin Hiperspektral Algılama Teknikleriyle Tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2): Özel Sayı 18-22.
- Benítez M L, Pedrajas V M, del Campillo M C, Torrent J (2002). Iron Chlorosis in Olive in Relation to Soil Properties. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 47–52.
- Bergen K M, Dobson M C (1999). Integration of Remotely Sensed Radar Imagery in Modeling and Mapping of Forest Biomass and Net Primary Production. *Ecological Modelling*, 122: 257–274.
- Berni, J. A. J., Zarco-Tejada, P. J., Suárez, L., Fereres, E., Berni, J. A. J., & Zarco-Tejada, P. J. (2008). IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing 1 Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle. 47(3), 1–17.
- Blanco M, Villarroya I (2002). NIR Spectroscopy: A Rapid-Response Analytical Tool. *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 21: No 4, 240-250.
- Blumberg, D. G. (2007). High Resolution X-Band SAR Imagery For Precise Agriculture And Crop Monitoring. European Space Agency, (Special Publication) ESA SP, (SP-644).
- Bousbih S, Zribi M, Lili-Chabaane Z, Baghdadi n, El Hajj M, Gao Q, Mougenot B (2017). Potential of Sentinel-1 Radar Data for the Assessment of Soil and Cereal Cover Parameters. *Sensors*, 17(11): 2617; <https://doi.org/10.3390/s17112617>
- Boussadia O, Mariem F B, Mechri B, Boussetta W, Braham M, Hadj S B E (2008). Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). *Scientia Horticulturae* 116: 388–393.
- Brodu, N (2017). Super-Resolving Multiresolution Images with Band-Independant Geometry of Multispectral Pixels. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, pp.1 - 17.
- Butcher, G. (Ed.). (n.d.). www.nasa.gov (Third edit). National Aeronautics and Space Administration in Washington, DC.
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J (2017). Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief* 12, 662-666. DOI: doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007
- Campbell J B, Wynne R H (2011). Introduction to Remote Sensing Fifth Edition. The Guilford Press, 684 p, New York, United States of America.
- Capodici F, D’Urso G, Maltese A (2013). Investigating the Relationship between X-Band SAR Data from COSMO-SkyMed Satellite and NDVI for LAI Detection. *Remote Sensing*, 5: 1389-1404.
- Ceccato P, Flasse S, Tarantola S, Jacquemoud S, Gre’Goire J (2001). Detecting Vegetation Leaf Water Content Using Reflectance in The Optical Domain. *Remote Sensing Of Environment*, 77: 22– 33.
- Cengil B (2009). İklim Değişiminin Büyük Menderes Havzasında Zeytin Yetiştirme Alanları Üzerine Etkisi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir.

- Clark M L (1998). An Analysis of Western Olympic Peninsula Forest Structure Using Combined Synthetic Aperture Radar and Landsat Thematic Mapper Images. Master's Thesis, University of Washington, Washington.
- Clevers J G P W, Kooistra L, Brande M M M (2017). Using Sentinel-2 Data for Retrieving LAI and Leaf and Canopy Chlorophyll Content of a Potato Crop. *Remote Sensing*, 9:, 405-440.
- Cotlier C, Brisco B, Mondino M C, Grasso R, Vicioso B, Lo'pez D A G, Cornero C, Balparda L R (2011). Use of Radarsat-2 ultra-fine images in horticulture - intensive farming: land use detection and crop discrimination. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 37: No. 1, 37- 44.
- Crops, F., Crops, F., Protection, P., Biotechnology, A., & Author, C. (2001). Efficiency of Different Chemometric Methods For. 788–793.
- Çakal M A, Özlü A, Birhan H (2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama'ya (UA) Giriş. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No 93, 115 S, Erzurum.
- Çamoglu G, Kaya U, Akkuzu E, Genc L, Gurbuz M, Pamuk Mengu G, Unal K (2013). Prediction of Leaf Water Status Using Spectral Indices for Young Olive Trees. *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 22 – No 9a, 2713- 2720.
- Çamoğlu G (2010). Farklı Su Stresi Düzeylerinde Mısır Bitkisinin Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- 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
- Çölkesen, İ, Yomralıoğlu T (2014). Arazi Örtüsü ve Kullanımının Haritalanmasında WORLDVIEW-2 Uydu Görüntüsü ve Yardımcı Verilerin Kullanımı. *Harita Dergisi*, 152: 12-24.
- Davidse J (2015). The relation between the NDVI and backscatter of Sentinel-1 for sugarcane monitoring (Case study in South Africa). Master Geo-Information Science Internship Report, Wageningen University, Wageningen.
- Delgado ve ark.(2018), Using Sentinel 2A images to analyze temporal variation of estimated chlorophyll content in olive groves and its relationship to phenological stages, 4th International Conference on GIS and Remote SensingAt: Berlín, Germany
- Derele, M A (2018). “Web Tabanlı Google Earth Engine Ile NDVI Zaman Serisi Analizi : Şanlıurfa İl Merkezi Örneği NDVI Time Series Analysis with Web Based Google Earth Engine : The Case of Şanlıurfa Province Center.” (December).
- Demirel K, Çamoğlu G, İnalpulat M, Kahrıman F, Genç L (2014). Tuz ve Potasyum Uygulamalarının Mısırın Yaprak Su Durumu ile Bazı Agronomik ve Yansıma Özelliklerine Etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 1–9.
- Deveci, M ve Uyan, B (2011). Değişik Vejetasyon Dönemlerinde Farklı Su Kısıtlarının Ispanakta Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi, Türkiye VI.Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 279-285, Şanlıurfa

- Dhanda, S.S., Sethi, G.S (2002). Tolerance to drought stress among selected indian wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science*, 139: 319–326.
- Dinesh K.S., Raj S (2013). Radar Vegetation Index As An Alternative To Ndvi For Monitoring of Soyabean and Cotton, *Indian Cartographer*, Vol. XXXIII, DOI:10.5817/Cpr2016-2-20.
- Donna L D, Mazzotti F, Salerno R, Tagarelli A, Taverna D, Sindona G (2007). Characterization of new phenolic compounds from leaves of *Olea europaea* L. by high-resolution tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 21: 3653–3657.
- Donna L D, Mazzotti F, Naccarato A, Salerno R, Tagarelli A, Taverna D, Sindona G (2010). Secondary metabolites of *Olea europaea* leaves as markers for the discrimination of cultivars and cultivation zones by multivariate analysis. *Food Chemistry*, 121: 492–496.
- Durna S (2014). Denizlerdeki Yağ Tabakasının Tespitinde Radar Görüntülerinin Kullanımı. Denizcilik Uzmanlık Tezi, Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Efe R, Soykan A, Sönmez S, Cürebal İ (2009). Sıcaklık Şartlarının Türkiye’de Zeytinin (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*) Yetiştirilmesine, Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerine Etkisi. *Ekoloji* 18, 70: 17-26.
- Efe R, Soykan A, Cürebal İ, Sönmez S (2013). Dünya’da, Türkiye’de, Edremit Körfezi Çevresinde Zeytin ve Zeytinyağı. *Edremit Belediyesi*, 335 s, Balıkesir.
- Ekercin S (2007). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu ile Tuz Gölü ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- El-Shirbeny1 M A, Abutaleb K (2017). Sentinel-1 Radar Data Assessment to Estimate Crop Water Stress. *World Journal of Engineering and Technology*, 5: 47-55.
- Elwesemy A F, Abdelghany A N, Abohadid A F, Aboelghar M A (2016). Assessment of the Spectral Characteristics of Different Physiological Stages of Some Olive cvs and Its Relation with Productivity. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5: Issue 3, 1580-1591.
- Engdahl, M (2013). Multitemporal InSAR in land-cover and vegetation mapping. In Thesis.
- Erbay Y (2005). Uydu Görüntüleri Rehber Kıtıapçığı. Nik Sistem, İstanbul.
- Erbay A Y (2014). Farklı Özellikleriyle Yeni Nesil Dünya Gözlem Uyduları ve Kullanım Alanları. 5.Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, <https://www.kongresistemi.com/root/dosyalar/uzalcbs2014/326.pdf>, (erişim tarihi, 15.05.2019).
- Erdal B, Vural H (2017). Türkiye’de Zeytin Pazarlama Yapısı: Pazarlama Marjının Ekonometrik Analizi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 31, Sayı 2: 37-44.
- Erten E, Lopez-Sanchez J M, Yuzugullu O, Hajnsek I (2016). Retrieval of agricultural crop height from space: A comparison of SAR techniques. *Remote Sensing of Environment*, 187: 130–144.
- Esetlili M T (2008). Sentetik Açıklıklı Radar (Mikrodalga) Uydu Görüntüleri Kullanılarak Toprak Özelliklerinin Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Etöz, M., Sökmen Ö., Yüceer G (2016). "Monitoring and Usage Areas of Phenological Growth Stages with BBCH Scale on Olive Trees (*Olea Europaea*)." 313–18.
- Faraloni, C, Cutino I, Petruccelli R, Leva A R, Lazzeri S, Torzillo G (2011). "Chlorophyll Fluorescence Technique as a Rapid Tool for in Vitro Screening of Olive Cultivars (*Olea Europaea* L.) Tolerant to Drought Stress." *Environmental and Experimental Botany* 73(1):49–56.
- Farzi, R, Gholami M, Baninasab B (2017). "Water-Retention Additives' Effects on Plant Water Status and Some Physiological Parameters of Two Olive Cultivars under Reduced Irrigation Regimes." *Acta Physiologiae Plantarum* 39(6).
- Ferrazoli P, Paloscia C, Pampaloni P, Schiavon G, Solimini D, Coppo P (1992). Sensitivity of Microwave Measurements to Vegetation Biomass and Soil Moisture Content: A Case Study. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 30: No. 4, 750-756.
- Ferrazzoli P, Member, IEEE, Guerriero L, Schiavon G (1999). Experimental and Model Investigation on Radar Classification Capability. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37: No.2, 960-968.
- Fieuzal R, Baup F, Marais-Sicre C (2013). Monitoring Wheat and Rapeseed by Using Synchronous Optical and Radar Satellite Data—From Temporal Signatures to Crop Parameters Estimation. *Advances in Remote Sensing*, 2, 162-180, Toulouse.
- Frison P-L, Fruneau B, Kmiha S, Soudani K, Dufrêne E, Toan T L, Koleček T, Villard L, Mougin E, Rudant J-P (2018). Potential of Sentinel-1 Data for Monitoring Temperate Mixed Forest Phenology. *Remote Sensing*, 10: 2049- 2058.
- Gao S, Niu Z, Huang N, Hou X (2013). Estimating the Leaf Area Index, Height and Biomass of Maize Using HJ-1 and RADARSAT-2. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 24: 1–8.
- Gergerli, B.(2008).AB'de Entegre İdare ve Kontrol Sistemi Bilgi Teknolojileri (IT) Yapısı, Ödeme Kuruluşu Altyapısı İle Olan İlişkisi ve Etkileri, Türkiye'de Uygulanabilirliği, Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Gómez, M. G. C. (2017). Joint use of {Sentinel}-1 and {Sentinel}-2 for land cover classification: {A} machine learning approach. (18), 72.
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*.
- Greidanus H, Santamaria C (2014). First Analyses of Sentinel-1 Images for Maritime Surveillance. Publications Office of the European Union, 56 pp, Luxembourg.
- Govender, M, Dye P J, Weiersbye I M, Witkowski E T F, Ahmed F (2009). "Review of Commonly Used Remote Sensing and Ground-Based Technologies to Measure Plant Water Stress." *Water SA* 35(5):741–752.
- Güngör, H (1985). Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 1985 Yılı Raporu, Eskişehir.
- Ha N T T, Thao N T P, Koike K, Nhuan M T (2017). Selecting the Best Band Ratio to Estimate

- Chlorophyll-a Concentration in a Tropical Freshwater Lake Using Sentinel 2A Images from a Case Study of Lake Ba Be (Northern Vietnam). *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 6: 290-303.
- Haagsma M (2015). Crop Monitoring with Radar Correlation Between SAR Polarimetric Response and Vegetation Indices. Delft University of Technology, 127p, Delft, The Netherlands.
- Hacıağaoğlu B (2013). Uydu Görüntüleri İle Peyzaj Tiplerinin Belirlenmesinde Mekansal Çözünürlüğün Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hetz, M, Blumberg, D G, Rotman, S R (2011). Estimation of Semi-Arid Vegetation Parameters From Synthetic Aperture Radar Data. Department of Geography & Environmental Development, Ben-Gurion University of the Negev, Beersheba
- Horning, N (2004). Understanding pixels, bands and channels (Version 1.0.). American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation, <http://biodiversityinformatics.amnh.org>, (Erişim Tarihi: 03.01.2019).
- Hozman S (2016). Su Stresi ve Osmoprotektan Uygulamalarının Kestane Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Özellikler Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın.
- Hsiao, T C (1973)) Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 519-570.
- Huang Y, Walker J P, Gao Y, Wu X, Monerris A (2016). Estimation of vegetation water content from the radar vegetation index at L-band. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54 (2): 981 – 989.
- Ianninia L, Molijn R A, Hanssen R F (2013). Integration of Multispectral and C-Band SAR Data for Crop Classification. *SPIE Remote Sensing*, Volume 8887; doi:10.1117/12.2029330
- Ihuoma S O, Madramootoo C A (2017). Recent advances in crop water stress detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141: 267–275.
- Irak H (2009). Sar Sistem ve Teknolojileri. *Elektrik Mühendisliği*, 437: 86-90.
- İpek M (2015). In Vitro Şartlarda Garnem ve Myrobolan 29C Anaçlarının Kurak Stresine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Jacobson, A, Dhanota J, Godfrey J, Jacobson H, Rossman Z, Stanish A, Walker H, Riggio J (2015). “A Novel Approach to Mapping Land Conversion Using Google Earth with an Application to East Africa.” *Environmental Modelling and Software* 72:1–9.
- Jiang C, Johkan M, Hohjo M, Tsukagoshi S, Maruo T (2017). A Correlation Analysis on Chlorophyll Content and SPAD Value in Tomato Leaves. *Hortresearch*, No. 71, 37–42.
- Jiao X, McNairn H, Shang J, Liu J (2010). The Sensitivity Of Multi- Requency (X, C And L-Band) Radar Backscatter Signatures To Bio-Physical Variables (LAI) Over Corn And Soybean Fields. *ISPRS TC VII Symposium*, Vol. XXXVIII, Part 7B, 317-321, Vienna, Austria.

- Jin X, Xu X, Song X, Li Z, Wang J, Guo W (2013). Estimation of Leaf Water Content in Winter Wheat Using Grey Relational Analysis–Partial Least Squares Modeling with Hyperspectral Data. *Agronomy Journal*, 105:1385–1392.
- Jones, H G, Vaughan, R A (2010). Remote sensing of vegetation : principles, techniques, and applications. Oxford Universitesi, Oxford ; New York.
- Jong S M D, Meer F D V D (2004). Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain. Kluwer Academic Publishers, 359 p, Dordrecht.
- Kacar B, İnal A (2008) Bitki Analizleri. Nobel Yayın No:1241.
- Kahrıman F (2017). Mısır Yağında Yağ Asitlerinin UV-VIS Spektroskopisi ve Kemometrik Yöntemler Yardımıyla Tespit Edilmesi. *Journal of Food and Health Science*, 3(3): 82-89.
- Kahrıman F, Demirel K, Inalpulat M, Egesel C O, Genc L (2016). Using Leaf Based Hyperspectral Models for Monitoring Biochemical Constituents and Plant Phenotyping in Maize. *Journal of Agricultural Science and Technology*, Vol. 18: 1705-1718.
- Kahya O (2005). Landsat ETM Verisi Kullanılarak Arazi Örtüsünün Expert Sistem Yöntemiyle Sınıflandırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kalefetoğlu, Ekmekçi Y (2005). The Effects Of Drought On Plants and Tolerance Mechanisms (Review). *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4): 723-740.
- Kandemir E (2010). Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri İle Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Kara H H (2011). Farklı Hasat Dönemlerinde Ve Günün Belli Saatlerinde Toplanan Zeytin Çeşitlerinden Elde Edilen Yağların Uçucu Aroma Bileşenleri Değişiminin Araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karahan M (2015). Yapay Sinir Ağları Metodu İle İhracat Miktarlarının Tahmini: ARIMA ve YSA Metodunun Karşılaştırmalı Analizi . *Ege Akademik Bakış*, Cilt: 15, Sayı: 2, 165-172.
- Kaya Ş (1999). Uydu Görüntüleri ve Sayısal Arazi Modeli Kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu- Işıklar Dağı Kesiminin Jeomorfolojik- Jeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya U (2010). Zeytin Ürün Rekoltesinin Belirlenmesinde Çok Parametrelili Yaklaşım Urala (İzmir) Örneği. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Kaynaş N, Sütçü A R, Fidan A E (1996). Zeytinde Adaptasyon (Marmara Bölgesi). Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yayın No 82, 27 s, Yalova.
- Kefi M, Pham T D, Kashiwagi K, Yoshino K (2016). Identification of irrigated olive growing farms using remote sensing techniques. *Euro-Mediterr J Environ Integr*, 1:3, DOI 10.1007/s41207-016-0004-7.
- Khanna-Chopra, R, Sinha, K S (1991). Genetic aspects of water relations and drought resistant in crops. *Biochemical Aspects of Crop Improvement*. (Ed. Khanna-Chopra, R.), CRC Press, Boston, USA, 153-168pp.

- Kırnak, H, Demirtaş, M N (2002). Su Stresi Altındaki Kiraz Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33 (3), 265-270.
- Kıvrak, M (2016). Zeytin Bahçelerinde Sulama. http://mucahitkivrak.baun.edu.tr/index_dosyalar/sulama.pdf (Erişim: 1.4.2019)
- Kim Y, Jackson T, Fellow, IEEE, Bindlish R, Member S, IEEE, Lee H, Hong S (2012). Radar Vegetation Index for Estimating the Vegetation Water Content of Rice and Soybean. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, Vol. 9, No. 4, 564- 568.
- Kocadağlı A Y (2009). Türkiye’de Zeytincilik Faaliyetlerinde Edremit Körfezi Kıyılarının Önemi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, Sayı 19: 28-58
- Koppe, W (2013). Crop Growth Monitoring by Hyperspectral and Microwave Remote Sensing. Retrieved from http://kups.ub.uni-koeln.de/5562/1/2013_Diss_Koppe_D0.35_600_A5.pdf
- Köksal E S (2006). Sulama Suyu Düzeylerinin Şekerpancarının Verim, Kalite ve Fizyolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin, İnfrared Termometre ve Spektoradyometre İle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köse M H (2006). Uydu Radar Görüntülerinden Üç Boyutlu Sayısal Arazi Modelin Üretilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kumar S D, Rao S S, Sharma J R (2013). Radar Vegetation Index as an Alternative to NDVI for Monitoring of Soyabean and Cotton. Indian Cartographer, Vol. XXXIII: 91-96.
- Kun-Shan C. (2016), Principles of Synthetic Aperture Radar Imaging: A System Simulation Approach, CRC Press, Boston, USA
- Kurucu Y, Esetlili M T, Balık Şanlı F, Hussın Y A (2008). Toprağın Değişen Nem Düzeylerinin SAR (Radar) Uydu Görüntüleri İle Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma. İzmir.
- Laurila H (2013). Spring Wheat (Triticum Aestivum L.) Ideotype Responses To Elevated CO2 and Temperature Levels - A Cereal Yield Modeling Study Using Satellite Information. PhD Thesis, Department Of Agricultural Sciences Publication No. 17, Helsinki.
- Laurila H, Karjalainen M, Hyypä J, Kleemola J (2010). Integrating Vegetation Indices Models and Phenological Classification with Composite SAR and Optical Data for Cereal Yield Estimation in Finland (Part I). Remote Sensing, 2: 76-114.
- Lavender S, Lavender A (2016). Practical Handbook of Remote Sensing. CRC Press Taylor & Francis Group, 236 p, Boca Raton.
- Leo’ n L, Downey G (2006). Preliminary studies by visible and near-infrared reflectance spectroscopy of juvenile and adult olive (Olea europaea L.) leaves. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86:999–1004.
- Liang S (2004). Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces. John Wiley Kr Sons, Inc, 534 p, Hoboken, New Jersey.
- Lillesand T M, Kiefer R W, Chipman J W (2004). Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Inc, 763 p, Hoboken, United States of America.

- Ling Q, Huang W, Jarvis P (2011). Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. *Photosynth Res*, 107:209–214.
- Liu, C (2016). Analysis of Sentinel-1 SAR data for mapping standing water in the Twente region. University of Twente - ITC. Retrieved from http://www.itc.nl/library/papers_2016/msc/wrem/cliu.pdf
- López-López M, Calderón R, González-Dugo V, Zarco-Tejada P J, Fereres E (2016). Early Detection and Quantification of Almond Red Leaf Blotch Using High-Resolution Hyperspectral and Thermal Imagery. *Remote Sensing*, 8: 276- 298.
- Lopez-Sanchez J.M (2013). Agriculture: Phenology Retrieval, Universitat D'alacant, 2nd Advanced Course On Radar Polarimetry.
- Louis J, Debaecker V, Pflug B, Main-korn M, Bieniarz J (2016). SENTINEL-2 SEN2COR : L2A PROCESSOR FOR USERS. 2016(May), 9–13.
- Ma Q (2013). Application Of Radarsat-2 Polarimetric Data for Land Use and Land Cover Classification and Crop Monitoring in Southwestern Ontario. Master Thesis, The University of Western Ontario London, Ontario.
- Ma Q, Wang J, Shang J, Wang P (2013). Assessment of Multi-temporal RADARSAT-2 Polarimetric SAR Data for Crop Classification in an Urban/Rural Fringe Area. 2nd International Conference on Agro-Geoinformatics: Information for Sustainable Agriculture, Agro-Geoinformatics, 314–319.
- Mahdianpari M, Salehi B, Mohammadimanesh F, Homayouni S, Gill E (2019). The First Wetland Inventory Map of Newfoundland at a Spatial Resolution of 10 m Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data on the Google Earth Engine Cloud Computing Platform. *Remote Sensing*, 11: 43- 69.
- Maimaitiyiming M, Ghulam A, Bozzolo A, Wilkins J L, Kwasniewski M T (2017). Early Detection of Plant Physiological Responses to Different Levels of Water Stress Using Reflectance Spectroscopy. *Remote Sensing*, 9: 745; doi:10.3390/rs9070745
- Maktav, D. ve Sunar, F. (1991). Uzaktan algılama: Kantitatif yaklaşım. Hürriyet Ofset A.Ş., İstanbul
- Mancuso S, Pasquali G, Fiorino P (2002). “Phenology Modelling and Forecasting in Olive (*Olea Europaea* L.) Using Artificial Neural Networks.” *Advances in Horticultural Science* 16, January:155–64.
- Mascolo L (2014). Polarimetric SAR for The Monitoring of Agricultural Crops. PhD, Università degli Studi di Cagliari Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Cagliari, Italy.
- Masmoudi C C, Ayachi M M, Gouia M, Laabidi F, Reguaya S B, Amor A Q, Bousnina M (2010). Water relations of olive trees cultivated under deficit irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*, 125:573–578.
- McNairn H, Brisco B (2004). The application of C-band polarimetric SAR for agriculture: a review. *Can. J. Remote Sensing*, Vol. 30: No. 3, pp. 525–542.
- Medasani S, Reddy G U (2017). Analysis and Evaluation of Speckle Filters for Polarimetric Synthetic Aperture Radar (PolSAR) Data. *International Journal of Applied Engineering Research*, Volume 12, Number 15, 4916-4927.

- Moreira A, Prats-iraola P, Younis M, Krieger G, Hajnsek I, Papathanassiou K P (2013). A tutorial on synthetic aperture radar. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, V 1, 1: 6-43.
- McNairn H, Champagne C, Shang J, Holmstrom D, Reichert G, (2009). Integration of Optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) Imagery for Delivering Operational Annual Crop Inventories. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 64(5): 434-449.
- McNairn H, Powers J, Shang J, Merzouki A, Pacheco A. *Sar For Agriculture - Research And Development at AAFC. SAR Applications At Agriculture And Agri-Food Canada*, 24p, Canada.
- McNairn H, Powers J, Jiali S, Merzouki A, Pacheco A, Fiset T, Wiseman G, Homayouni S, Hosseini M (2014). *SAR for Agriculture, Science And Technology Branch, Agriculture And Agri-Food, Canada*.
- Min M, Lee W S (2005). Determination of Significant Wavelengths and Prediction of Nitrogen Content for Citrus. *American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 48(2): 455-461.
- Mitchell A L, Tapley I, Milne A K, Williams M, Lowell K (2012). Radar processing methodologies for the generation of wall-to-wall mosaics. *IFCI Research Alliance*.
- Moran M S, Hymer D C, Qi J, Kerr Y (2002). Comparison of ERS-2 SAR and Landsat TM imagery for monitoring agricultural crop and soil conditions. *Remote Sensing of Environment*, 79: 243-252.
- Moran M S, Alonso L, Moreno J F, Mateo M P C, Cruz D F, Montoro A (2012). A RADARSAT-2 Quad-Polarized Time Series for Monitoring Crop and Soil Conditions in Barrax, Spain. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 50: No. 4, 1057-1070.
- Mulla D J (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114: 358 - 371.
- Musaoğlu N (1999). *Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Nasirzadehdizaji R, Balik Sanli F, Abdikan S, Cakir Z, Sekertekin A, Ustuner M (2019). Sensitivity Analysis of Multi-Temporal Sentinel-1 SAR Parameters to Crop Height and Canopy Coverage. *Applied Sciences*, 9: 655- 672.
- Navarro A, Rolim J, Miguel I, Catalão J, Silva J, Painho M, Vekerdy Z (2016). Crop Monitoring Based on SPOT-5 Take-5 and Sentinel-1A Data for the Estimation of Crop Water Requirements. *Remote Sensing*, 8: 525- 545.
- Neil R., Multi-Temporal Analysis Of Community Scale Vegetation Stress With Imaging Spectroscopy, <https://researchspace.auckland.ac.nz/handle/2292/539?show=full> (Erişim Tarihi: 12.10.2017)
- Nıglas A., Papp K., Sękiewicz M., Ve Ark.(2017). Short-Term Effects Of Light Quality On Leaf Gas Exchange And Hydraulic Properties Of Silver Birch (*Betula Pendula*), *Tree Physiology*. 37. Doi: 10.1093/Treephys/Tpx087
- Oliver C, Quegan S (2004). *Understanding Synthetic Aperture Radar Images*. SciTech Publishing, Inc., 506 p, United States of America.

- Ona İ, Kahrıman F, Baytekin H (2016). Mısırdı Nem İçeriğinin Yakın Kızıl Ötesi (NIR) Spektroskopisi ile Tespitinde Farklı Kemometrik Yöntemlerin Etkisinin Belirlenmesi. OMÜ Ziraat Fakóltesi Dergisi, 4 (2): 117–124.
- Osborne C P, Chuine I, Viner D, Woodward F I (2000). “Olive Phenology as a Sensitive Indicator of Future Climatic Warming in the Mediterranean.” *Plant, Cell and Environment*, 23(7):701–10.
- Oteros J, García-Mozo H, Vázquez L, Mestre A, Domínguez-Vilches E, Galán C (2013). Modelling olive phenological response to weather and topography. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 179 : 62– 68.
- Owen M T R (2014). The response of native Australian seedlings to heat and water stress. License thesis, Institute of Applied Ecology University of Canberra, Australia.
- Örmeci C, Algancı A, Sertel E (2010). Identification Of Crop Areas Using Spot – 5 Data, Fig Congress, Sydney.
- Özen F (2010). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri ile Ege Bölgesi Koşullarında Zeytin Dikili Alanların Haritalanmasında Kullanılabilecek En Uygun Yöntem Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Özelkan E (2014). Trakya Bölgesi Bağ Alanlarının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri ile İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, İstanbul.
- Özküralplı İ (2006). Trakya Meriç Havzasındaki Çeltik Ekili Alanlarda Ürün Gelişiminin Çok Zamanlı Radar Uydu Görüntü Verileri Yardımıyla İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Padem H, Göksu A, Konaklı Z (2012). Araştırma Yöntemleri, SPSS Uygulamalı. 10.13140/2.1.3218.0805.
- Paloscia S, Macelloni G, Pampaloni P, Sigismondi S (1999). The Potential of - and -Band SAR in Estimating Vegetation Biomass: The ERS-1 and JERS-1 Experiments. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37: No. 4, 2107- 2110.
- Pask A, Pietragalla J, Mullan D, Reynolds M H (2011). Wheat Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), 132 p, Mexico.
- Peñuelas J, Filella I, Biel C, Serrano L, Savé R (1993). The Reflectance At The 950–970 Nm Region As An Indicator Of Plant Water Status. *International Journal Of Remote Sensing*, 14:10, 1887-1905.
- Penuelas J, Pinol J, Ogaya R, Filella I (1997). Estimation of Plant Water Concentration by The Reflectance Water Index WI (R900/R970). *International Journal of Remote Sensing*, 18:13, 2869-2875.
- Planet Team (2018). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>.
- Podest E (2017), Basics of Synthetic Aperture Radar(SAR), <https://www.nasa.gov> (Erişim Tarihi: 27.11.2017)

- Polat E, Günay S (2009). Kısmi En Küçük Kareler ve Bir Uygulama. VI. İstatistik Günleri Sempozyumu, 437-444, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Pouyafard N (2013). Kıyı Ege Koşullarında Yetiştirilen Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Pouyafard N, Akkuzu E, Kaya U (2016). Kıyı Ege Koşullarında Yetiştirilen Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 13: 88-98.
- Ptushenko V V, Avercheva O V, Bassarskaya E M (2015). Possible Reasons of A Decline in Growth of Chinese Cabbage Under A Combined Narrowband Red And Blue Light in Comparison with İllumination By High-Pressure Sodium Lamp. Scientia Horticulturae, Volume 19, Pages 267-277, Doi:10.1016/J.Scienta.2015.08.021.
- Ptushenko V V, Ptushenko O S, Tikhonov A N (2014). Chlorophyll Fluorescence İnduction, Chlorophyll Content, and Chromaticity Characteristics of Leaves as İndicators of Photosynthetic Apparatus Senescence in Arboreous Plants. Biochemistry (Moscow) Volume 79, Pages 260-272. DOI 10.1134/S0006297914030122.
- Rallo G, Minacapilli M, Ciraolo G, Provenzano G (2014). Detecting crop water status in mature olive groves using vegetation spectral measurements. Biosystems Engineering, XXX: 1-17.
- Reis S (2003). Çevresel Planlamalara Altlık Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulanması: Trabzon İl Bilgi Sistemi (TİBİS) Modeli. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Richards J A (2013). Remote Sensing Digital Image Analysis An Introduction Fifth Edition. Springer-Verlag, 494 p, Berlin.
- Rojo, J, Pérez-Badia R (2014). Effects of Topography and Crown-Exposure on Olive Tree Phenology. Trees - Structure and Function, 28(2):449–59.
- Sanz-Cortés, F, Martinez-Calvo J, Badenes M L, Bleiholder H, Hack H, Llacer G, Meier U (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). Annals of Applied Biology, 140(2), 151–157. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2002.tb00167.x>
- Saich P, Borgeaud M (2000). Interpreting ERS SAR Signatures of Agricultural Crops in Flevoland, 1993–1996. IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 38: No. 2, 651- 657.
- Salgın Ö (2007). Farklı Uzunluktaki Bazlarda Ticari Gps Yazımlarının Bernesse Yazılımı İle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi Ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Konya.
- Santi E, Pettinato S, Paloscia S, Brogioni M, Fontanelli G, Pampaloni P, Macelloni G, Montomoli F (2011). The Potential of Multi-Temporal Cosmo-SkyMed SAR Images in Monitoring Soil and Vegetation. In Proceedings of IGARSS IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vancouver, BC, Canada.
- Saygılı A (2008). SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) Verilerinden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluğunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Schlemmer M R, Francis D D, Shanahan J F, Schepers, J S, (2005). Remotely Measuring Chlorophyll Content in Corn Leaves with Differing Nitrogen Levels and Relative Water Content. *Agronomy & Horticulture*, Paper 1, 106-112.
- Sentinel-1 Team (2013). Sentinel-1 User Handbook. European Space Agency (ESA), Reference GMES-S1OP-EOPG-TN-13-000. P:80
- Sepulcre-Canto' G, Zarco-Tejada P J, Jime'nez-Mun'oz J C, Sobrino J A, Miguel E de, Villalobos F J (2006). Detection of water stress in an olive orchard with thermal remote sensing imagery. *Agricultural and Forest Meteorology*, 136, 31–44
- Sertel, E. (2010). Cisimlerin Spektral Yansıtması Elektromagnetik Spektrum. 1–16.
- Shelestov A, Lavreniuk M, Kussul N, Novikov A, Skakun S (2017). “Exploring Google Earth Engine Platform for Big Data Processing: Classification of Multi-Temporal Satellite Imagery for Crop Mapping.” *Frontiers in Earth Science* 5(February):1–10.
- Shitole S, Deo R, Rao Y, Buddhiraju K M (2012). Evaluation of Speckle Filters based on Separability and Polarimetry Index. (February).
- Sonobe R, Yamaya Y, Tani H, Wang X, Kobayashi N, Mochizuki K (2017). Assessing the suitability of data from Sentinel-1A and 2A for crop classification. *GIScience & Remote Sensing*, Volume 54: Issue 6, 1-21.
- Strand H, Höft R, Stritholt J, Horning N, Miles L, Fosnight E, Turner W (2007). Sourcebook on Remote Sensing and Biodiversity Indicators. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series no. 32, 203 p, Montreal, Quebec, Canada.
- Sunar F, Özkan C, Osmanoğlu B (2016). Uzaktan Algılama. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1317, 210s, Eskişehir.
- Sun P, Grignetti A, Liu S, Casacchia R, Salvatori R, Pietrini F, Loreto F, Centritto M (2008). Associated changes in physiological parameters and spectral reflectance indices in olive (*Olea europaea* L.) leaves in response to different levels of water stress. *International Journal of Remote Sensing*, 29:6, 1725-1743.
- Sun P, Wahbi S, Tsonev T, Haworth M, Liu S, Centritto M (2014). On the Use of Leaf Spectral Indices to Assess Water Status and Photosynthetic Limitations in *Olea europaea* L. during Water-Stress and Recovery. *PLoS ONE* 9(8): e105165. doi:10.1371/journal.pone.0105165
- Şirin S (2013). Memecik Zeytin Çeşidinde (*Olea europaea* L. Cv. “Memecik”) Kaolin ve Glisin Betain Uygulamalarının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın.
- Takma Ç, Atıl H, Aksakal V (2012). Çoklu Doğrusal Regresyon ve Yapay Sinir Ağı Modellerinin Laktasyon Süt Verimlerine Uyum Yeteneklerinin Karşılaştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18 (6): 941-944.
- Tanrıtanır E (2013). Uzaktan Algılama. Geometrik Mühendisliği Paylaşım Platformu, 17 p.
- Tao L, Li J, Jiang J, Chen X, Cai Q (2016). A modified vegetation backscattering model for leaf area index retrieval from SAR time series. *International Journal of Remote Sensing*, 37:24, 5884-5901.
- Teekapakvısit, T (2010). Crop Identification Using Radarsat-2 Multi-Polarization Data. Institute Of Space Knowledge Development, Bangkok.

- Teekapakvisit T (2010). Crop identification using radarsat-2 multi-polarization data a case study of Lopburi Province, Thailand C3. 31st Asian Conference on Remote Sensing 2010, ACRS 2010, 2, 1095–1099, Hanoi, Vietnam.
- Thenkabail P.S. (2016). Remotely Sensed Data Characterization, Classification, and Accuracies. CRC Press, 662 p, Boca Raton, USA.
- Tighe M L, King D, Balzter H, Bannari A, McNairn H (2012). Airborne X-HH Incidence Angle Impact On Canopy Height Retrieval: Implications For Spaceborne X-HH Tandem-X Global Canopy Height Model. XXII ISPRS Congress, Volume XXXIX-B7, 91-96, Melbourne, Australia.
- Toan T L (2007). SAR Images Statistics and Preprocessing SAR Measurement Statistical Properties and Data. Advanced Training Course on Land Remote Sensing, ESA, 30 p.
- Tricht K V, Gobin A, Gilliams S, Piccard I (2018). Synergistic use of radar Sentinel-1 and optical Sentinel-2 imagery for crop mapping: a case study for Belgium. *Remote Sensing*, 10(10): 1642; <https://doi.org/10.3390/rs10101642>
- Trouve E, Lee J S, Buzuloiu V (2006). "Intensity-Driven Adaptive-Neighborhood Technique for Polarimetric and Interferometric SAR Parameters Estimation", IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 44, No. 6.
- Tucker C J (1980). Remote Sensing of Leaf Water Content in the Near Infrared. *Sensing Of Environment*, 10: 23-32.
- Usul M (2010). Arazi Kalite Parametrelerinin Buğday Ürün Rekoltesi Üzerine Etkilerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Belirlenmesi, Altınova Tarım İşletmesi Örneği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uysal E, Akçay M E (2015). Farklı azot uygulamalarının deveci armut çeşidinde meyvelerde mineral madde içeriği üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(1):19-26.
- Ün C (2006). İstanbul İli Orman Kaynaklarında Meydana Gelen Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Üstüner M, Bal Ö . Sentinel-1A SAR Görüntüsü ile Arazi Örtüsü ve Kullanılması ve Sınıflandırılması, İstanbul Örneği, Land Use and Cover Classification of Sentinel-1A SAR Imagery : A Case Study of Istanbul.
- Xue J, Su B (2017). Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>
- Wu W (2014). The Generalized Difference Vegetation Index (GDVI) for Dryland Characterization. *Remote Sensing*, 6: 1211-1233.
- Vasile G, Trouvé E, Lee J, Buzuloiu V (2006). Intensity-Driven Adaptive-Neighborhood Technique for Polarimetric and Interferometric SAR Parameters Estimation. IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing, Vol. 44: No 6, 1609- 1621.
- Veci, L. (2016). SENTINEL-1 Toolbox SAR Basics Tutorial. Array Systems Computing Inc. 19 p.
- Veloso A, Mermoz S, Bouvet A, Toan T L, Planells M, Dejoux J-F, Ceschia E (2017). Understanding the temporal behavior of crops using Sentinel-1 and Sentinel-2-like data for agricultural applications. *Remote Sensing of Environment*, 199: 415–426.

- Vreugdenhil M, Wagner W, Bauer-Marschallinger B, Pfeil I, Teubner I, Rüdiger C, Strauss P (2018). Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study. *Remote Sensing*, 10: 1396- 1414.
- Yılmaz S (2011). Çok Bantlı Uydu Görüntülerinden Parsel Bazında Coğrafi Bilgi Sistemi Özellikli Urun Deseni Katmanı Oluşturulabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Yılmaztürk S (2015). SBAS-InSAR Yöntemiyle Düşey Yönlü Yüzey Deformasyonlarının Belirlenmesi: Bursa-Orhaneli Linyit Madeni Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yong-Hyun K, Jae-Hong O, Yong K (2014). Comparative Analysis of the Multispectral Vegetation Indices and the Radar Vegetation Index. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 32: No. 6, 607-615.
- Yorulmaz A, Erinc H, Tatlı A, Tekin A (2017). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Gemlik Çeşidi Zeytinlerde *Verticillium* Solgunluğunun Zeytinyağı Kalite Parametreleri ve Fenolik Bileşenlere Etkisi. *Gıda*, 42 (2): 197-203.
- Zarco-Tejada P J, González-Dugo M V, Fereres E (2016). Seasonal Stability Of Chlorophyll Fluorescence Quantified From Airborne Hyperspectral Imagery As An Indicator Of Net Photosynthesis in the Context of Precision Agriculture. *Remote Sensing Of Environment*, Volume 179, Pages 89–103. Doi: 10.1016/J.Rse.2016.03.024
- Zeltner N (2016). Using the Google Earth Engine for Global Glacier Change Assessment. Master's thesis, University of Zurich Faculty of Science, Zurich.
- Zhang T, Su J, Liu C, Chen W, Liu H, Liu G (2017). Band selection in SENTİNEL-2 satellite for agriculture applications. 23rd International Conference on Automation & Computing (ICAC), Huddersfield, UK.
- Zhang Q, Li Q, Zhang G (2012). Rapid Determination of Leaf Water Content Using VIS/NIR Spectroscopy Analysis with Wavelength Selection. *Hindawi Publishing Corporation Spectroscopy: An International Journal*, Volume 27: Issue 2, Pages 93–105.

EKLER

EK-1- Google Earth Engine Veri Setleri

2000 Greenland Mosaic - Greenland Ice Mapping Project (GIMP)
Accessibility to Cities 2015
AG100: ASTER Global Emissivity Dataset 100-meter V003
AHN Netherlands 0.5m DEM, Interpolated
ALOS DSM: Global 30m
ALOS/AVNIR-2 ORI
ArcticDEM Mosaic
ArcticDEM Strips
ASTER L1T Radiance
Australian 5M DEM
Canada AAFC Annual Crop Inventory
Canadian Digital Elevation Model
CFSV2: NCEP Climate Forecast System Version 2, 6-Hourly Products
CHIRPS Daily: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (version 2.0 final)
CHIRPS Pentad: Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (version 2.0 final)
Copernicus CORINE Land Cover
CryoSat-2 Antarctica 1km DEM
Daymet V3: Daily Surface Weather and Climatological Summaries
DEM-H: Australian SRTM Hydrologically Enforced Digital Elevation Model
DEM-S: Australian Smoothed Digital Elevation Model
DMSP OLS: Global Radiance-Calibrated Nighttime Lights Version 4, Defense Meteorological Program Operational Linescan System
DMSP OLS: Nighttime Lights Time Series Version 4, Defense Meteorological Program Operational Linescan System
EO-1 Hyperion Hyperspectral Imager
ETOPO1: Global 1 Arc-Minute Elevation
FIRMS: Fire Information for Resource Management System
FORMA alert thresholds
FORMA Alerts
FORMA Raw Output FIRMS
FORMA Raw Output NDVI
FORMA Vegetation T-Statistics
GFS: Global Forecast System 384-Hour Predicted Atmosphere Data
GFSAD1000: Cropland Extent 1km Crop Dominance, Global Food-Support Analysis Data
GFSAD1000: Cropland Extent 1km Multi-Study Crop Mask, Global Food-Support Analysis Data
GFW (Global Fishing Watch) Daily Fishing Hours
GFW (Global Fishing Watch) Daily Vessel Hours
GHSL: Global Human Settlement Layers, Built-Up Grid 1975-1990-2000-2015 (P2016)
GHSL: Global Human Settlement Layers, Population Grid 1975-1990-2000-2015 (P2016)
GHSL: Global Human Settlement Layers, Settlement Grid 1975-1990-2000-2014 (P2016)
GIMMS NDVI from AVHRR Sensors (3rd Generation)
GLCF: Landsat Global Inland Water

GLCF: Landsat Tree Cover Continuous Fields
GLDAS-1: Global Land Data Assimilation System
GLDAS-2.1: Global Land Data Assimilation System
GLDAS-2: Global Land Data Assimilation System
GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space - 2016
GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space - 2017
GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space - current
Global ALOS CHILI (Continuous Heat-Insolation Load Index)
Global ALOS Landforms
Global ALOS mTPI (Multi-Scale Topographic Position Index)
Global ALOS Topographic Diversity
Global Forest Canopy Height, 2005
Global Friction Surface 2015
Global Mangrove Forests Distribution, v1 (2000)
Global PALSAR-2/PALSAR Forest/Non-Forest Map
Global PALSAR-2/PALSAR Yearly Mosaic
Global Power Plant Database
Global SRTM CHILI (Continuous Heat-Insolation Load Index)
Global SRTM Landforms
Global SRTM mTPI (Multi-Scale Topographic Position Index)
Global SRTM Topographic Diversity
GlobCover: Global Land Cover Map
GMTED2010: Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010
GPM: Global Precipitation Measurement (GPM) v5
GPWv4: Gridded Population of the World Version 4, Ancillary Data Grids
GPWv4: Gridded Population of the World Version 4, Population Count
GPWv4: Gridded Population of the World Version 4, Population Density
GPWv4: Gridded Population of the World Version 4, UN-Adjusted Population Count
GPWv4: Gridded Population of the World Version 4, UN-Adjusted Population Density
GRACE Monthly Mass Grids - Global Mascon (CRI Filtered)
GRACE Monthly Mass Grids - Global Mascons
GRACE Monthly Mass Grids - Land
GRACE Monthly Mass Grids - Ocean
GRACE Monthly Mass Grids - Ocean EOFR
Greenland DEM - Greenland Mapping Project (GIMP)
Greenland Ice & Ocean Mask - Greenland Mapping Project (GIMP)
GRIDMET: University of Idaho Gridded Surface Meteorological Dataset
GSMaP Operational: Global Satellite Mapping of Precipitation
GSMaP Reanalysis: Global Satellite Mapping of Precipitation
GTOPO30: Global 30 Arc-Second Elevation
Hansen Global Forest Change v1.5 (2000-2017)
HUC02: USGS Watershed Boundary Dataset of Regions
HUC04: USGS Watershed Boundary Dataset of Subregions
HUC06: USGS Watershed Boundary Dataset of Basins
HUC08: USGS Watershed Boundary Dataset of Subbasins

HUC10: USGS Watershed Boundary Dataset of Watersheds
HUC12: USGS Watershed Boundary Dataset of Subwatersheds
HYCOM: Hybrid Coordinate Ocean Model, Sea Surface Elevation
HYCOM: Hybrid Coordinate Ocean Model, Water Temperature and Salinity
HYCOM: Hybrid Coordinate Ocean Model, Water Velocity
JRC Global Surface Water Mapping Layers, v1.0
JRC Global Surface Water Metadata, v1.0
JRC Monthly Water History, v1.0
JRC Monthly Water Recurrence, v1.0
JRC Yearly Water Classification History, v1.0
Landsat Global Land Survey 1975 Mosaic
Landsat Global Land Survey 2005, Landsat 5 scenes
Landsat Global Land Survey 2005, Landsat 5+7 scenes
Landsat Global Land Survey 2005, Landsat 7 scenes
Landsat Gross Primary Production CONUS
Landsat Image Mosaic of Antarctica (LIMA) - Processed Landsat Scenes (16 bit)
Landsat Image Mosaic of Antarctica (LIMA) 16-Bit Pan-sharpened Mosaic
Landsat Net Primary Production CONUS
LSIB: Large Scale International Boundary Polygons, Detailed
LSIB: Large Scale International Boundary Polygons, Simplified
MACAv2-METDATA Monthly Summaries: University of Idaho, Multivariate Adaptive Constructed Analogs Applied to Global Climate Models
MACAv2-METDATA: University of Idaho, Multivariate Adaptive Constructed Analogs Applied to Global Climate Models
MCD12Q1.006 MODIS Land Cover Type Yearly Global 500m
MCD12Q1.051 Land Cover Type Yearly Global 500m
MCD12Q2.005 Land Cover Dynamics Yearly Global 500m
MCD15A3H.006 MODIS Leaf Area Index/FPAR 4-Day Global 500m
MCD43A1.006 MODIS BRDF-Albedo Model Parameters Daily 500m
MCD43A2.006 MODIS BRDF-Albedo Quality Daily 500m
MCD43A3.006 MODIS Albedo Daily 500m
MCD43A4.006 MODIS Nadir BRDF-Adjusted Reflectance, daily 500m
MCD43B3.005 Albedo 16-Day Global 1km
MCD45A1.051 Burned Area Monthly Global 500m
MCD64A1.006 MODIS Burned Area Monthly Global 500m
MEaSURES Greenland Ice Velocity: Selected Glacier Site Velocity Maps from Optical Images Version 2
MOD08_M3.006 Terra Atmosphere Monthly Global Product
MOD09A1.006 Terra Surface Reflectance 8-Day Global 500m
MOD09GA.006 Terra Surface Reflectance Daily L2G Global 1km and 500m
MOD09GQ.006 Terra Surface Reflectance Daily Global 250m
MOD09Q1.006 Terra Surface Reflectance 8-Day Global 250m
MOD10A1.006 Terra Snow Cover Daily Global 500m
MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km
MOD11A2.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km
MOD13A1.005 Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m

MOD13A1.006 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 500m
MOD13A2.006 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 1km
MOD13Q1.006 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m
MOD14A1.006: Terra Thermal Anomalies & Fire Daily Global 1km
MOD14A2.006: Terra Thermal Anomalies & Fire 8-Day Global 1km
MOD16A2.006: Terra Net Evapotranspiration 8-Day Global 500m
MOD16A2: MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration 8-Day Global 1km
MOD17A2H.006: Terra Gross Primary Productivity 8-Day Global 500m
MOD17A3.055: Terra Net Primary Production Yearly Global 1km
MOD17A3H.006: Terra Net Primary Production Yearly Global 500m
MOD44B.051 Terra Vegetation Continuous Fields Yearly Global 250m
MOD44W.005 Land Water Mask Derived from MODIS and SRTM
MOD44W.006 Terra Land Water Mask Derived from MODIS and SRTM Yearly Global 250m
MODIS Gross Primary Production CONUS
MODIS Net Primary Production CONUS
MOD0CGA.006 Terra Ocean Reflectance Daily Global 1km
MYD08_M3.006 Aqua Atmosphere Monthly Global Product
MYD09A1.006 Aqua Surface Reflectance 8-Day Global 500m
MYD09GA.006 Aqua Surface Reflectance Daily L2G Global 1km and 500m
MYD09GQ.006 Aqua Surface Reflectance Daily Global 250m
MYD09Q1.006 Aqua Surface Reflectance 8-Day Global 250m
MYD10A1.006 Aqua Snow Cover Daily Global 500m
MYD11A1.006 Aqua Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km
MYD11A2.006 Aqua Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km
MYD13A1.005 Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m
MYD13A1.006 Aqua Vegetation Indices 16-Day Global 500m
MYD13A2.006 Aqua Vegetation Indices 16-Day Global 1km
MYD13Q1.006 Aqua Vegetation Indices 16-Day Global 250m
MYD14A1.006: Aqua Thermal Anomalies & Fire Daily Global 1km
MYD14A2.006: Aqua Thermal Anomalies & Fire 8-Day Global 1km
MYD17A2H.006: Aqua Gross Primary Productivity 8-Day Global 500m
MYD17A3H.006: Aqua Net Primary Production Yearly Global 500m
MYDOCGA.006 Aqua Ocean Reflectance Daily Global 1km
NAIP: National Agriculture Imagery Program
NASA-USDA Global Soil Moisture Data
NASA-USDA SMAP Global Soil Moisture Data
NCEP/NCAR Reanalysis Data, Sea-Level Pressure
NCEP/NCAR Reanalysis Data, Surface Temperature
NCEP/NCAR Reanalysis Data, Water vapor
NEX-DCP30: Ensemble Stats for NASA Earth Exchange Downscaled Climate Projections
NEX-DCP30: NASA Earth Exchange Downscaled Climate Projections
NEX-GDDP: NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Climate Projections
NLCD: USGS National Land Cover Database
NLDAS-2: North American Land Data Assimilation System Forcing Fields
NOAA AVHRR Pathfinder Version 5.3 Collated Global 4km Sea Surface Temperature

NOAA CDR AVHRR AOT: Daily Aerosol Optical Thickness Over Global Oceans, v03
NOAA CDR AVHRR LAI FAPAR: Leaf Area Index and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation, Version 4
NOAA CDR AVHRR NDVI: Normalized Difference Vegetation Index, Version 4
NOAA CDR AVHRR: Surface Reflectance, Version 4
NOAA CDR GRIDSAT-B1: Geostationary IR Channel Brightness Temperature
NOAA CDR OISST: Optimum Interpolation Sea Surface Temperature
NOAA CDR PATMOSX: Cloud Properties, Reflectance, and Brightness Temperatures, Version 5.3
NOAA CDR WHOI: Sea Surface Temperature, Version 2
NOAA CDR: Ocean Heat Fluxes, Version 2
NOAA CDR: Ocean Near-Surface Atmospheric Properties, Version 2
Ocean Color SMI: Standard Mapped Image MODIS Aqua Data
Ocean Color SMI: Standard Mapped Image MODIS Terra Data
Ocean Color SMI: Standard Mapped Image SeaWiFS Data
Oxford MAP EVI: Malaria Atlas Project Gap-Filled Enhanced Vegetation Index
Oxford MAP LST: Malaria Atlas Project Gap-Filled Daytime Land Surface Temperature
Oxford MAP LST: Malaria Atlas Project Gap-Filled Nighttime Land Surface Temperature
Oxford MAP TCB: Malaria Atlas Project Gap-Filled Tasseled Cap Brightness
Oxford MAP TCW: Malaria Atlas Project Gap-Filled Tasseled Cap Wetness
Oxford MAP: Malaria Atlas Project Fractional International Geosphere-Biosphere Programme Landcover
PDSI: University of Idaho Palmer Drought Severity Index
PERSIANN-CDR: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks-Climate Data Record
Planet SkySat Public Ortho Imagery, Multispectral
Planet SkySat Public Ortho Imagery, RGB
PRISM Daily Spatial Climate Dataset AN81d
PRISM Long-Term Average Climate Dataset Norm81m
PRISM Monthly Spatial Climate Dataset AN81m
PROBA-V C1 Top Of Canopy Daily Synthesis 100m
PROBA-V C1 Top Of Canopy Daily Synthesis 333m
Reprocessed GLDAS-2: Global Land Data Assimilation System
RESOLVE Ecoregions 2017
RTMA: Real-Time Mesoscale Analysis
Sentinel-1 SAR GRD: C-band Synthetic Aperture Radar Ground Range Detected, log scaling
Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-1C
Sentinel-3 OLCI EFR: Ocean and Land Color Instrument Earth Observation Full Resolution
Sentinel-5P OFFL AER AI: Offline UV Aerosol Index
Sentinel-5P OFFL CO: Offline Carbon Monoxide Data
Sentinel-5P OFFL NO2: Offline Nitrogen Dioxide Data
SLGA: Soil and Landscape Grid of Australia (Soil Attributes)
SRTM Digital Elevation Data 30m
SRTM Digital Elevation Data Version 4
TerraClimate: Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces, University of Idaho
TIGER: US Census Blocks

TIGER: US Census Counties 2016
TIGER: US Census Roads
TIGER: US Census States 2016
TIGER: US Census Tracts Demographic - Profile 1
TOMS and OMI Merged Ozone Data
TRMM 3B42: 3-Hourly Precipitation Estimates
TRMM 3B43: Monthly Precipitation Estimates
US EPA Ecoregions (Level III)
US EPA Ecoregions (Level IV)
US Lithology
US NED CHILI (Continuous Heat-Insolation Load Index)
US NED Landforms
US NED mTPI (Multi-Scale Topographic Position Index)
US NED Physiographic Diversity
US NED Topographic Diversity
US Physiography
USDA NASS Cropland Data Layers
USGS Landsat 1 MSS Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 1 MSS Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 2 MSS Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 2 MSS Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 3 MSS Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 3 MSS Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 4 MSS Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 4 MSS Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 4 Surface Reflectance Tier 1
USGS Landsat 4 Surface Reflectance Tier 2
USGS Landsat 4 TM Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 4 TM Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance
USGS Landsat 4 TM Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 4 TM Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance
USGS Landsat 5 MSS Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 5 MSS Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 5 Surface Reflectance Tier 1
USGS Landsat 5 Surface Reflectance Tier 2
USGS Landsat 5 TM Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 5 TM Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance
USGS Landsat 5 TM Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 5 TM Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance
USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes
USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 1 and Real-Time data TOA Reflectance
USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance
USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance

USGS Landsat 7 Surface Reflectance Tier 1
USGS Landsat 7 Surface Reflectance Tier 2
USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 and Real-Time data Raw Scenes
USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 and Real-Time data TOA Reflectance
USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 Raw Scenes
USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance
USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 2 Raw Scenes
USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 2 TOA Reflectance
USGS Landsat 8 Surface Reflectance Tier 1
USGS Landsat 8 Surface Reflectance Tier 2
USGS National Elevation Dataset 1/3 arc-second
VIIRS Nighttime Day/Night Band Composites Version 1
VIIRS Stray Light Corrected Nighttime Day/Night Band Composites Version 1
VNP09GA: VIIRS Surface Reflectance Daily 500m and 1km
VNP13A1: VIIRS Vegetation Indices 16-Day 500m
WDPA: World Database on Protected Areas (points)
WDPA: World Database on Protected Areas (polygons)
WHRC Pantropical National Level Carbon Stock Dataset
WorldClim BIO Variables V1
WorldClim Climatology V1
WorldPop Project Population Data: Estimated Residential Population per 100x100m Grid Square
WWF HydroSHEDS Drainage Direction, 15 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Drainage Direction, 3 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Drainage Direction, 30 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Flow Accumulation, 15 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Flow Accumulation, 30 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Hydrologically Conditioned DEM, 15 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Hydrologically Conditioned DEM, 3 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Hydrologically Conditioned DEM, 30 Arc-Seconds
WWF HydroSHEDS Void-Filled DEM, 3 Arc-Seconds

EK-1. Spektral İndeksler

Yapısal(Strüktürel) İndeksler			
DVI	Difference Vegetation index)	$DVI=R890-R670$	Jordan (1969)
LIC_1	Lichtenthaler Indices 1	$LIC_1=(R[800]-R[680])/(R[800]+R[680])$	Lichtenthaler ve ark. (1996)
MSAVI -1	Modified Soil Adjusted Vegetation Index	$MSAVI-1=0,5*[2*R800+1-SQRT((2*R800+1)^2-8*(R800-R670))]$	Qi ve ark.(1994)
MSR	Modified Simple Ratio İndeks	$MSR=((R800-R670)-1)/((R800-R670)^{0,5}+1)$	Chen (1996)
NDI-01	NDI-1 (Normalized Difference Index-1)	$NDI-01=(R780-R710)/(R780-R680)$	Datt (1990)
NDI-02	NDI-2 (Normalized Difference Index-2)	$NDI-02=(R850-R710)/(R850-R680)$	Datt (1990)
NDI-03	NDI-3 (Normalized Difference Index-3)	$NDI-03=(R763-R761)/(R763+R761)$	Aydoğdu, 2018
NDI-04	NDI-4 (Normalized Difference Index-4)	$NDI-04=(R763-R760)/(R763+R760)$	Aydoğdu, 2018
NDI-05	NDI-5 (Normalized Difference Index-5)	$NDI-05=(R763-R762)/(R763+R762)$	Aydoğdu, 2018
NDI-06	NDI-6 (Normalized Difference Index-6)	$NDI-06=(R939-R933)/(R939+R933)$	Aydoğdu, 2018
NDI-11	NDI-11 (Normalized Difference Index-11)	$NDI-11=(R938-R740)/(R938+R740)$	Aydoğdu, 2018
NDI-12	NDI-12 (Normalized Difference Index-13)	$NDI-12=(R938-R741)/(R938+R741)$	Aydoğdu, 2018
NDI-13	NDI-13 (Normalized Difference Index-14)	$NDI-13=(R938-R739)/(R938+R739)$	Aydoğdu, 2018
NDI-14	NDI-14 (Normalized Difference Index-15)	$NDI-14=(R938-R742)/(R938+R742)$	Aydoğdu, 2018
NDI-15	NDI-15 (Normalized Difference Index-17)	$NDI-15=(R938-R738)/(R938+R738)$	Aydoğdu, 2018
NDRE	Normalized Deifference Red Edge	$NDRE=(R790-R720)/(R790+R720)$	Barnes ve ark.2000
NDVI-1	Normalized Difference Vegetation Index2	$NDVI-1=(R800-R680)/(R800+R680)$	Penuelas ve ark. 1997
NDVI-11	Normalized Difference Vegetation Index1	$NDVI-11=(R780-R630)/(R780+R630)$	Polypen RP-400
NDVI-2	Normalized Difference Vegetation Index2	$NDVI-2=(R800-R670)/(R800+R670)$	Anonim (2017l)
NDVI-3	Normalized Difference Vegetation Index3	$NDVI-3=(R900-R680)/(R900+R680)$	Serrano ve ark.(2000)
NDVI-4	Normalized Difference Vegetation Index4	$NDVI-4=(R734-R747)/(R715+R726)$	Anonim (2017l)
NDVI-5	Normalized Difference Vegetation Index5	$NDVI-5=(R800-R700)/(R800+R700)$	Anonim (2017l)
NDVI-7	Normalized Difference Vegetation Index7	$NDVI-7=(R760-R708)/(R760+R708)$	Anonim (2017l)
NVI	New Vegetation Index	$NVI=(R777-R747)/(R673)$	Anonim (2017l)
OSAVI-1	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$OSAVI-1=(1+0.16)*(R[780]-R[670])/(R[780]+R[670]+0.16)$	Jasper ve ark.(2009)
OSAVI-2	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$OSAVI-2=(1+0.16)(R800-R670)/(R800+R670+0.16)$	Rondeaux ve ark.(1996)
OSAVI-3	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$OSAVI-3=1.5(R800-R680)/(R800+R680)$	Genç ve ark.(2011)
OSAVI-P	Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index	$OSAVI-P=(1+0.16)*([780]-[670])/([780]+[670]+0.16)$	Anonim (2017l)

RDVI-1	Renormalized Difference Vegetation Index	$(R800-R670)/(R800+R670)^{0.5}$	Roujean ve Breon (1995)
RDVI-P	Renormalized Difference Vegetation Index	$RDVI-P = ([780]-[670])/([780]+[670])^{0.5}$	Anonim (2017l)
RVI	Ratio Vegetation Indeks	$RVI = (R790:R810)/(R640:R660)$	Jacobsen ve ark.(1998)
SAVI-1	Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI-1 = (R[780]-R[630]) - 1/(R[780]+R[630])+0.5$	Anonim (2017l)
SAVI-2	Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI-2 = (R800-R670)(1+L)/(R800+R670+L)RRRL=0.5$	Huete (1988)
SR_1	SR1 (Simple Ratio)	$SR_1 = R800/R670$	Daughtry ve ark.(2000)
SR	Simple Ratio Index	$SR = [780]/[630]$	Anonim (2017l)
SR_705	Simple Ratio (705) a	$SR_705 = 750/705$	Anonim (2017l)
SR_A	Simple Ratio Index (SR)a	$SR_A = 800/680$	Anonim (2017l)
SR-01	Simple Ratio Index	$SR-01 = 900/680$	Genç ve ark.(2011)
SR-02	Simple Ratio Index	$SR-02 = 800/670$	Anonim (2017l)
SR-03	SR3 (Simple Ratio)	$SR-03 = R700/R670$	McMurtrey ve ark.(1994)
SR-04	SR4 (Simple Ratio)	$SR-04 = R740/R720$	Vogelmann ve ark.(1993)
SR-05	SR5 (Simple Ratio)	$SR-05 = R675/(R700 \cdot R650)$	Chapelle ve ark.(1992)
SR-06	SR6 (Simple Ratio)	$SR-06 = R675/R700$	Chapelle ve ark.(1992)
SR-09	SR9 (Simple Ratio)	$SR-09 = R750/R700$	Gitelson ve ark.(1996)
SR-11	SR11 (Simple Ratio)	$SR-11 = R900/R680$	Serrano ve ark.(2000)
SR-12	SR13 (Simple Ratio)	$SR-12 = R710/R850$	Schepers ve ark.(1996)
SR-18	SR18 (Simple Ratio)	$SR-18 = R787/R765$	Fava ve ark.(2004)
WDRVI	Wide Dynamic Range Vegetation Index (WDRVI)	$WDRVI = 0.1 \cdot (800-680)/(0.1 \cdot (800+680))$	Wu W(2014)
Pigment İndeksleri			
CI-1	Chlorophyll Index	$CI-1 = (R[750])/((R[700]+R[710])-1)$	Anonim (2017l)
CI-2	Chlorophyll Index	$CI-2 = (R[750])/([710])$	Jordan (1969)
CTR2	Carter Indices	$CTR2 = R695/R760$	Reference: Carter (1994), Carter ve ark.(1996)
GM2_1	Gitelson and Merzlyak Indices 2	$GM2_1 = R[750]/R[700]$	Gitelson,1997
LCI	Leaf Chlorophyll Index, Chlorophyll content	$LCI = (R850-R710)/(R850+R680)$	Datt , 1999
LIC1	Lichtenthaler Indices	$LIC1 = (R790-R680)/(R790+R680)$	Reference: Lichtenthaler ve ark.(1996)
PSSR_1	Pigment Specific Simple Ratio (PSSR)a	$PSSR_1 = 775/747$	Kahriman ve ark,2016)
PSSR_B	Pigment Specific Simple Ratio (PSSR)B	$PSSR_B = 800/650$	Anonim (2017l)
R680	Chlorophyll content	$R680 = Reflectance_{at680}$	Thomas ve Gausman, 1977
REIP	Red-Edge Inflection Point	$REIP = 700 + 40[((R670+R680)/2) - R700]/(R740 - R700)$	Guyot ve Baret, 1988
VOG_1	Vogelman (VOG)-1	$VOG_1 = R740/R720$	Vogelman,1993

VOG_2	Vogelman (VOG)-2	$VOG_2 = (R734 - R747) / (R715 + R726)$	Vogelman, 1993
VOG_3	Vogelman (VOG)-3	$VOG_3 = (R734 - R747) / (R715 + R720)$	Anonim (2017l)
ZMI	Zarco-Tejada & Miller Index (ZMI)	$ZMI = R750 / R710$	Reference: Zarco-Tejada ve ark.(2001)
Vejetasyon Su İndeksleri			
940_970	940/970 Index	$R940\_970 = R940 / R970$	Çamoğlu ve ark.(2013)
NWI-1	Normalized Water Indices (NWI-1)	$NWI-1 = (R970 - R900) / (R970 + R900)$	Çamoğlu(2014)
NWI-2	Normalized Water Indices (NWI-2)	$NWI-2 = (R970 - R850) / (R970 + R850)$	Çamoğlu(2014)
PWI	Plant Water Index	$PWI = 970 / 900$	Peñuelas ve ark.(1997)
RATIO 975	Water Status	$RATIO975 = 2 * R960 - R990 / (R920 - R940 + R1090 - R1110)$	Pu ve ark., 2003
WBI	Water Band Index	$WBI = R900 / R970$	Penuelas ve ark.(1997)
Diğer İndeksler			
HNDVI	Hyperspectral Normalized Difference Vegetation Index	$HNDVI = R(827 - R668) / (R827 + R668)$	Oppelt ve Mauser, 2004
IRRED	Infrared-Red Difference Index (IRRED)	$IRRED = 789 - 663$	Kahriman ve ark, 2016
K	the ratio of fluorescence	$K = 690 / 730$	Methy ve ark., (1994)
LCCI	Leaf and Canopy Chlorophyll Index	$LCCI = (R750 - R705) / (R750 + R705)$	Aydoğdu, 2018
OCAR	Orange/red chlorophyll absorption ratio	$OCAR = R630 / R680$	Schlemmer ve ark.(2005)
OVI	Optimum Vegetation İndeks	$OVI = R760 / R730$	Jasper ve ark.(2009)
RATCART	Ratcart ratioa	$RATCART = 695 / 760$	Anonim (2017l)
Ratio2		$Ratio2 = R701 / R820$	(Carter
Ratio3		$Ratio3 = R740 / R685$	(McMurtrey ve ark.
RE-1	RED EDGE 1	$RE-1 = R750 - R700$	Anonim (2017l)
RE-2	RED EDGE 2	$RE-2 = R740 / R720$	Anonim (2017l)
REM	Red Edge Model	$REM = (R800 / R700) - 1$	Kahriman(2016)
RE-NDVI	Red Edge Normalized Difference Vegetation Index (NDVI705)	$RE-NDVI = R750 - R705 / (750 + 705)$	Anonim (2017l)
REP	Red Edge Position)	$REP = R700 + 40(((R670 + 780) / 2) - R700) / (R740 - R700)$	Miller ve ark.(1990)
RI	Redness Indices	$RI = 700 / 670$	

EK-2. Optik İndeksler

İNDEKS	AÇIKLAMA	FORMÜL	KAYNAK
VEJETASYON İNDEKSLERİ			
GREEN_BLUE_1	Green Blue Ratio1	$GREEN\_BLUE1=GREEN/AEROSOL-BLUE$	Ha ve ark. 2017
GREEN_BLUE_2	Green Blue Ratio2	$GREEN\_BLUE2=GREEN/BLUE$	Ha ve ark. 2017
GREENNESS		$GREENNESS=2*B03_-B02_-B04_-$	Anonim (2017l)
GREEN_RED_1		$GREEN\_RED=B03_/B04_-$	Anonim (2017l)
GRVI1	Green Ratio Vegetation Index 1	$GRVI = (NIR / GREEN)$	Sripada ve ark(2006)
IRECI		$IRECI=(B07_-B04_-)*B06_/B05_-$	Anonim (2017l)
NDI_45		$NDI\_45=(B05_-B04_-)/(B05_+B04_-)$	Anonim (2017l)
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$	Rouse ve ark(1973)
NDVIA_RE	Normalized Difference Vegetation Index- Red Edge	$=(B08A_-B04_-)/(B08A_+B04_-)$	Anonim (2018j)
NDVI705		$=(B06_-B05_-)/(B06_+B05_-)$	Anonim (2017l)
NDVI_GREEN_NIR		$=B03_*(B08_-B04_-)/(B08_+B04_-)$	Anonim (2017l)
NIR_RED_1		$=B05_/B04_-$	Anonim (2017l)
NIR_RED_2		$=B06_/B04_-$	Anonim (2017l)
PSRI		$=(RED-BLUE)/REDEDGE1$	Anonim (2017l)
PSRI_NIR	Plant Senescence Reflectance Index	$=(RED-BLUE)/NIR$	Anonim (2017l)
RE_NDVI		$=(B08_-B06_-)/(B08_+B06_-)$	Anonim (2017l)
THREE_BAND_RATIO		$=(B05_+B06_-)/B04_-$	Anonim (2017l)
WDVI		$= B08_- - 1.35 * B04_-$	Anonim (2017l)

ATMOSFER DUYARLI VEJETASYON İNDEKSLERİ			
ARVI	Atmospherically Resistant Vegetation Index	$ARVI = (NIR - 2*RED - BLUE) / (NIR + 2*RED - BLUE)$	Kaufman ve Tanre(1992)
TOPRAK DUYARLI VEJETASYON İNDEKSLERİ			
ARI	Anthocyanin Reflectance Index	$ARI = 1.0 / GREEN - 1.0 / REDEGE1;$	Gitelson ve ark(2001)
DVI	Differenced Vegetation Index	$DVI=NIR-R$	Richardson ve Wiegand(1977)
EVI	Enhanced vegetation index	$EVI=2.5*(NIR-RED)/(NIR+6*RED-7.5*BLUE+1)$	Liu ve Huete(1995)
EVI_RE		$= 2.5*(B08A_ - B04_) / (B08A_ + 6*B04_ - 7.5*B02_ + 1)$	Anonim (2017l)
GCI		$=B08_ /B03_ -1$	Anonim (2017l)
LAI	Leaf Area Index	$GREENNESS=2GREEN-BLUE-RED$	Agapiou ve ark, 2015
MCARI	Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index	$MCARI = ((REDEGE1 - RED) - 0.2 * (REDEGE1 - GREEN)) * (REDEGE1 / RED);$	Daughtry ve ark(2000)
MI		$=(B08A_-B11_)/(B08A_+B11_)$	Anonim (2017l)
MNDWI	Modified Normalised Difference Water Index	$MNDWI = (GREEN - B11)/(GREEN + B11)$	Xu (2006)
MSI	Moisture Stress Index	$MSI=[B11 / NIR];$	Gao (1996)
MSR705	Modified Simple Ratio	$=(B06_-B01_)/(B05_-B01_)$	Anonim (2017l)
MTCI		$=(B06_-B05_)/(B05_-B04_)$	Anonim (2017l)
NBR		$=(B08A_-B12_)/(B08A_+B12_)$	Anonim (2017l)
NDBI	Normalized Difference Built-Up Index	$NDBI = (B11 - NIR)/(B11 + NIR)$	Zha ve ark.(2003)
NDII	Normalized Difference 819/1600 NDII	$NDII = (NIR - B11) / (NIR + B11)$	Rouse ve ark(1974)
NDWI	Normalized Difference Water Index	$NDWI = (NIR-B11)/(NIR+B11);$	McFeeters(1996)
RDVI	Renormalized Difference Vegetation Index	$RDVI=(NIR-R)/(NIR+R)^{0.5}$	Agapiou ve ark, 2015
REIP	Red-Edge Inflection Point index	$=700+40*((B04_+B07_)/(2-B05_)/(B06_-B05_))$	Anonim (2017l)
RENDWI		$=(B03_-B05_)/(B03_+B05_)$	Anonim (2017l)
S2REP	The Sentinel-2 Red-Edge Position index	$=705+35*(0.5*(B07_+B04_-B05_)/(B06_-B05_))$	Anonim (2017l)
SAVI_1	Soil Adjusted Vegetation Index 1	$= (B08_ - B04_) / (B08_ + B04_ + 0.428) * (1 + 0.428)$	Huete(1988)

SAVI_2	Soil Adjusted Vegetation Index 2	$=1.5 * ((B08\_ - B04\_) / (B08\_ + B04\_ + 0.5))$	Anonim (2017l)
SAVI_RE		$= (1.5 * (B08A\_ - B04\_)) / (B08A\_ + B04\_ + 0.5)$	Anonim (2017l)
SIPI	Structure Intensive Pigment Index	$SIPI = (NIR - AEROSOL-BLUE) / (NIR - RED)$	Haboudane ve ark(2002)
SIPI2	Structure Intensive Pigment Index 2	$SIPI = (NIR - BLUE) / (NIR - RED)$	Anonim (2017l)

EK-3. Sentinel-1 C Band verilerinin Google Earth Engine ortamında elde edilmesinde kullanılan javascript kod

```
// FİLTRELERE AIT KODLAR, Guido Lemoine ve Gennadii Donchyts'in  
// https://groups.google.com/forum/#!topic/google-earth-engine-developers/a9W0Nlrhoq0  
// sayfasında paylaştıkları kodlar,  
// A. LopesEdmond NezryEdmond NezryRidha TouziRidha TouziH. Laur  
// Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1990. IGARSS '90. 'Remote Sensing Science  
// for the Nineties', 10th Annual International konferansında sunduğu yayından faydalanılarak  
// yazılmıştır.
```

// PROJE ALANI ve AĞAÇ KOORDİNATLARININ TANIMLANMASI

```
var geometry2= ee.Geometry.Rectangle(29.265518188476562, 40.66709790906188,  
29.446792602539062, 40.37898227049007);
```

```
var MA1=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.3007307266876,40.66253804727191), {'label':  
'MA1'});  
var MA2=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300752743,40.6626562909999), {'label':  
'MA2'});  
var MA3=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.30065046286864,40.66275654322353), {'label':  
'MA3'});  
var MA4=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300639033317566,40.66275415533889), {'label':  
'MA4'});  
var MA5=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300766399496023,40.663001793781476),  
{'label': 'MA5'});  
var MA6=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300556821746518,40.662979498276194),  
{'label': 'MA6'});  
var SA1=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.4102105757518,40.398082141095195), {'label':  
'SA1'});  
var SA2=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.410027752608613,40.39801971368045), {'label':  
'SA2'});  
var SA3=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.409925193284373,40.39810889570152), {'label':  
'SA3'});  
var SA4=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.409706697332762,40.398073222893096),  
{'label': 'SA4'});  
var SA5=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.409764665646456,40.39794390896254), {'label':  
'SA5'});  
var SA6=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.41004112991177,40.3978903997499), {'label':  
'SA6'});  
var UA1=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.42418093935225,40.50679502477821), {'label':  
'UA1'});  
var UA2=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.424381598899657,40.50684853399085), {'label':  
'UA2'});  
var UA3=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.424533208335472,40.506928797809806),  
{'label': 'UA3'});  
var UA4=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.42437268069754,40.50698676612351), {'label':  
'UA4'});  
var UA5=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.4244440263144,40.506821779384516), {'label':  
'UA5'});
```

```

var UA6=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.424279039575428,40.50672813826241), {'label':
'UA6'});
var projealanlari =
ee.FeatureCollection([MA1,MA2,MA3,MA4,MA5,MA6,SA1,SA2,SA3,SA4,SA5,SA6,UA1,
UA2,UA3,UA4,UA5,UA6]);
var merkez = ee.FeatureCollection([MA1,MA2,MA3,MA4,MA5,MA6]);
var soloz = ee.FeatureCollection([SA1,SA2,SA3,SA4,SA5,SA6]);
var uregil = ee.FeatureCollection([UA1,UA2,UA3,UA4,UA5,UA6]);

Map.centerObject(geometry2);
Map.addLayer(geometry2);
Map.addLayer(projealanlari);

```

// SENTINEL-1 VERILERININ FILTRENEMESI

```

var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
.filterDate('2017-01-01', '2017-12-31')
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'TW'))
.filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)
.select('VV','VH')
.sort('system:time_start', true)
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
.filterBounds(geometry2)

var imgAscending = collection.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'ASCENDING'));
//print(imgAscending)
var imgDescending = collection.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'));

var projeImage1 = ee.Image(imgAscending.first()).clip(geometry2);

var bandNames = projeImage1.bandNames();
//print('Band names: ', bandNames); // ee.List of band names
//print(bandNames.get(0));

var projeImage2 = ee.Image(imgDescending.first()).clip(geometry2);
Map.addLayer(projeImage1, {bands: ['VH', 'VV', 'VV'], min: [-25, -20, -25], max: [0, 10, 0]},
'Ascending');
Map.addLayer(projeImage2, {bands: ['VH', 'VV', 'VV'], min: [-25, -20, -25], max: [0, 10, 0]},
'Descending');
//Map.addLayer(subset1, {bands: ['VV', 'VH', 'VV'], min: -30, max: 0})

// BANT ORANLAMA INDEKSLERININ HESAPLANMASI
imgAscending= imgAscending.map(db_VH_VV);
imgAscending= imgAscending.map(db_NDVHV);
imgAscending= imgAscending.map(db_VV_D_VH);
imgAscending= imgAscending.map(RVI);
imgAscending =imgAscending.map(toNaturalVV2);
imgAscending =imgAscending.map(toNaturalVH2);
imgAscending =imgAscending.map(N_VH_D_VV);

```

```

imgDescending= imgDescending.map(db_VH_VV);
imgDescending= imgDescending.map(db_NDVHV);
imgDescending= imgDescending.map(db_VV_D_VH);
imgDescending= imgDescending.map(RV1);
imgDescending =imgDescending.map(toNaturalVV2);
imgDescending =imgDescending.map(toNaturalVH2);
imgDescending =imgDescending.map(N_VH_D_VV);

imgAscending = imgAscending.map(addDate);
imgDescending = imgDescending.map(addDate);

print('ASCENDING: ', imgAscending); // ee.List of band names
print('DESCENDING: ', imgDescending); // ee.List of band names

// FILTRELER ICIN AYRI BIR SUBSET OLUSTURULMASI
// GRAFIK GORUNTULEME ICIN AYRICA TANIMLANMISTIR
// REFINED LEE, PERONA MALIK VE GAMMA MAP FILTRELERI

var subset1_asc = imgAscending
//print('subset1_asc', subset1_asc)
var Asc_Natural_VV = subset1_asc.map(toNaturalVV1)
var Asc_Natural_VH = subset1_asc.map(toNaturalVH1)

//ascending
//refined_lee
var subset_Asc_Rlee_VV = subset1_asc.map(RLee_VV)
var subset_Asc_Rlee_VH= subset1_asc.map(RLee_VH)
//print(subset1_VV)
//Perona Malik
var subset_Asc_PM_VV = subset1_asc.map(PM_VV)
var subset_Asc_PM_VH = subset1_asc.map(PM_VH)
//print(subset2_VV)
//GammaMap
var subset_Asc_GM_VV = subset1_asc.map(GM_VV)
var subset_Asc_GM_VH = subset1_asc.map(GM_VH)
//print(subset3_VV)
//Descending

var subset1_dsc = imgDescending
//print('subset1_Dsc:', subset1_dsc)
var Dsc_Natural_VV = subset1_dsc.map(toNaturalVV1)
var Dsc_Natural_VH = subset1_dsc.map(toNaturalVH1)
//print('Dsc_Natural_VV:', Dsc_Natural_VV)
var ppp = ee.Image(Dsc_Natural_VV.first());

//Map.addLayer(ppp);

//refined_lee
var subset_Dsc_Rlee_VV = subset1_dsc.map(RLee_VV)

```

```

//print(subset_Dsc_Rlee_VV)
var subset_Dsc_Rlee_VH = subset1_dsc.map(RLee_VH)
//print(subset4_VV)
//Perona Malik
var subset_Dsc_PM_VV = subset1_dsc.map(PM_VV)
//print(subset_Dsc_PM_VV)
var subset_Dsc_PM_VH = subset1_dsc.map(PM_VH)
//print(subset5_VV)
//GammaMap
var subset_Dsc_GM_VV = subset1_dsc.map(GM_VV)
var subset_Dsc_GM_VH = subset1_dsc.map(GM_VH)
//print(subset_Dsc_GM_VV)

//print(subset6_VV)
//var point_NP1 = ee.Geometry.Point(29.410253, 40.398131).buffer(30);

// GRAFIK GORUNTULEME
  tsdisplay(subset1_asc, merkez, 'MERKEZ ASCENDING')
// tsdisplay(subset1_asc, soloz, 'SOLOZ ASCENDING')
// tsdisplay(subset1_asc, uregil, 'UREGIL ASCENDING')

  tsdisplay(subset1_dsc, merkez, 'MERKEZ DESCENDING')
// tsdisplay(subset1_dsc, soloz, 'SOLOZ DESCENDING')
// tsdisplay(subset1_dsc, uregil, 'UREGIL DESCENDING')

  cdisplay(subset1_asc, 'VV', 'ASCENDING VV')
  cdisplay(subset1_asc, 'VH', 'ASCENDING VH')

  cdisplay(Asc_Natural_VV, 'constant', 'ASC NATURAL VV')
  cdisplay(Asc_Natural_VH, 'constant', 'ASC NATURAL VH')

  cdisplay(subset_Asc_Rlee_VV, 'sum', 'ASC REFINED LEE VV')
  cdisplay(subset_Asc_Rlee_VH, 'sum', 'ASC REFINED LEE VH')

  cdisplay(subset_Asc_PM_VV, 'constant', 'ASC PERONA MALIK VV')
  cdisplay(subset_Asc_PM_VH, 'constant', 'ASC PERONA MALIK VH')

  cdisplay(subset_Asc_GM_VV, 'sum', 'ASC GAMMA MAP VV')
  cdisplay(subset_Asc_GM_VH, 'sum', 'ASC GAMMA MAP VH')

  cdisplay(subset1_dsc, 'VV', 'DESCENDING VV')
  cdisplay(subset1_dsc, 'VH', 'DESCENDING VH')
//print('cdisplay subset1_dsc', subset1_dsc)
  cdisplay(Dsc_Natural_VV, 'constant', 'DESC NATURAL VV')
  cdisplay(Dsc_Natural_VH, 'constant', 'DESC NATURAL VH')

  cdisplay(subset_Dsc_Rlee_VV, 'sum', 'DESC REFINED LEE VV')
  cdisplay(subset_Dsc_Rlee_VH, 'sum', 'DESC REFINED LEE VH')

  cdisplay(subset_Dsc_PM_VV, 'constant', 'DESC PERONA MALIK VV')

```

```

cdisplay(subset_Dsc_PM_VH, 'constant','DESC PERONA MALIK VH')

cdisplay(subset_Dsc_GM_VV, 'sum','DESC GAMMA MAP VV')
cdisplay(subset_Dsc_GM_VH, 'sum','DESC GAMMA MAP VH')

//Map.addLayer(point_NP1, {color:'red'})

// FONKSIYON TANIMLARI

function RLee_VV(img) {return
toDB(RefinedLee(toNaturalVV(img))).copyProperties(img,img.propertyNames())}
function RLee_VH(img) {return
toDB(RefinedLee(toNaturalVH(img))).copyProperties(img,img.propertyNames())}
function PM_VV(img) {return
toDB(PeronaMalik(toNaturalVV(img))).copyProperties(img,img.propertyNames())}
function PM_VH(img) {return
toDB(PeronaMalik(toNaturalVH(img))).copyProperties(img,img.propertyNames())}
function GM_VV(img) {return
toDB(GammaMap(toNaturalVV(img))).copyProperties(img,img.propertyNames())}
function GM_VH(img) {return
toDB(GammaMap(toNaturalVH(img))).copyProperties(img,img.propertyNames())}

// Functions to convert from/to dB .copyProperties(img,img.propertyNames()
function toNaturalVV(img) {return
ee.Image(10.0).pow(img.select('VV').divide(10.0))} // .copyProperties(image,['system:time_start'])}
function toNaturalVH(img) {return
ee.Image(10.0).pow(img.select('VH').divide(10.0))} // .copyProperties(image,['system:time_start'])}
function toDB(img) {
  return ee.Image(img).log10().multiply(10.0);
}

function toNaturalVV1(img) {
  return
ee.Image(10.0).pow(img.select('VV').divide(10.0)).copyProperties(img,img.propertyNames())

} // .copyProperties(image,['system:time_start'])}
function toNaturalVH1(img) {
  return
ee.Image(10.0).pow(img.select('VH').divide(10.0)).copyProperties(img,img.propertyNames())

} // .copyProperties(image,['system:time_start'])}

function toNaturalVV2(image) {
  var img= ee.Image(10.0).pow(image.select('VV').divide(10.0));
  return image.addBands(img.rename('NVV'));
}

```



```

}\\.copyProperties(image,['system:time_start'])}
function toNaturalVH2(image) {
  var img = ee.Image(10.0).pow(image.select('VH').divide(10.0));
  return image.addBands(img.rename('NVH'));
}\\.copyProperties(image,['system:time_start'])}

// The RL speckle filter
function RefinedLee(img) {
  // img must be in natural units, i.e. not in dB!
  // Set up 3x3 kernels
  var weights3 = ee.List.repeat(ee.List.repeat(1,3),3);
  var kernel3 = ee.Kernel.fixed(3,3, weights3, 1, 1, false);

  var mean3 = img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.mean(), kernel3);
  var variance3 = img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.variance(), kernel3);

  // Use a sample of the 3x3 windows inside a 7x7 windows to determine gradients and
  directions
  var sample_weights = ee.List([[0,0,0,0,0,0,0], [0,1,0,1,0,1,0],[0,0,0,0,0,0,0], [0,1,0,1,0,1,0],
  [0,0,0,0,0,0,0], [0,1,0,1,0,1,0],[0,0,0,0,0,0,0]]);

  var sample_kernel = ee.Kernel.fixed(7,7, sample_weights, 3,3, false);

  // Calculate mean and variance for the sampled windows and store as 9 bands
  var sample_mean = mean3.neighborhoodToBands(sample_kernel);
  var sample_var = variance3.neighborhoodToBands(sample_kernel);

  // Determine the 4 gradients for the sampled windows
  var gradients = sample_mean.select(1).subtract(sample_mean.select(7)).abs();
  gradients =
  gradients.addBands(sample_mean.select(6).subtract(sample_mean.select(2)).abs());
  gradients =
  gradients.addBands(sample_mean.select(3).subtract(sample_mean.select(5)).abs());
  gradients =
  gradients.addBands(sample_mean.select(0).subtract(sample_mean.select(8)).abs());

  // And find the maximum gradient amongst gradient bands
  var max_gradient = gradients.reduce(ee.Reducer.max());

  // Create a mask for band pixels that are the maximum gradient
  var gradmask = gradients.eq(max_gradient);

  // duplicate gradmask bands: each gradient represents 2 directions
  gradmask = gradmask.addBands(gradmask);

  // Determine the 8 directions
  var directions =
  sample_mean.select(1).subtract(sample_mean.select(4)).gt(sample_mean.select(4).subtract(sa
  mple_mean.select(7))).multiply(1);

```

```

directions =
directions.addBands(sample_mean.select(6).subtract(sample_mean.select(4)).gt(sample_mean
.select(4).subtract(sample_mean.select(2))).multiply(2));
directions =
directions.addBands(sample_mean.select(3).subtract(sample_mean.select(4)).gt(sample_mean
.select(4).subtract(sample_mean.select(5))).multiply(3));
directions =
directions.addBands(sample_mean.select(0).subtract(sample_mean.select(4)).gt(sample_mean
.select(4).subtract(sample_mean.select(8))).multiply(4));
// The next 4 are the not() of the previous 4
directions = directions.addBands(directions.select(0).not().multiply(5));
directions = directions.addBands(directions.select(1).not().multiply(6));
directions = directions.addBands(directions.select(2).not().multiply(7));
directions = directions.addBands(directions.select(3).not().multiply(8));

// Mask all values that are not 1-8
directions = directions.updateMask(gradmask);

// "collapse" the stack into a single band image (due to masking, each pixel has just one value
(1-8) in its directional band, and is otherwise masked)
directions = directions.reduce(ee.Reducer.sum());

//var pal = ['ffffff','ff0000','ffff00', '00ff00', '00ffff', '0000ff', 'ff00ff', '000000'];
//Map.addLayer(directions.reduce(ee.Reducer.sum()), {min:1, max:8, palette: pal},
'Directions', false);

var sample_stats = sample_var.divide(sample_mean.multiply(sample_mean));

// Calculate localNoiseVariance
var sigmaV =
sample_stats.toArray().arraySort().arraySlice(0,0,5).arrayReduce(ee.Reducer.mean(), [0]);

// Set up the 7*7 kernels for directional statistics
var rect_weights =
ee.List.repeat(ee.List.repeat(0,7),3).cat(ee.List.repeat(ee.List.repeat(1,7),4));

var diag_weights = ee.List([[1,0,0,0,0,0,0], [1,1,0,0,0,0,0], [1,1,1,0,0,0,0],
[1,1,1,1,0,0,0], [1,1,1,1,1,0,0], [1,1,1,1,1,1,0], [1,1,1,1,1,1,1]]);

var rect_kernel = ee.Kernel.fixed(7,7, rect_weights, 3, 3, false);
var diag_kernel = ee.Kernel.fixed(7,7, diag_weights, 3, 3, false);

// Create stacks for mean and variance using the original kernels. Mask with relevant
direction.
var dir_mean = img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.mean(),
rect_kernel).updateMask(directions.eq(1));
var dir_var = img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.variance(),
rect_kernel).updateMask(directions.eq(1));

```

```

    dir_mean = dir_mean.addBands(img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.mean(),
diag_kernel).updateMask(directions.eq(2)));
    dir_var = dir_var.addBands(img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.variance(),
diag_kernel).updateMask(directions.eq(2)));

    // and add the bands for rotated kernels
    for (var i=1; i<4; i++) {
        dir_mean = dir_mean.addBands(img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.mean(),
rect_kernel.rotate(i)).updateMask(directions.eq(2*i+1)));
        dir_var = dir_var.addBands(img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.variance(),
rect_kernel.rotate(i)).updateMask(directions.eq(2*i+1)));
        dir_mean = dir_mean.addBands(img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.mean(),
diag_kernel.rotate(i)).updateMask(directions.eq(2*i+2)));
        dir_var = dir_var.addBands(img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.variance(),
diag_kernel.rotate(i)).updateMask(directions.eq(2*i+2)));
    }

    // "collapse" the stack into a single band image (due to masking, each pixel has just one
value in it's directional band, and is otherwise masked)
    dir_mean = dir_mean.reduce(ee.Reducer.sum());
    dir_var = dir_var.reduce(ee.Reducer.sum());

    // generate the filtered value
    var varX =
dir_var.subtract(dir_mean.multiply(dir_mean).multiply(sigmaV)).divide(sigmaV.add(1.0));

    var b = varX.divide(dir_var);

    var result = dir_mean.add(b.multiply(img.subtract(dir_mean)));
    return(result
.arrayFlatten(['sum']))
);
}

/*
 * GammaMap Speckle Filter conformation
 *
 * Guido Lemoine, https://groups.google.com/forum/#!topic/google-earth-engine-developers/a9W0Nlrhoq0
 * Cf. https://github.com/senbox-org/s1tbx/blob/master/s1tbx-op-sar-processing/src/main/java/org/esa/s1tbx/sar/gpf/filtering/SpeckleFilters/GammaMap.java
 */

function GammaMap(image, enl, ksize) {
    enl = enl || 5;
    ksize = ksize || 3;
    var nat_img = image;
    // Square kernel, ksize should be odd (typically 3, 5 or 7)
    var weights = ee.List.repeat(ee.List.repeat(1,ksize),ksize);

```

```

// ~~(ksize/2) does integer division in JavaScript
var kernel = ee.Kernel.fixed(ksize,ksize, weights, ~~(ksize/2), ~~(ksize/2), false);
// Get mean and variance
var mean = nat_img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.mean(), kernel);
var variance = nat_img.reduceNeighborhood(ee.Reducer.variance(), kernel);
// "Pure speckle" threshold
var ci = variance.sqrt().divide(mean); // square root of inverse of enl
// If ci <= cu, the kernel lies in a "pure speckle" area -> return simple mean
var cu = 1.0/Math.sqrt(enl);
// If cu < ci < cmax the kernel lies in the low textured speckle area -> return the filtered value
var cmax = Math.sqrt(2.0) * cu;
var alpha = ee.Image(1.0 + cu*cw).divide(ci.multiply(ci).subtract(cu*cw));
var b = alpha.subtract(enl + 1.0);
var d =
mean.multiply(mean).multiply(b).multiply(b).add(alpha.multiply(mean).multiply(nat_img).m
ultiply(4.0*enl));
var f = b.multiply(mean).add(d.sqrt()).divide(alpha.multiply(2.0));
// If ci > cmax do not filter at all (i.e. we don't do anything, other then masking)
// Compose a 3 band image with the mean filtered "pure speckle", the "low textured" filtered
and the unfiltered portions
var out =
mean.updateMask(ci.lte(cu)).addBands(f.updateMask(ci.gt(cu).updateMask(ci.lt(cmax)))).add
Bands(image.updateMask(ci.gte(cmax)));
return out.reduce(ee.Reducer.sum());
}

/**
 * Perona-Malik (anisotropic diffusion) convolution
 *
 * by Gennadii Donchyts see https://groups.google.com/forum/#!topic/google-earth-engine-developers/a9W0Nlrhoq0
 * 
$$I(n+1, i, j) = I(n, i, j) + \lambda * (cN * dN(I) + cS * dS(I) + cE * dE(I), cW * dW(I))$$

 *
 * I: ee.Image single band, natural units
 * iter: Number of iterations to apply filter
 * K: kernel size
 * opt_method: choose method 1 (default) or 2, DETAILS
 *
 * Returns: single band ee.Image in natural units
 *
 * Example: image = PeronaMalik(image, 10, 3.5, 1)
 */

function PeronaMalik(I, iter, K, opt_method) {
  var iter = iter || 10;
  var K = K || 3;
  var method = opt_method || 1;
  // Define kernels
  var dxW = ee.Kernel.fixed(3, 3,
    [[ 0, 0, 0],

```

```

        [ 1, -1, 0],
        [ 0, 0, 0]]);
var dxE = ee.Kernel.fixed(3, 3,
        [[ 0, 0, 0],
        [ 0, -1, 1],
        [ 0, 0, 0]]);
var dyN = ee.Kernel.fixed(3, 3,
        [[ 0, 1, 0],
        [ 0, -1, 0],
        [ 0, 0, 0]]);
var dyS = ee.Kernel.fixed(3, 3,
        [[ 0, 0, 0],
        [ 0, -1, 0],
        [ 0, 1, 0]]);
var lambda = 0.2;
var k1 = ee.Image(-1.0/K);
var k2 = ee.Image(K).multiply(ee.Image(K));
// Convolve
for(var i = 0; i < iter; i++) {
    var dI_W = I.convolve(dxE);
    var dI_E = I.convolve(dxE);
    var dI_N = I.convolve(dyN);
    var dI_S = I.convolve(dyS);
    // Combine using choosen method
    switch(method) {
        case 1:
            var cW = dI_W.multiply(dI_W).multiply(k1).exp();
            var cE = dI_E.multiply(dI_E).multiply(k1).exp();
            var cN = dI_N.multiply(dI_N).multiply(k1).exp();
            var cS = dI_S.multiply(dI_S).multiply(k1).exp();
            I =
I.add(ee.Image(lambda).multiply(cN.multiply(dI_N).add(cS.multiply(dI_S)).add(cE.multiply(
dI_E)).add(cW.multiply(dI_W))));
            break;
        case 2:
            var cW = ee.Image(1.0).divide(ee.Image(1.0).add(dI_W.multiply(dI_W).divide(k2)));
            var cE = ee.Image(1.0).divide(ee.Image(1.0).add(dI_E.multiply(dI_E).divide(k2)));
            var cN = ee.Image(1.0).divide(ee.Image(1.0).add(dI_N.multiply(dI_N).divide(k2)));
            var cS = ee.Image(1.0).divide(ee.Image(1.0).add(dI_S.multiply(dI_S).divide(k2)));
            I =
I.add(ee.Image(lambda).multiply(cN.multiply(dI_N).add(cS.multiply(dI_S)).add(cE.multiply(
dI_E)).add(cW.multiply(dI_W))));
            break;
    }
}
return I;
};

```

// GRAFIK FONKSIYONLARI

```
function cdisplay(resimc, bandn, cap){
```

```

var TimeSeries1 = ui.Chart.image.seriesByRegion({
  imageCollection: resimc,
  regions: projealanlari,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  band: bandn,
  scale: 10,
  xProperty: 'NewDate',
  seriesProperty: 'label'
});

TimeSeries1.setChartType('LineChart');
TimeSeries1.setOptions({
  title: cap,
  hAxis: {title: 'Tarih', format: 'yyyy-MM-dd', gridlines: {count: 7}},
  vAxis: {
    title: 'DB'
  },
  lineWidth: 1,
  pointSize: 4,
});

// Add the chart to the map.
TimeSeries1.style().set({
  position: 'bottom-center',
  width: '380px',
  height: '260px'
});
//Map.add(vhTimeSeries);
print(TimeSeries1);
}

function tsdisplay(resimc, alan1, cap){
  // Create an image time series chart.
  var tschart2 = ui.Chart.image.series({
    imageCollection: resimc,
    region: alan1,
    xProperty: 'NewDate',
    reducer: ee.Reducer.mean(),
    scale: 10
  });

  tschart2.setOptions({
    title: cap,
    hAxis: {title: 'Tarih', format: 'yyyyMMdd', gridlines: {count: 7}},
    // lineWidth: 1,
    // pointSize: 4,
  });

  tschart2.style().set({
    position: 'bottom-left',

```

```

width: '400px',
height: '300px'
});

print(tschart2)
}

function N_VH_D_VV(image) {
  var img = image.expression(
    'VH/VV', {
      'VH': image.select('NVH'),
      'VV': image.select('NVV')
    });
  return image.addBands(img.rename('VH_D_VV'))
}

function db_VH_VV(image) {
  var img = image.expression(
    'VH-VV', {
      'VH': image.select('VH'),
      'VV': image.select('VV')
    });
  return image.addBands(img.rename('VH_VV'))
}

// Function to add band containing normalized difference between VH and VV
function db_NDVHVV(image) {
  var img = image.expression(
    '(VH - VV) / (VH + VV)', {
      'VH': image.select('VH'),
      'VV': image.select('VV')
    });
  return image.addBands(img.rename('ND_VHVV'))
}

function db_VV_D_VH(image) {
  var img = image.expression(
    'VV/VH', {
      'VH': image.select('VH'),
      'VV': image.select('VV')
    });
  return image.addBands(img.rename('VV_D_VH'))
}

function addDate(image) {
  var newdate= ee.Date(image.get('system:time_start')).format('yyyy-MM-dd');
  return image.set('NewDate', newdate);
}

```

```

}

function RVI(image) {
  var img = image.expression(
    '4 * ((VV - VH) / (VV + 6 * VH - 7.5 * VH + 1))', {
    'VV': image.select('VV'),
    'VH': image.select('VH'),
    'VV_VH': image.select('VV')
  });
  //var step2 = step1.updateMask(image.select(['fmask']).eq(0)); // mask everything different
  //than 'clear'
  return image.addBands(img.rename('RVI'))
}

```

////////// Pixel export fonksiyonu

// // Rodrigo E. Principe,
// [https://stackoverflow.com/questions/42742742/extract-pixel-values-by-points-and-convert-](https://stackoverflow.com/questions/42742742/extract-pixel-values-by-points-and-convert-to-a-table-in-google-earth-engine)
// to-a-table-in-google-earth-engine

```

// Empty Collection to fill
var ft = ee.FeatureCollection(ee.List([]))
var fill = function(img, ini) {

  var bandNames = img.bandNames();
  // print('Band names: ', bandNames); // ee.List of band names
  var first= bandNames.get(0);
  // type cast
  var inift = ee.FeatureCollection(ini)
  // gets the values for the points in the current img
  var ft2 = img.reduceRegions(projealanlari, ee.Reducer.first(),10)
  // gets the date of the img
  //var date = img.date().format() //Original Kod
  //var date = img.date().format()
  var date2 = ee.String(img.get("NewDate"))
  var ft3 = ft2.map(function(f){return f.set("date2", date2)})
  return inift.merge(ft3);
  //var ft3a = ft3.filter(ee.Filter.neq(first, null));//filter first to remove null values
  //return inift.merge(ft3a);
}

```

```

// ASCENDING VE DESCENDING
var newft_01 = ee.FeatureCollection(subset1_asc.iterate(fill, ft))
//print('img_Ascending', subset1_asc)
//print('new ft asc', newft_01)
//TO NATURAL
var newft_02 = ee.FeatureCollection(Asc_Natural_VV.iterate(fill, ft))
var newft_03 = ee.FeatureCollection(Asc_Natural_VH.iterate(fill, ft))

```



```

//refined_lee ASCENDING
var newft_04 = ee.FeatureCollection(subset_Asc_Rlee_VV.iterate(fill, ft))
var newft_05 = ee.FeatureCollection(subset_Asc_Rlee_VH.iterate(fill, ft))
//Perona Malik ASCENDING
var newft_06 = ee.FeatureCollection(subset_Asc_PM_VV.iterate(fill, ft))
var newft_07 = ee.FeatureCollection(subset_Asc_PM_VH.iterate(fill, ft))
//GammaMap ASCENDING
var newft_08 = ee.FeatureCollection(subset_Asc_GM_VV.iterate(fill, ft))
var newft_09 = ee.FeatureCollection(subset_Asc_GM_VH.iterate(fill, ft))

var newft_10 = ee.FeatureCollection(subset1_dsc.iterate(fill, ft))
//print('img_descending', subset1_dsc)
//print('new ft desc', newft_10)

var newft_11 = ee.FeatureCollection(Dsc_Natural_VV.iterate(fill, ft))
//print('newft_11', newft_11)
var newft_12 = ee.FeatureCollection(Dsc_Natural_VH.iterate(fill, ft))

//refined_lee DESCENDING
var newft_13 = ee.FeatureCollection(subset_Dsc_Rlee_VV.iterate(fill, ft))
var newft_14 = ee.FeatureCollection(subset_Dsc_Rlee_VH.iterate(fill, ft))
//Perona Malik DESCENDING
var newft_15 = ee.FeatureCollection(subset_Dsc_PM_VV.iterate(fill, ft))
var newft_16 = ee.FeatureCollection(subset_Dsc_PM_VH.iterate(fill, ft))
//GammaMap DESCENDING
var newft_17 = ee.FeatureCollection(subset_Dsc_GM_VV.iterate(fill, ft))
var newft_18 = ee.FeatureCollection(subset_Dsc_GM_VH.iterate(fill, ft))

// Export

Export.table.toDrive(newft_01,"S1_Ascending","a1","2018_S1_Ascending")
Export.table.toDrive(newft_10,"S1_Descending","a1","2018_S1_Descending")

Export.table.toDrive(newft_02,"02_02_Asc_VV_to_Natural","a1","02_02_Asc_VV_to_Natu
ral")
Export.table.toDrive(newft_03,"03_02_Asc_VH_to_Natural","a1","03_02_Asc_VH_to_Natu
ral")
//refined_lee ASCENDING
Export.table.toDrive(newft_04,"04_03_Refined_Lee_ASC_VV","a1","04_03_Refined_Lee_
ASC_VV")
Export.table.toDrive(newft_05,"05_03_Refined_Lee_ASC_VH","a1","05_03_Refined_Lee_
ASC_VH")
// PERONA MALIK ASCENDING
Export.table.toDrive(newft_06,"06_03_PER_MALIK_ASC_VV","a1","06_03_PER_MALIK_
_ASC_VV")
Export.table.toDrive(newft_07,"07_03_PER_MALIK_ASC_VH","a1","07_03_PER_MALIK_
_ASC_VH")
// PERONA MALIK ASCENDING

```

```

Export.table.toDrive(newft_08,"08_03_GAMMA_MAP_ASC_VV","a1","08_03_GAMMA_
MAP_ASC_VV")
Export.table.toDrive(newft_09,"09_03_GAMMA_MAP_ASC_VH","a1","09_03_GAMMA_
MAP_ASC_VH")

Export.table.toDrive(newft_11,"11_03_Desc_VV_to_Natural","a1","11_03_Desc_VV_to_Na
tural")
Export.table.toDrive(newft_12,"12_03_Desc_VH_to_Natural","a1","12_03_Desc_VH_to_Na
tural")
//refined_lee DEASCENDING
Export.table.toDrive(newft_13,"13_03_Refined_Lee_DSC_VV","a1","13_03_Refined_Lee_
DSC_VV")
Export.table.toDrive(newft_14,"14_03_Refined_Lee_DSC_VH","a1","14_03_Refined_Lee_
DSC_VH")
// PERONA MALIK DEASCENDING
Export.table.toDrive(newft_15,"15_03_PER_MALIK_DSC_VV","a1","15_03_PER_MALIK_
_DSC_VV")
Export.table.toDrive(newft_16,"16_03_PER_MALIK_DSC_VH","a1","16_03_PER_MALIK_
_DSC_VH")
// PERONA MALIK DESCENDING
Export.table.toDrive(newft_17,"17_03_GAMMA_MAP_DSC_VV","a1","17_03_GAMMA_
MAP_DSC_VV")
Export.table.toDrive(newft_18,"18_03_GAMMA_MAP_DSC_VH","a1","18_03_GAMMA_
MAP_DSC_VH")

```

EK-4- Sentinel-2 1C verilerinin Google Earth Engine ortamında elde edilmesinde kullanılan javascript kod

```
// Kod, Google Earth Engine ortamında yayınlanan örnek kodlardan yararlanılarak  
// yazılmıştır.  
// INDEKS FORMULLERİ ise  
// https://www.sentinel-hub.com/develop/documentation/eo\_products/Sentinel2EOproducts  
// Sitesinden alınmıştır.  
//
```

```
var sinir = ee.FeatureCollection("users/mynet34/SINIR"),  
    table = ee.FeatureCollection("users/mynet34/SAYISALLAR/ALANLAR");
```

```
var box= ee.Geometry.Rectangle(29.2154, 40.7244, 29.4901, 40.3738);
```

```
///guncel agac koordinatları
```

```
var MA1=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.3007307266876,40.66253804727191), {'label':  
'MA1'});  
var MA2=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300752743,40.6626562909999), {'label':  
'MA2'});  
var MA3=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.30065046286864,40.66275654322353), {'label':  
'MA3'});  
var MA4=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300639033317566,40.66275415533889), {'label':  
'MA4'});  
var MA5=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300766399496023,40.663001793781476),  
{'label': 'MA5'});  
var MA6=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.300556821746518,40.662979498276194),  
{'label': 'MA6'});  
var SA1=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.4102105757518,40.398082141095195), {'label':  
'SA1'});  
var SA2=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.410027752608613,40.39801971368045), {'label':  
'SA2'});  
var SA3=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.409925193284373,40.39810889570152), {'label':  
'SA3'});  
var SA4=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.409706697332762,40.398073222893096),  
{'label': 'SA4'});  
var SA5=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.409764665646456,40.39794390896254), {'label':  
'SA5'});  
var SA6=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.41004112991177,40.3978903997499), {'label':  
'SA6'});  
var UA1=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.42418093935225,40.50679502477821), {'label':  
'UA1'});  
var UA2=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.424381598899657,40.50684853399085), {'label':  
'UA2'});  
var UA3=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.424546360969543,40.506943188521575),  
{'label': 'UA3'});  
var UA4=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.42437268069754,40.50698676612351), {'label':  
'UA4'});
```

```

var UA5=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.4244440263144,40.506821779384516), {'label':
'UA5'});
var UA6=ee.Feature(ee.Geometry.Point(29.424272775650024,40.50674740999952), {'label':
'UA6'});
var projealanlari =
ee.FeatureCollection([MA1,MA2,MA3,MA4,MA5,MA6,SA1,SA2,SA3,SA4,SA5,SA6,UA1,
UA2,UA3,UA4,UA5,UA6]);
var merkez = ee.FeatureCollection([MA1,MA2,MA3,MA4,MA5,MA6]);
var us =
ee.FeatureCollection([SA1,SA2,SA3,SA4,SA5,SA6,UA1,UA2,UA3,UA4,UA5,UA6]);

```

```

projealanlari=merkez

```

```

Map.layers().set(9, ui.Map.Layer(ee.Image().paint(projealanlari, 0, 1), {color: '553333'},
'AĞAÇLAR'));
Map.layers().set(9, ui.Map.Layer(ee.Image().paint(table, 0, 1), {color: '553333'},
'AĞAÇLAR'));

```

```

//GECICI

```

```

var point=projealanlari;
var cloudCoverMax = 5;
//Map.setCenter(29.3939, 40.5848, 9);
var images1 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterDate('2018-01-01', '2018-12-31')
  .filterBounds(projealanlari)
  .select('B1','B2','B3','B4','B5','B6','B7','B8','B8A','B9','B10','B11','B12')
  .sort('system:time_start', true)
  .filterMetadata('CLOUD_COVERAGE_ASSESSMENT', 'less_than', cloudCoverMax);

```

```

var images = images1.select(
  ['B1','B2','B3','B4','B5','B6','B7','B8','B8A','B9','B10','B11','B12'], // old names
  ['B01','B02','B03','B04','B05','B06','B07','B08','B08A','B09','B10','B11','B12'] // new names
);

```

```

var indicescoll = images.map(addNDVI);
indicescoll= indicescoll.map(addNDWI);
indicescoll= indicescoll.map(addMSI);
indicescoll= indicescoll.map(addNDII);
indicescoll= indicescoll.map(addSIPi);
indicescoll= indicescoll.map(addSR);
indicescoll= indicescoll.map(addEVI);
indicescoll= indicescoll.map(addMNDWI);
indicescoll= indicescoll.map(addSAVI);
indicescoll= indicescoll.map(addS2REP);
indicescoll= indicescoll.map(addRENDWI);
indicescoll= indicescoll.map(addRE_NDVI);
indicescoll= indicescoll.map(addPSRI);
indicescoll= indicescoll.map(addPSRI_NIR);
indicescoll= indicescoll.map(addNDVI_GREEN_NIR);
indicescoll= indicescoll.map(addNDVI705);
indicescoll= indicescoll.map(addNDI_45);

```

```

indicescoll= indicescoll.map(addNDBI);
indicescoll= indicescoll.map(addMTCI);
indicescoll= indicescoll.map(addMSR705);
indicescoll= indicescoll.map(addNDVI7052);
indicescoll= indicescoll.map(addMCARI);
indicescoll= indicescoll.map(addLAI_SAVI);
indicescoll= indicescoll.map(addIRECI);
indicescoll= indicescoll.map(addGRVI1);
indicescoll= indicescoll.map(addCHLREDEDGE);
indicescoll= indicescoll.map(addRDVI);
indicescoll= indicescoll.map(addREIP);
indicescoll= indicescoll.map(addDate);

print('Mapped NDVI :',indicescoll)

//var ret1 = getSeries(images, projealanlari);
//Export.table.toDrive(ret1,"01_Sentinel-2_band","a1","01_Sentinel-2_band")

var visParams = {
  bands: ['B04', 'B03', 'B02'],
  min: 0,
  max: 10000,
  gamma: [1.5, 1.5, 1.5]
};

var COLOR = {
  SOLOZ: 'ff0000',
  UREGIL: '0000ff',
  MERKEZ: '00ff00'
};

var projeImage = ee.Image(images.first());
//print(projeImage)
//print('ilk',projeImage);
var natural = ['B04', 'B03', 'B02'];
var swir = ['B06', 'B05', 'B03'];
var urban = ['B07', 'B06', 'B04'];
var veg = ['B05', 'B04', 'B03'];

Map.centerObject(box);
//Map.addLayer(ee.Image().paint(box, 0, 1), {color: '553333'}, 'SF');

var selectedIndex = 0;
var collectionLength = 0;

// Get the total number of images asynchronously, so we know how far to step.
images.size().evaluate(function(length) {
  collectionLength = length;
});

```

```

// Build the thumbnail display panel
var introPanel = ui.Panel([
  ui.Label({
    value: 'Proje Alanı Sentinel-2',
    style: {fontWeight: 'bold', fontSize: '12px', margin: '5px 10px'}
  }),
  //ui.Label('1_Ocak_2017 ile 31 Aralık 2017')
  //pos
]);

var dateLabel = ui.Label({style: {margin: '2px 0'}});
var prevButton = new ui.Button('<--', null, true, {margin: '0 auto 0 0'});
var pos= ui.Label();
var nextButton = new ui.Button('-->', null, false, {margin: '0 0 0 auto'});
//var buttonPanel = new ui.Panel([prevButton, position, nextButton],
var buttonPanel = new ui.Panel([prevButton,pos, nextButton],
  ui.Panel.Layout.Flow('horizontal'));

// Helper function to combine two JavaScript dictionaries.
function combine(a, b) {
  var c = {};
  for (var key in a) c[key] = a[key];
  for (var key in b) c[key] = b[key];
  return c;
}

// An empty thumbnail that gets filled in during the setImageByIndex callback.
var thumbnail = ui.Thumbnail({
  params: combine(visParams, {
    dimensions: '298x298',
    region: box.toGeoJSON(),
  }),
  style: {height: '300px', width: '300px'},
  onClick: function(widget) {
    projeImage=thumbnail.getImage();
    d_falsecolor(projeImage,0);
    d_ndvi(projeImage,1);
    d_ndwi(projeImage,2);
    d_natural(projeImage,3);
    d_infrared(projeImage,4);
    d_agri(projeImage,5);
    d_swir(projeImage,6);
    display(projeImage,7,"Stretched Image",'B04','B03','B02');
    Map.layers().set(8, ui.Map.Layer(ee.Image().paint(box, 0, 1), {color: '553333'}, 'SF',false));
    Map.layers().set(9, ui.Map.Layer(ee.Image().paint(projealanlari, 0, 1), {color: '553333'},
'AĞAÇLAR'));
  }
}

```

```

});

var imagePanel = ui.Panel([thumbnail]);
var idLabel = ui.Label({style: {margin: '2px 0'}});

var panel1 = ui.Panel({
  layout: ui.Panel.Layout.flow('vertical'),
  widgets: [introPanel, dateLabel, buttonPanel, imagePanel, idLabel],
  style: {position: 'bottom-right', width: '340px'}
});

var panel2 = ui.Panel();
panel2.style().set('width', '400px');

ui.root.insert(0, panel1);
ui.root.add(panel2);
//mainPanel.add(ui.Panel([lon, lat], ui.Panel.Layout.flow('horizontal')));

//Map.add(mainPanel);
// Create an image time series chart.
var tschart = ui.Chart.image.series({
  imageCollection: images,
  region: box,
  reducer: ee.Reducer.mean(),
  scale: 100
});

tschart.setOptions({
  title: 'Görüntü Bant Ortalamaları',
  hAxis: {title: 'Tarih', format: 'yyyy-MM-dd', gridlines: {count: 7}},
  lineWidth: 1,
  pointSize: 2,
});

panel1.widgets().set(8, tschart);
// Displays the thumbnail of the image at a particular index in the collection.
var setImageByIndex = function(index) {
  var image1 = ee.Image(images.toList(1, index).get(0));
  image1.get('system:id').evaluate(function(id) {
    idLabel.setValue('ID: ' + id);
  });
  image1.date().format("YYYY-MM-dd").evaluate(function(date) {
    dateLabel.setValue('Date: ' + date);
  });
};

thumbnail.setImage(image1);
projedImage=image1;
d_falsecolor(projedImage,0);

```

```

d_ndvi(projImage,1);
d_ndwi(projImage,2);
d_natural(projImage,3);
d_infrared(projImage,4);
d_agri(projImage,5);
d_swir(projImage,6);
display(projImage,7,"Stretched Image",'B04','B03','B02');
Map.layers().set(8, ui.Map.Layer(box, {color: '553333'}, 'SF',false));
Map.layers().set(9, ui.Map.Layer(projealanlari, {}, 'AĞAÇLAR'));
// Asynchronously update the image information.

```

```

////////
var bandChart = ui.Chart.image.regions({
  image: image1,
  regions: projealanlari,
  scale: 30,
  seriesProperty: 'label'
});
bandChart.setChartType('LineChart');
bandChart.setOptions({
  title: 'Proje Alanları Landsat 8 TOA band değerleri',
  hAxis: {
    title: 'Band'
  },
  vAxis: {
    title: 'Reflektans'
  },
  lineWidth: 1,
  pointSize: 4,
  series: {
    0: {color: COLOR.SOLOZ},
    1: {color: COLOR.UREGIL},
    2: {color: COLOR.MERKEZ}
  }
});

```

```

panel2.widgets().set(0, bandChart);

```

```

//////////
// From: https://landsat.usgs.gov/what-are-best-spectral-bands-use-my-study
var wavelengths = [.44, .49, .56, .66, .70, .74, .78, .84, .86, .94, 1.37, 1.61, 2.19];
var spectraChart = ui.Chart.image.regions({
  image: image1,
  regions: projealanlari,
  scale: 30,
  seriesProperty: 'label',
  xLabels: wavelengths
});
spectraChart.setChartType('LineChart');

```



```

spectraChart.setOptions({
  title: 'Proje Alanları Landsat 8 TOA Reflektansları',
  hAxis: {
    title: 'Dalgaboyu (micrometers)'
  },
  vAxis: {
    title: 'Reflektans'
  },
  lineWidth: 1,
  pointSize: 4,
  series: {
    0: {color: COLOR.SOLOZ},
    1: {color: COLOR.UREGIL},
    2: {color: COLOR.MERKEZ}
  }
});
panel2.widgets().set(1, spectraChart);
};

// Gets the index of the next/previous image in the collection and sets the
// thumbnail to that image. Disables the appropriate button when we hit an end.
var setImage = function(button, increment) {
  if (button.getDisabled()) return;
  setImageByIndex(selectedIndex += increment);
  nextButton.setDisabled(selectedIndex >= collectionLength - 1);
  prevButton.setDisabled(selectedIndex <= 0);
};

Map.onClick(function(coords) {
  // Update the lon/lat panel with values from the click event.
  //lon.setValue('lon: ' + coords.lon.toFixed(2)),
  //lat.setValue('lat: ' + coords.lat.toFixed(2));
  pos.setValue(('Lon: ' + coords.lon.toFixed(2)) + ('Lat: ' + coords.lat.toFixed(2)));
  // Add a red dot for the point clicked on.
  var point = ee.Geometry.Point(coords.lon, coords.lat);
  var dot = ui.Map.Layer(point, {color: 'FF0000'});
  Map.layers().set(1, dot);

});

Map.style().set('cursor', 'crosshair');

// Set up the next and previous buttons.
prevButton.onClick(function(button) {setImage(button, -1); });
nextButton.onClick(function(button) {setImage(button, 1); });

setImageByIndex(0);

/////

```

```

var Sentinel_NDVI = ui.Chart.image.series(indicescoll.select('NDVI'), projealanlari)
.setOptions({
title: 'Sentinel 2 NDVI',
hAxis: {title: 'Date',
  hAxis: {title: 'Tarih', format: 'yyyy-MM-dd', gridlines: {count: 7}},
},
vAxis: { title: 'NDVI',viewWindowMode: 'explicit',viewWindow: {max: 1,min: 0,},gridlines:
{count: 5,}}
});

//print(Sentinel_NDVI);
panel1.widgets().set(8, Sentinel_NDVI);

// Create two collections to sample from, one for each plot.
var rgb = images.select(['B04', 'B03', 'B02']);
var ndvi = images.map(function(image) {
  return image.select().addBands(image.normalizedDifference(['B08', 'B04']));
});

// Create an NDVI chart.
var ndviChart = ui.Chart.image.series(ndvi, point, ee.Reducer.mean(), 500);
ndviChart.setOptions({
  title: 'NDVI Noktasal Over Time',
  vAxis: {title: 'NDVI'},
  hAxis: {title: 'Tarih', format: 'yyyy-MM-dd', gridlines: {count: 7}},
});

//print (ndviChart);
panel1.widgets().set(9, ndviChart);

// Create an RGB spectrum chart.
var rgbChart = ui.Chart.image.series(rgb, point)
.setOptions({
  title: 'RGB Reflectance Noktasal Over Time',
  vAxis: {title: 'band value'},
  hAxis: {title: 'Tarih', format: 'yyyy-MM-dd', gridlines: {count: 7}},
});
//print(rgbChart);
panel1.widgets().set(10, rgbChart);

/// stretch fonksiyonu

function display(resim, lyrno, str,b1,b2,b3) {
var params = resim.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.percentile([5, 95]),
  geometry: Map.getBounds(true),
  scale: Map.getScale(),
});

```

```

function setDisplay(dictionary) {
  var visParams = {
    bands: [b1,b2,b3],
    min: [
      dictionary['B04_p5'], dictionary['B03_p5'], dictionary['B02_p5']
    ],
    max: [
      dictionary['B04_p95'], dictionary['B03_p95'], dictionary['B02_p95']
    ]
  };
  //Map.centerObject(resim);
  Map.layers().set(lyrno, ui.Map.Layer(resim, visParams,str));
  //print(lyrno);
}
params.evaluate(setDisplay);
}

/////
function d_falsecolor(resim,lyr){
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['B05', 'B04', 'B03'],
    min: 500, max: 7000,
    gamma: [1]}, 'False Color',false));
}

function d_natural(resim,lyr) {
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['B04', 'B03', 'B02'],
    min: 500, max: 7000,
    gamma: [1.3]}, 'Natural',false));
}

function d_infrared(resim,lyr){
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['B08', 'B04', 'B03'],
    min: 500, max: 7000,
    gamma: [1.3]}, 'Color Infrared',false));
}

function d_agri(resim,lyr){
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['B11', 'B08A', 'B02'],
    min: 500, max: 7000,
    gamma: [1.3]}, 'Agriculture',false));
}

function d_swir(resim,lyr){
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['B12', 'B08', 'B04'],
    min: 500, max: 7000,
    gamma: [1.5, 1.5, 1.5]}, 'SWIR',false));
}

```

```

}

function d_ndvi(resim,lyr){
  var palette1 = [ 'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
    '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];

  resim = addNDVI(resim);
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['NDVI'],
    min: 0, max: 0.7, palette:palette1,
    //gamma: [1.5, 1.5, 1.5]

  },
    'NDVI',false));
}

function d_ndwi(resim,lyr){
  var palette2 = [ '0000FF', '00FFFF', 'FFFF00', 'FF0000', 'FFFFFF'];
  resim = addNDWI(resim);
  Map.layers().set(lyr, ui.Map.Layer(resim, {bands: ['NDWI'],
    min: 0, max: 0.7, palette:palette2,
    //gamma: [1.5, 1.5, 1.5]

  }, 'NDWI',false));
}

//// Functions indexler ////

function addSR(image) {
  var img = image.expression(
    '((NIR) / (RED))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04')
    });
  return image.addBands(img.rename('SR'))
}

function addSIPI(image) {
  var img = image.expression(
    '((NIR - AER) / (NIR + RED))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04'),
      'AER':image.select('B01')
    });
  return image.addBands(img.rename('SIPI'))
}

```

```

function addSAVI(image) {
  var img = image.expression(
    '1.5 * ((NIR - RED) / (NIR + RED + 0.5))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04'),
      'BLUE': image.select('B02')
    });
  return image.addBands(img.rename('SAVI'))
}

function addS2REP(image) {
  var img = image.expression(
    '705+35*(0.5*(RE3+RED)-RE1)/(RE2-RE1)', {
      'RE3': image.select('B07'),
      'RED': image.select('B04'),
      'RE1': image.select('B05'),
      'RE2': image.select('B06')
    });
  return image.addBands(img.rename('S2REP'))
}

function addRENDWI(image) {
  var img = image.expression(
    '(GREEN - RE1) / (GREEN + RE1)', {
      'RE1': image.select('B05'),
      'GREEN': image.select('B03')
    });
  return image.addBands(img.rename('RENDWI'))
}

function addRE_NDVI(image) {
  var img = image.expression(
    '(NIR - RE2) / (NIR + RE2)', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RE2': image.select('B06')
    });
  return image.addBands(img.rename('RE_NDVI'))
}

function addPSRI(image) {
  var img = image.expression(
    '(RED - BLUE) / (RE1)', {
      'RED': image.select('B04'),
      'BLUE': image.select('B02'),
      'RE1': image.select('B05')
    });
  return image.addBands(img.rename('PSRI'))
}

function addPSRI_NIR(image) {

```

```

var img = image.expression(
  '(RED-BLUE) / (NIR)', {
    'NIR': image.select('B08'),
    'RED': image.select('B04'),
    'BLUE': image.select('B02')
  });
return image.addBands(img.rename('PSRIN'))
}

function addNDVI_GREEN_NIR(image) {
  var img = image.expression(
    'GREEN*(NIR-RED) / (NIR+RED)', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04'),
      'GREEN': image.select('B03')
    });
  return image.addBands(img.rename('NDVIG'))
}

function addNDVI705(image) {
  var img = image.expression(
    '(RE2-RE1)/(RE2+RE1)', {
      'RE1': image.select('B05'),
      'RE2': image.select('B06')
    });
  return image.addBands(img.rename('NDVI705'))
}

function addNDI_45(image) {
  var img = image.expression(
    '(RE1-RED)/(RED+RE1)', {
      'RE1': image.select('B05'),
      'RED': image.select('B04')
    });
  return image.addBands(img.rename('NDVI45'))
}

function addNDBI(image) {
  var img = image.expression(
    '((SWIR-NIR) / (NIR + SWIR))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'SWIR': image.select('B11')
    });
  return image.addBands(img.rename('NDBI'))
}

function addMTCI(image) {
  var img = image.expression(
    '(RE2-RE1)/(RE1-RED)', {
      'RED': image.select('B04'),

```

```

        'RE1': image.select('B05'),
        'RE2': image.select('B06')
    });
    return image.addBands(img.rename('MTCI'))
}

function addMSR705(image) {
    var img = image.expression(
        '(RE2-AER)/(RE1-AER)', {
            'AER': image.select('B01'),
            'RE1': image.select('B05'),
            'RE2': image.select('B06')
        });
    return image.addBands(img.rename('MSR705'))
}

function addMSI(image) {
    var img = image.expression(
        '((SWIR) / (NIR))', {
            'NIR': image.select('B08'),
            'SWIR': image.select('B11')
        });
    return image.addBands(img.rename('MSI'))
}

function addMNDWI(image) {
    var img = image.expression(
        '((GREEN - SWIR) / (GREEN + SWIR))', {
            'GREEN': image.select('B03'),
            'SWIR': image.select('B11')
        });
    return image.addBands(img.rename('MNDWI'))
}

function addNDVI7052(image) {
    var img = image.expression(
        '(RE2-RE1)/(RE1+RE2*(2*AER))', {
            'AER': image.select('B01'),
            'RE1': image.select('B05'),
            'RE2': image.select('B06')
        });
    return image.addBands(img.rename('NDVI7052'))
}

function addMCARI(image) {
    var img = image.expression(

```

```

    '1-0.2*(RE1-GREEN)/(RE1-RED)', {
      'GREEN': image.select('B03'),
      'RED': image.select('B04'),
      'RE1': image.select('B05')
    });
  return image.addBands(img.rename('MCARI'))
}

function addLAI_SAVI(image) {
  var img = image.expression(
    '-log (0.371+1.5*(NIR - RED) / (NIR + RED + 0.5)/2.4)', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04')
    });
  return image.addBands(img.rename('LAISAVI'))
}

function addIRECI(image) {
  var img = image.expression(
    '(RE3-RED)*RE2/RE1', {
      'RE3': image.select('B07'),
      'RED': image.select('B04'),
      'RE1': image.select('B05'),
      'RE2': image.select('B06')
    });
  return image.addBands(img.rename('IRECI'))
}

function addGRVI1(image) {
  var img = image.expression(
    '(RED-GREEN)/(GREEN+RED)', {
      'GREEN': image.select('B03'),
      'RED': image.select('B04')
    });
  return image.addBands(img.rename('GRVI1'))
}

function addEVI(image) {
  var img = image.expression(
    '2.5 * ((NIR - RED) / (NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04'),
      'BLUE': image.select('B02')
    });
  return image.addBands(img.rename('EVI'))
}

```



```
function addNDII(image) {
  var img = image.expression(
    '((NIR - SWIR) / (NIR + SWIR))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'SWIR': image.select('B11')
    });
  return image.addBands(img.rename('NDII'))
}
```

```
function addNDVI(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['B08', 'B04']);
  return image.addBands(ndvi.rename('NDVI'));
}
```

```
function addNDWI(image) {
  var ndwi = image.normalizedDifference(['B03', 'B08']);
  return image.addBands(ndwi.rename('NDWI'));
  //return image.addBands(ndvi.rename('SRp'));
}
```

```
//Chlorophyll Red-Edge
function addCHLREEDGE(image) {
  var img = image.expression(
    '((NIR) / (RED))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04')
    });
  return image.addBands(img.rename('CHLRE'))
}
```

```
function addRDVI(image) {
  /*
  var img = image.expression(
    //'(NIR - RED) / ((NIR + RED)^0.5)', {
    '(NIR - RED) / ((NIR + RED))', {
      'NIR': image.select('B08'),
      'RED': image.select('B04')
    });

  */
  var img = image.select('B08').subtract(image.select('B04'))
    .divide((image.select('B08').add(image.select('B04'))).sqrt());

  return image.addBands(img.rename('RDVI'))
}
```

```
function addGNDVI(image) {
  var img = image.expression(
    '(NIR - GREEN) / ((NIR + GREEN))', {
      'NIR': image.select('B08'),
```

```

    'GREEN': image.select('B03')
  });
  return image.addBands(img.rename('GNDVI'))
}

```

```

function addREIP(image) {
  var img = image.expression(
    '700+40*((RED+RE3)/2-RE1)/(RE2-RE1)', {
    'RE3': image.select('B07'),
    'RED': image.select('B04'),
    'RE1': image.select('B05'),
    'RE2': image.select('B06')
  });
  return image.addBands(img.rename('REIP'))
}

```

```

function addDate(image) {
  var newdate= ee.Date(image.get('system:time_start')).format('yyyy-MM-dd');
  return image.set('NewDate', newdate);
}

```

// Rodrigo E. Principe,
 // <https://stackoverflow.com/questions/42742742/extract-pixel-values-by-points-and-convert-to-a-table-in-google-earth-engine>

```

var ft = ee.FeatureCollection(ee.List([]))
var fill = function(img, ini) {
  // type cast
  var inift = ee.FeatureCollection(ini)
  // gets the values for the points in the current img
  var ft2 = img.reduceRegions(projealanlari, ee.Reducer.first(),10)
  // gets the date of the img
  //var date = img.date().format()
  var date2 = ee.String(img.get("NewDate"))
  // writes the date in each feature
  var ft3 = ft2.map(function(f){return f.set("date2", date2)})
  // merges the FeatureCollections
  return inift.merge(ft3)
}

// Iterates over the ImageCollection
var newft = ee.FeatureCollection(indicescoll.iterate(fill, ft))
// Export
Export.table.toDrive(newft,"BandDegerleri","a1","BandDegerleri_indeksler")

```

```

var ft = ee.FeatureCollection(ee.List([]))

```

ÖZGEÇMİŞ

Siirt Merkez ilçede doğdu. İlkokulu Siirt Atatürk İlkokulu, ortaokulu Siirt Merkez Orta Okulunda okudu. 1988 yılında Van Ziraat Meslek Lisesinden mezun oldu. Önlisansı İstanbul Teknik Üniversitesi Sakarya Meslek Okulu Tarım Makineleri bölümünde, lisansı Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesinde tamamladı. Yüksek lisansını Ahmet Yesevi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yaptı. 1988 yılında göreve başladı. Sırasıyla Mardin Gercüş, Siirt, Sakarya, Tekirdağ, Batman İl Müdürlüklerinde görev yaptı. Halen Atatürk Bakçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde Hasat Sonrası Fziyolojisi ve Mekanizasyon bölümünde görev yapmaktadır.

^19 REF