



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

**ORMAN YANGINLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ
İLE ANALİZİ: BİGA VE GELİBOLU YARIMADASI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

MEHMET GÖVDETAŞAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM

**ORMAN YANGINLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE
ANALİZİ: BİGA VE GELİBOLU YARIMADASI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

MEHMET GÖVDETAŞAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Mehmet GÖVDETAŞAN tarafından Doç. Dr. Emre ÖZELKAN danışmanlığında hazırlanan ve .././2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**ORMAN YANGINLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ: BİGA VE GELİBOLU YARIMADASI ÖRNEĞİ**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Coğrafya Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Emre ÖZELKAN
(Danışman)

Prof. Dr. Hasan TATLI

Doç. Dr. Önder GÜRSOY

İmza

Tez No: .././2022

Tez Savunma Tarihi: .././2022

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././2022

ETİK BEYAN

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

Mehmet GÖVDETAŞAN

2022

TEŐEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarımı esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Emre ÖZELKAN'a, lisans ve yüksek lisans eğitimimde karŐlaŐtıęım her problemde bana yol gösteren merhum hocam Prof. Dr. Telat KOÇ'a, beni istediğim alana yönlendirip yolumu aydınlatan Prof. Dr. Hasan TATLI'ya, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen varlığıyla hayatıma anlam katan annem Őhriban GÖVDETAŞAN'a, hayatımın her evresinde bana destek olan amcam Ekrem GÖVDETAŞAN'a ve değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Mehmet GÖVDETAŞAN
anakkale, Mayıs 2022

ÖZET

ORMAN YANGINLARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ: BİGA VE GELİBOLU YARIMADASI ÖRNEĞİ

Mehmet GÖVDETAŞAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Yeterlik Tezi

Danışman: Doç. Dr. Emre ÖZELKAN

28/04/2022, 178

Doğal ve beşeri nedenler ile oluşabilen orman yangınlarının ekolojik etkileri dikkate alındığında, günümüzün en önemli afetlerinden birisidir. İklim değişikliğinin meteorolojik kökenli afetleri tetikleme gibi etkilerinin çokça hissedildiği ve ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz iklim kuşağında orman yangınları özellikle yaz aylarında giderek daha sık ve yıkıcı bir hal almaktadır. Bu nedenle orman yangınlarıyla mücadele konusunda gelişen uzaktan algılama yöntemleri ve uydu teknolojileri, geniş alanları tek seferde görüntüleyebilme yeteneği sayesinde, orman yangını öncesi, esnası ve sonrasında, hızlı ve yüksek doğruluklu çalışmalara olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada 2000-2020 yılları arasında Biga ve Gelibolu Yarımadalarında meydana gelen on hektar (ha) ve üzeri 24 orman yangını uydudan uzaktan algılama ile incelenmiştir. Uzaktan algılama verisi olarak Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+) ve Landsat 8 (OLI) multispektral uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yangın öncesi ve sonrası uydu görüntülerinden üretilen ve yangın hasar tespiti çalışmalarında sıklıkla kullanılan bitki örtüsü endeksleri kullanılarak ne kadar alanın hasar gördüğü tespit edilmiştir. Çalışmada NDVI, NBR, NBR2, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI ve GEMI endeksleri kullanılmıştır. Endeks görüntüleri ile elde edilen yanan alan bilgilerinin Orman Genel Müdürlüğü'nden (OGM) temin edilen veriler ile arasındaki ilişki korelasyon-regresyon, ANOVA ve RMSE analizleri ile incelenmiştir. Sonuçlara göre 15 metre çözünürlükte MSAVI'nın daha yüksek ilişkiye sahip olduğu tespit edilirken, 30 metre çözünürlükte ise GEMİ daha yüksek ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 15 metre mekânsal çözünürlükteki uydu görüntüleri ile 30 metre mekânsal çözünürlükteki uydu görüntülerin kıyaslanmasında 15 metre de EVI, MSAVI,

NBR ve NDMI en iyi ilişkiyi sağlarken, 30 metre de NDVI, SAVI, NBR2 ve GEMI en iyi ilişkiyi sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangınları, Uzaktan Algılama, Biga Yarımadası, Gelibolu Yarımadası, Landsat



ABSTRACT

ANALYSIS OF FOREST FIRES WITH REMOTE SENSING TECHNIQUES: THE CASE OF BIGA AND GELIBOLU PENINSULA

Mehmet GÖVDETAŞAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master's Thesis of the Department of Geography

Advisor: Doc. Dr. Emre ÖZELKAN

28/04/2022, 178

Considering the ecological effects of forest fires, which can occur due to natural and human causes, it is one of the most important disasters of today. In the Mediterranean climate zone, where the effects of climate change such as triggering meteorological disasters are felt and our country is located in, forest fires are becoming more frequent and destructive, especially in summer. For this reason, developing remote sensing methods and satellite technologies in combating forest fires enable fast and high-accuracy studies before, during and after forest fires, thanks to their ability to view large areas at once.

In this study, 24 forest fires of ten hectares (ha) and above that occurred in the Biga and Gallipoli Peninsulas between 2000 and 2020 were investigated by satellite remote sensing. Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+) and Landsat 8 (OLI) multispectral satellite images were used as remote sensing data. It was determined how much area was damaged by using vegetation indices produced from satellite images before and after the fire and which are frequently used in fire damage assessment studies. NDVI, NBR, NBR2, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI and GEMI indices were used in the study. The relationship between the burned area information obtained with the index images and the data obtained from the General Directorate of Forestry (GDF) was examined by correlation-regression, ANOVA and RMSE analyzes. According to the results, it was found that MSAVI has a higher correlation at 15 meters resolution, while SHIP has a higher correlation at 30 meters resolution. In addition, in the comparison of satellite images with a spatial resolution of 15 meters and satellite images with a spatial resolution of 30 meters, EVI, MSAVI, NBR and

NDMI provided the best relationship at 15 meters, while NDVI, SAVI, NBR2 and GEMI at 30 meters provided the best relationship.

Keywords: Forest Fires, Remote Sensing, Biga Peninsula, Gallipoli Peninsula, Landsat



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
TABLolar DİZİNİ	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Uzaktan Algılama (UA).....	4
1.2. Uzaktan Algılama Sistemleri	5
1.2.1. Uzaktan Algılama Sistemlerinin Elemanları	6
1.2.2. Elektromanyetik Radyasyon (EMR) ve Elektromanyetik Tayf	7
1.2.3. Uzaktan Algılamada Çözünürlük Kavramı	10
1.2.4. Uydu Verisi.....	12
1.2.5. Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları.....	12
1.2.6. Dijital Veri İşleme ve Bilgi Üretim Metodları	13
1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	15
1.3.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bileşenleri	15
1.3.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Çalışma Prensipleri	17
1.3.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları	18

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Önceki Çalışmalar.....	19
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Çalışma Alanı	25
3.1.1. Coğrafi Konum.....	25
3.1.2. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler	26
3.1.3. İklim Özellikleri	28
3.1.4. Bitki Örtüsü	29
3.2. Kullanılan Uydu Görüntüleri	29

3.3. Yersel Veri.....	30
3.4. Görüntü İşleme ve Veri Analizi.....	32
3.5. Bitki Örtüsü Endeksleri	33
3.5.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI)	34
3.5.2. Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (EVI).....	35
3.5.3. Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü Endeksi (SAVI).....	36
3.5.4. Modifiye Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Endeksi (MSAVI).....	36
3.5.5. Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi (NDMI).....	37
3.5.6. Normalleştirilmiş Yanma Oranı (NBR).....	37
3.5.7. Normalleştirilmiş Yanma Oranı 2 (NBR2)	38
3.5.8. Küresel Çevre İzleme Endeksi (GEMI).....	38

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. 15 ve 30 Metre Mekânsal Çözünürlükteki Görüntülerin Analizi	40
4.2. 15 ve 30 Metre Mekânsal Çözünürlükteki Görüntülerin Karşılaştırılması.....	97

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKÇA	109
EKLER	I
EK 1. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Aksaz yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	I
EK 2. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Aksaz yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	II
EK 3. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Zerdalilik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	III
EK 4. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Zerdalilik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	IV
EK 5. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Çamlıca yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	V
EK 6. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Çamlıca yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	VI
EK 7. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Alpagut yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	VII
EK 8. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Gökçe yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	VIII

EK 9. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Yalova yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	IX
EK 10. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Çınarlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	X
EK 11. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kırca yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XI
EK 12. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Karabiga yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XII
EK 13. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Taştepe yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XIII
EK 14. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Yiğitler yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XIV
EK 15. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Keçiagılı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XV
EK 16. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Karasuçam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XVI
EK 17. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Karasuçam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XVII
EK 18. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Ilgardere yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XVIII
EK 19. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Ilgardere yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XIX
EK 20. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Yeniçiftlik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XX
EK 21. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Yeniçiftlik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXI
EK 22. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Güzelyalı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXII
EK 23. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Güzelyalı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXIII
EK 24. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Sarıköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXIV
EK 25. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Sarıköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXV
EK 26. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kazdağı Talim Alanı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXVI
EK 27. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kazdağı Talim Alanı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXVII
EK 28. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Misvak yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXVIII

EK 29. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Misvak yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXIX
EK 30. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kemallı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXX
EK 31. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kemallı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXI
EK 32. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Behramlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXII
EK 33. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Behramlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXIII
EK 34. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kumköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXIV
EK 35. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kumköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXV
EK 36. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kızıldam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXVI
EK 37. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kızıldam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXVII
EK 38. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Akçakoyun yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXVIII
EK 39. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Akçakoyun yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri	XXXIX
EK 40. 13.07.2000 Landsat 7 (ETM+) Aksaz yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XL
EK 41. 13.07.2000 Landsat 7 (ETM+) Zerdalilik yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLI
EK 42. Landsat 7 (ETM+) Çamlıca yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLII
EK 43. 24.05.2013 Landsat 8 (OLI) Karasuçam yangın sonrası endekslerin değer aralıkları	XLIII
EK 44. 27.07.2013 Landsat 8 (OLI) Ilgardere yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLIV
EK 45. 08.07.2016 Landsat 8 (OLI) Yeniçiftlik yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLV
EK 46. 20.07.2016 Landsat 8 (OLI) Güzelyalı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLVI
EK 47. 24.07.2016 Landsat 8 (OLI) Sarıköy yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLVII
EK 48. 07.08.2016 Landsat 8 (OLI) Kazdağı Talim Alanı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLVIII

EK 49. 02.07.2017 Landsat 8 (OLI) Misvak yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	XLIX
EK 50. 25.06.2019 Landsat 8 (OLI) Kemallı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları ..L	
EK 51. 10.08.2019 Landsat 8 (OLI) Bekramlı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları,	LI
EK 52. 06.07.2020 Landsat 8 (OLI) Kumköy yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LII
EK 53. 30.07.2020 Landsat 8 (OLI) Kızıldam yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LIII
EK 54. 22.08.2020 Landsat 8 (OLI) Akçakoyun yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LIV
EK 55. 04.07.2007 Landsat 5 (TM) Alpagut yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LIV
EK 56. 19.07.2007 Landsat 5 (TM) Gökçe yangını sonrası endekslerin değer aralıkları ..LV	
EK 57. 17.06.2008 Landsat 5 (TM) Yalova yangını sonrası endekslerin değer aralıkları ..LV	
EK 58. 30.07.2008 Landsat 5 (TM) Çınarlı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları LVI	
EK 59. 03.08.2008 Landsat 5 (TM) Kırca yangını sonrası endekslerin değer aralıkları.. LVI	
EK 60. 11.07.2009 Landsat 5 (TM) Kırca yangını sonrası endekslerin değer aralıkları. LVII	
EK 61. 17.07.2009 Landsat 5 (TM) Taştepe yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LVII
EK 62. 17.08.2011 Landsat 5 (TM) Yiğitler yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LVIII
EK 63.20.08.2011 Landsat 5 (TM) Keçiağılı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları	LVIII
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

UA	Uzaktan Algılama
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi
EVI	Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi
SAVI	Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü Endeksi
MSAVI	Modifiye Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Endeksi
NBR	Normalleştirilmiş Yanma Oranı
NBR2	Normalleştirilmiş Yanma Oranı 2
NDMI	Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi
GEMI	Küresel Çevre İzleme Endeksi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
PMI	Periyodik Nem Endeksi
PST	Potansiyel Yüzey Sıcaklığı
MNDFI	Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Yangın Endeksi
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
m	Metre
MIRBI	Orta Kızılötesi Yanma Endeksi
BAI	Yanan Alan Endeksi
RMSE	Ortalama Karekök Sapması
Ha	Hektar
LST	Arazi Yüzey Sıcaklığı
NBRT	Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti
Ts	Yüzey Sıcaklığı
FWI	Kanada Orman Yangını Hava Durumu Endeksi
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
AVHRR	Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre
FRDI	Yangın Riski Dinamik Endeksi
FRSI	Yangın Riski Statik Endeksi
USGS	Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu
NIR	Yakın Kızılötesi Bant
SWIR	Kısa Dalga Kızılötesi Bant

MIR	Orta Kızılötesi
B	Mavi Bant
R	Kırmızı Bant
μm	Mikrometre
TM	Thematik Mapper
ETM +	Enhanced Thematic Mapper Plus
OLI	Operational Land Imager
DI	Bozulma Endeksi
VFC	Kesirli Bitki Örtüsü
RMSE	Ortalama Karekök Sapması
ANOVA	Varyans Analizi
B3	Bant 3
B4	Bant 4
B5	Bant 5
Mm	Millimetre
KD	Kuzeydoğu
GB	Güneybatı

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Elektromanyetik tayf bölgeleri	10
Tablo 2	Uzaktan algılama uygulama alanları	13
Tablo 3	Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulama alanları	18
Tablo 4	Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri	30
Tablo 5	Çalışmada kullanılan yangınlar	31
Tablo 6	Çalışmada kullanılan endeksler	34
Tablo 7	15 metre mekânsal çözünürlükteki görüntülerin endeks alan hesaplamaları	39
Tablo 8	30 metre mekânsal çözünürlükteki görüntülerin endeks alan hesaplamaları	40
Tablo 9	15 metre çözünürlükteki endekslerin analiz sonuçları	104
Tablo 10	30 metre çözünürlükteki endekslerin analiz sonuçları	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Optik Uzaktan Algılama	4
Şekil 2	Uzaktan Algılama platformları	5
Şekil 3	Aktif Sistemler ve Pasif Sistemler	6
Şekil 4	Uzaktan Algılama Sistemlerinin Elemanları	7
Şekil 5	Frekans, Dalgaboyu ve Şiddet	8
Şekil 6	Elektromanyetik Tayf	9
Şekil 7	Spektral çözünürlüğün gösterilmesi	11
Şekil 8	Geometrik (mekânsal) çözünürlüğün gösterilmesi	11
Şekil 9	Radyometrik çözünürlüğün gösterilmesi	12
Şekil 10	Landsat görüntüsü ve Geometrik düzeltme yapılmış görüntü	14
Şekil 11	Algılayıcı kaynaklı radyometrik hata, Bulut etkisi ve Sis etkisi	15
Şekil 12	Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bileşenleri	16
Şekil 13	Raster ve Vektör veri modelleri	17
Şekil 14	Çalışma Alanı	26
Şekil 15	Çalışmada kullanılan yangınların çalışma sahasına dağılışı	31
Şekil 16	Uygulama sırasında izlenen işlem adımları	32
Şekil 17	15 ve 30 metre çözünürlükteki NDVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	42

Şekil 18	15 ve 30 metre çözünürlükteki EVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	44
Şekil 19	15 ve 30 metre çözünürlükteki SAVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	46
Şekil 20	15 ve 30 metre çözünürlükteki MAVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	48
Şekil 21	15 ve 30 metre çözünürlükteki NBR değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	50
Şekil 22	15 ve 30 metre çözünürlükteki NBR2 değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	52
Şekil 23	15 ve 30 metre çözünürlükteki NDMI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	54
Şekil 24	15 ve 30 metre çözünürlükteki GEMI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	56
Şekil 25	Aksaz 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	57
Şekil 26	Zerdalilik 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	58
Şekil 27	Çamlıca 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	59

Şekil 28	Karasuçam 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	60
Şekil 29	İlgardere 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	61
Şekil 30	Yeniçiftlik 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	62
Şekil 31	Güzelyalı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	63
Şekil 32	Sarıköy 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	64
Şekil 33	Kazdağı Talim Alanı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	65
Şekil 34	Misvak 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	66

Şekil 35	Kemallı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	67
Şekil 36	Behramlı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	68
Şekil 37	Kumköy 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	69
Şekil 38	Kızıldam 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	70
Şekil 39	Akçakoyun 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	71
Şekil 40	Aksaz 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	72
Şekil 41	Zerdalilik 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	73

Şekil 42	Çamlıca 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	74
Şekil 43	Alpagut 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	75
Şekil 44	Gökçe 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	76
Şekil 45	Yalova 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	77
Şekil 46	Çınarlı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	78
Şekil 47	Kırca 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	79
Şekil 48	Karabiga 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	80

Şekil 49	Taştepe 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	81
Şekil 50	Yiğitler 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	82
Şekil 51	Keçiağılı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	83
Şekil 52	Karasuçam 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	84
Şekil 53	İlgardere 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	85
Şekil 54	Yeniçiftlik 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	86
Şekil 55	Güzelyalı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	87

Şekil 56	Sarıköy 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	88
Şekil 57	Kazdağı Talim Alanı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	89
Şekil 58	Misvak 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	90
Şekil 59	Kemallı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	91
Şekil 60	Behramlı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	92
Şekil 61	Kumköy 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	93
Şekil 62	Kızıldam 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	94

Şekil 63	Akçakoyun 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri	95
Şekil 64	15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki NDVI ve EVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	97
Şekil 65	15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki SAVI ve MSAVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	99
Şekil 66	15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki NBR ve NBR2 değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	101
Şekil 67	15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki NDMI ve GEMI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki	103

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Orman yangını, ateşin neden olduğu toprak ve bitki örtüsündeki değişim derecesi olarak tanımlanabilmesiyle birlikte ekosistem bozulmasının ve ekolojik hasarın başlıca nedenlerinden birini temsil eder (Escuin vd., 2008: 1053). Bu durum nüfus artışı ile paralellik göstermekle birlikte son yıllarda afet düzeyindeki orman yangınlarının başlıca sebepleri arasında iklimsel değişimler, dünya nüfusundaki hızlı artış ve ormanlar üzerindeki yanlış uygulamalar yer almaktadır (Ertuğrul, 2005: 43–44). İklim değişikliğine bağlı olarak yaz aylarında yüksek değerlerde olan sıcaklıklar, düşük nem ve yağışların az olması orman yangınları açısından büyük bir risk oluşturmaktadır (Ateşoğlu vd., 2015: 133; Karaca ve Güllü, 2019: 3). Ekolojik bir sorun olan orman yangınları, beşeri ya da doğal nedenli olup olmadığına bakılmaksızın Asya, Avustralya, Afrika ve Amerika'daki orman ve tarım arazileri de dâhil olmak üzere yaban hayatı, doğal kaynaklar ve insan yaşamı üzerinde uzun süreli ciddi etkilere neden olmaktadır (Dong vd., 2005: 169).

Uzaktan algılama (UA) için uygun bir çalışma konusu olan orman yangınları, yeni teknik ve analizleriyle yerel ya da küresel yangın çalışmalarında aktif olarak kullanılmaktadır (Çolak ve Sunar, 2018: 2). Uzaktan algılama teknolojisi, spektral olarak bitkilerin özellikleri ve yapıları hakkında bilgiler verdiği için yangın yönetiminin farklı aşamalarında (tahmin, tespit ve değerlendirme) kullanıldığı gibi, yangın öncesi ve yangın sonrası yapılan araştırmalarda yüzeyde orman yangınlarından dolayı farklılıklar izlenilebilir ve yangına sebep olan değişimler hakkında bilgiler edinebilir (Jaiswal vd., 2002: 9; Özelkan ve Ormeci, 2008: 53). Ayrıca yangın esnasında ulaşım sağlanmayan yerlerde ateşin yönünü ve şiddetini ekonomik olarak değerlendirilip izlenebilmek uzaktan algılama teknikleri ile mümkündür (Sarp vd., 2018: 301). Uzaktan algılama da uydu teknolojisine bağlı olarak elde edilen verilerin güvenilir ve doğru olması, verilere ulaşım kolaylığı, ulaşılan verilerin mekânsal ve spektral olarak farklı analizlerin sağlanması ve uydu verileri ile yerel verilerin karşılaştırıp analiz edilmesi uzaktan algılamanın önemini artırmaktadır (Özdemir vd., 2010: 116; Arıca vd., 2012: 221; Özelkan, 2019: 905). Uzay platformlarındaki sensör sistemlerinden elde edilen verilere uygulanan farklı sınıflandırma teknikleri aracılığıyla (piksel veya obje tabanlı) yanan alanların belirlenmesine dair birçok çalışma yapılmıştır ve çalışmalarda hasar tespit analiz sonuçları tutarlı olduğu tespit edilmiştir (Sabuncu ve Özener, 2019: 319). Uzaktan algılama da uydu görüntülerinin analizi, yeterli spektral ve

mekânsal çözünürlük sunduğu için yanmış alanları haritalamak ve yangın şiddeti değerlendirmesi için değerli bir araçtır.

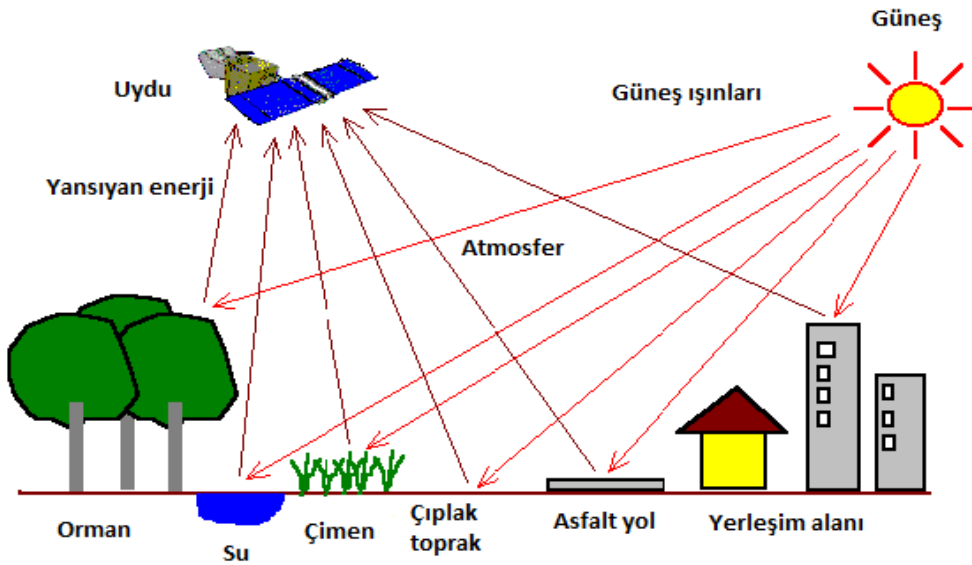
Bitki örtüsündeki yangın şiddeti düzeyini tahmin etmek için kullanılan teknikler arasında uydu bantlarından elde edilen birçok endeks geliştirilmiştir (Bannari vd., 1995: 97; Lyon vd., 1998: 144; Escuin vd., 2008: 1054). NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (Rouse vd., 1973), bitki yeşilliğiyle ilgili çeşitli endeksler arasında yaygın olarak kullanılır ve (kırmızı [0,60–0,70 μm] ve yakın kızılötesi (NIR) [0,70–0,90 μm]) arasındaki farkın toplamının oranıdır (Rouse vd., 1973: 312–313; Bonneau vd., 1999: 259; Doğan vd., 2009: 3770; Yıldız vd., 2012: 50; Atesoglu vd., 2016: 72). NDVI, vejetatif canlılığı ölçmek ve çok boyutlu ölçümlerden yüzey özellikleri hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Yeşil bitki örtüsünü diğer yüzeylerden ayırır çünkü yeşil bitki örtüsünün klorofili fotosentez için kırmızı ışığı emer ve yakın kızılötesi (NIR) dalga boylarını yansıtır (Al-doski vd., 2013: 1; Gandhi vd., 2015: 1202). NBR: Normalleştirilmiş Yanma Oranı (Key ve Benson 2006), yangın şiddetini haritalamak için güvenilir bir araç olarak sunulan bir endekstir ve yakın kızılötesi (NIR) ile orta kızılötesi (MIR) yansıma arasındaki farkın toplamına bölünmesiyle hesaplanır (Roy vd., 2006: 112; Danelichen vd., 2016: 4266). Normalize Yanma Oranı (NBR) günümüzde yangın haritalama için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yangın olaylarından kaynaklanan yansıma değişikliklerini en üst düzeye çıkarmaya çalışır, çünkü yangınlardan sonra NIR yansıması azalır ve orta kızılötesi (MIR) yansıması yangın öncesi değerlere kıyasla artar (García ve Caselles, 1991: 34; Lozano vd., 2007: 534). NBR2: Normalleştirilmiş Yanma Oranı 2 (Garcia ve Caselles 1991), kısa dalga ile orta kızılötesi yansıtma (MIR, 2,08–2,35 μm) arasında kontrast oluşturur ve ayrıca yüzeysel olarak yanmış alanlara karşı hassastır (Danelichen vd., 2016: 4266; Storey vd., 2021: 487). EVI: Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (Liu ve Huete 1995), NDVI'nin değişken atmosferik ve gölgelik arka plan koşullarındaki hata ve belirsizliklerinden dolayı EVI, hem arka plan ayarı hem de atmosferik direnç kavramlarını NDVI'ya dâhil eden geri bildirim dayalı bir yaklaşım olarak geliştirilmiştir (Liu ve Huete 1995: 463; Jiang vd., 2008: 3834; Huete, 2012: 517). SAVI: Toprak Düzeltilmiş Vejetasyon Endeksi (Huete 1988), toprak arka plan etkisini azaltmak ve toprak arka plan varyasyonlarını hesaba katmak için bir toprak ayarlama faktörü olan (L) kullanılmış ve toprak ayarlı bir bitki örtüsü endeksi geliştirilmiştir (Qi vd., 1994: 119; Purevdorj vd., 1998: 3526; Chuvieco vd., 2002: 5104). MSAVI: Modifiye Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Endeksi (Qi ve diğ. 1994), SAVI'da 0,5 olan sabit toprak

düzeltilmesini değiştirmek için değişken bir toprak parlaklığı düzeltme faktörü (C) kullanarak toprak etkilerini daha da azaltmak için tasarlanmıştır (Liu ve Huete, 1995: 462; Bannari vd., 1996: 1891; Danelichen vd., 2016: 4266). NDMI: Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi (Wogelmann ve Rock 1988), kuraklık ve bitki örtüsü çalışmalarında nem seviyesi hakkında bilgi sunar. NDVI ile benzerlik göstermesine rağmen, kırmızı dalga boyları yerine kısa dalga kızılötesi (SWIR) kullanır (Hardisky vd., 1983: 81–82; Jin ve Sader, 2005: 365; Danelichen vd., 2016: 4266; Erener ve Sarp, 2017: 5; Taloor vd., 2021: 7). GEMI: Küresel Çevre İzleme Endeksi (Pinty ve Verstraete 1992), bitki örtüsü sinyalinin hem atmosfer hem de toprak arka planı etkileyen olumsuz faktörleri en aza indirmek için özel olarak tasarlanmış, iyileştirilmiş yeni nesil bitki örtüsü endeksidir (Pinty ve Verstraete, 1992: 18; Bannari vd., 1995: 111; Rondeaux vd., 1996: 98; Purevdorj vd., 1998: 3526; Pereira, 1999: 219).

Bu tez çalışması, uydu görüntüleri yardımıyla uzaktan algılama teknikleri ile Biga ve Gelibolu Yarımadalarında on hektar (ha) ve üzeri meydana gelen 24 yangın örneği ele alınmıştır. Meydana gelen orman yangınları, yangın öncesinde ve sonrasında temin edilen çok zamanlı 15 ve 30 metre mekânsal çözünürlüklü LANDSAT 5 THEMATİK MAPPER (TM), LANDSAT 7 ENHANCED THEMATIC MAPPER (ETM+) ve LANDSAT 8 OPERATİONAL LAND IMAGER (OLI) görüntülerinden yararlanarak uzaktan algılama teknikleri ile analiz edilmiştir. Çalışılan bölgede meydana gelen orman yangını örneklerine ait yangın öncesi ve yangın sonrası görüntülerden Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Yanma Oranı (NBR), Normalleştirilmiş Yanma Oranı 2 (NBR2), Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (EVI), Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Endeksi (SAVI), Modifiye Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Endeksi (MSAVI), Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi (NDMI) ve Küresel Çevre İzleme Endeksi (GEMI) üretilerek yanarak tahrip olan alanlar tespit edilmiştir. Veri setine ayrıca geçiş en yakın sonucu bulmak için 15 ve 30 metre mekânsal çözünürlüklü endeks sonuçlarının alan hesaplaması ve karşılaştırılmaları yapılmıştır. Çalışma sonuçları ile Orman Bölge Müdürlüğü sonuçlarının uyumlu ve tutarlı olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile, sonuçlar arasındaki ilişki regresyon-korelasyon analizi ve ortalama karesel hata (RMSE) değerleri ile incelenmiştir.

1.1. Uzaktan Algılama (UA)

Günümüz dünyasının en büyük gücü bilgiye ulaşmaktır. Bilgiye ulaşmak yolunda doğru veriye zamanında ulaşmak, verileri düzenlemek ve verileri yönetmek bilgi teknolojilerine bağlıdır. Bu bilgi teknolojilerinin başında Uzaktan Algılama gelir. Uzaktan algılama objelere fiziksel temas etmeksizin uydu algılayıcılar ile belli bir mesafeden bilgi edinme yöntemidir (Şekil 1) (Çağlak ve Özelkan, 2019: 85). Uzaktan algılama teknikleri, modelleri ve endeksleri, spektral bilgileri kolayca yorumlanabilen bir forma dönüştürmek için tasarlanmıştır. Çevre sorunlarının çözümünde uzaktan algılama ölçümlerinin uygulanabilirliği gerçekleştirilmelidir (Bannari vd., 1995: 97). Uzaktan algılama cihazlarının geliştirilmesi, orman yangını sonrasında bitki örtüsünün geri kazanımında değerlendirme fırsatı sağlamıştır (Riano vd., 2002: 60).



Şekil 1. Optik Uzaktan Algılama (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Optical Remote Sensing”, 2021)

Yangın sonrası uzaktan algılama ve uydu verileriyle çalışma alanındaki değişimlerin incelenmesi mümkündür (Aksoy ve Çabuk, 2018: 1222). Uzaktan algılama teknolojisinin teknolojiye bağlı olarak son yıllarda önemli gelişmeleri sayesinde başarılı çalışmalar sağlamıştır. Bu çalışmalar özellikle orman yangınları gibi kısa süreli ve hızlı değişimler için kullanılan ve hem zaman hem de maddi açıdan fayda sağlayan endekslerin önemini arttırmaktadır. (Sabuncu ve Özener, 2019: 324). Uzaktan algılama teknolojisi, yangın yönetiminin farklı aşamalarında (tahmin, tespit ve değerlendirme) kullanılabilir. Uzaktan

algılanan veriler spektral olarak bitkilerin özellikleri ve yapıları hakkında bilgiler verir (Algancı vd., 2010: 423). Yangın esnasında ulaşım sağlanmayan yerlerde ateşin yönünü ve şiddetini değerlendirilip izlenebilmek uzaktan algılama teknikleri ile mümkündür (Sarp vd., 2018: 301). Ayrıca uydu verileri ile yersel verilerin karşılaştırıp analiz edilmesi uzaktan algılamanın önemini artırmaktadır (Özelkan, 2019: 905). Bir başka deyişle uzaktan algılamanın etkin bir şekilde kullanılmasının nedeni uydu teknolojisine bağlı olarak ulaşılan verilerin mekânsal ve spektral olarak farklı analizlerin sağlanmasıdır (Özdemir vd., 2010: 116).

1.2. Uzaktan Algılama Sistemleri

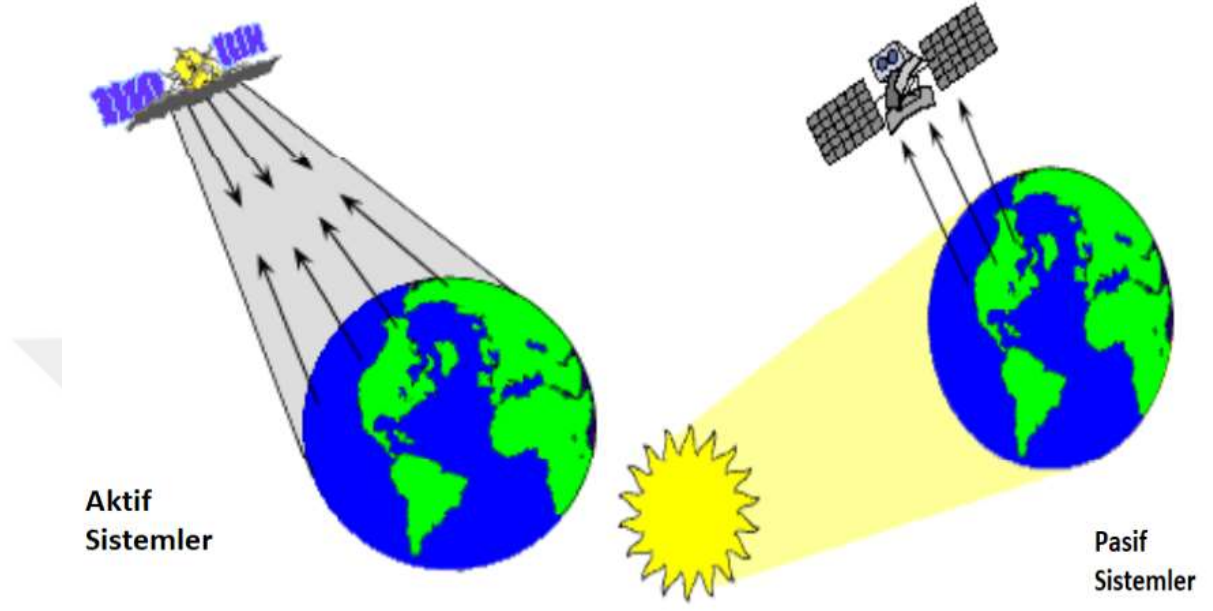
Uzaktan algılama teknikleri üç ana platformda incelenebilir. Bunlar; yer, hava ve uydu platformlarıdır (Şekil 2). Yer platformları ayrıntılı çalışmalarda tercih edilir ve mekânsal çözünürlük yüksektir. Hava platformları, uçak vb. araçlara kurulan uzaktan algılama sensörlerinden oluşan platformdur. Uydu platformları ise uzay platformlarına takılan sensör sistemleridir (Allak, 2017: 2).



Şekil 2. Uzaktan Algılama platformları (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Change detection Paul Aplin”, 2021)

Uzaktan algılama çeşitleri, Pasif sistemler ve Aktif sistemler diye iki bölüme ayrılır (Şekil 3). Pasif sistemler, direk güneş enerjisini kullanırlar ve herhangi bir enerji üretmezler. Ayrıca pasif sistemler enerjiyi güneşten doğrudan alması avantajlı olduğunu, güneşe ve hava koşullarına bağlı olması dezavantajlı olduğunu gösterir. Aktif sistemler ise kendi enerjilerini

kendileri üretirler ve yansıtıklarının enerjinin geri dönüşümü ile görüntü meydana getirirler. Aktif sistemlerin avantajı hava koşullarından etkilenmezler, dezavantajı ise büyük bir enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar (Allak, 2017: 2).



Şekil 3. Aktif Sistemler ve Pasif Sistemler (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Uzaktan Algılamaya giriş”, 2018)

1.2.1. Uzaktan Algılama Sistemlerinin Elemanları

Uzaktan algılama sistemlerinin elemanları yedi temel aşamadan oluşur. Bu aşamalar (Şekil 4) gösterilmiştir.

1. Enerji Kaynağı veya Aydınlatma (A): Uzaktan algılama için ilk gerekliliktir. İlgili hedefe elektromanyetik enerji veren veya veren bir enerji kaynağına sahip olmaktır.

2. Radyasyon ve Atmosfer (B): Atmosferle devamlı etkileşim halindedir. Kaynaktan çıkan enerjiyi ve geri yansıyan enerjiyi sensörlere ulaştırır.

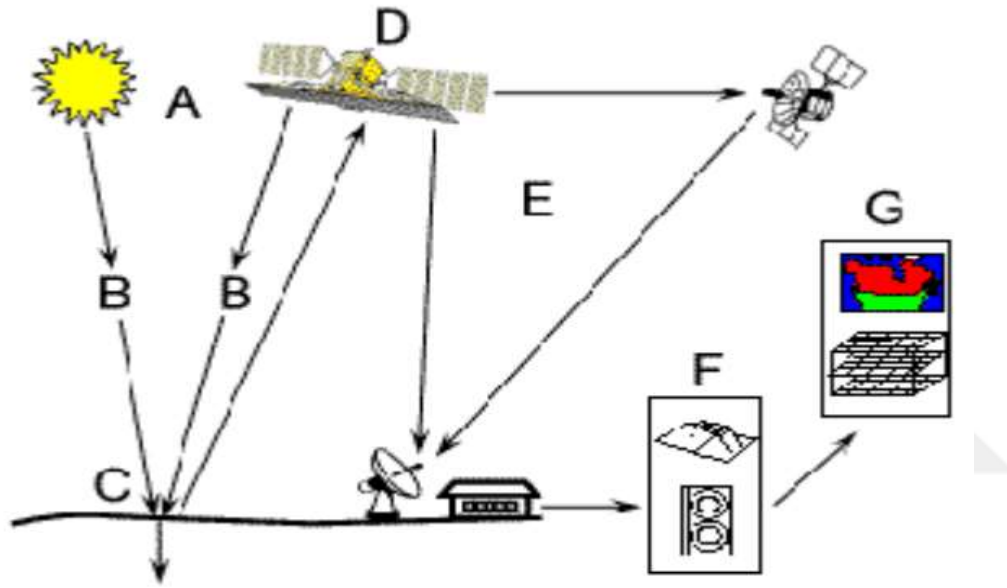
3. Radyasyon ve Dünya yüzeyi (C): Enerji, hedefe atmosfere doğru yol aldığı anda, hem hedefin hem de radyasyonun özelliklerine bağlı olarak hedefle etkileşir.

4. Sensörler (D): Enerjinin dağılmasından veya hedeften yayılmasından sonra, elektromanyetik radyasyonun toplanması ve kaydedilmesi için bir sensöre ihtiyaç duyarız.

5. Yer istasyonu (E): Sensörler tarafından kaydedilen enerjinin, çoğunlukla elektronik biçimde, verilerin bir görüntüye işlendiği bir alıcı ve işleme istasyonuna iletilmesi gerekir.

6. Veri Analizi (F): İşlenen görüntü, aydınlatılan hedef hakkında bilgi çıkarmak için görsel ve / veya dijital veya elektronik olarak yorumlanır.

7. Uzaktan Algılama Uygulaması (G): Analizler ve yorumlamalar kullanılarak yeni bilgilere ulaşılır ve problemler çözülür.



Şekil 4. Uzaktan Algılama Sistemlerinin Elemanları

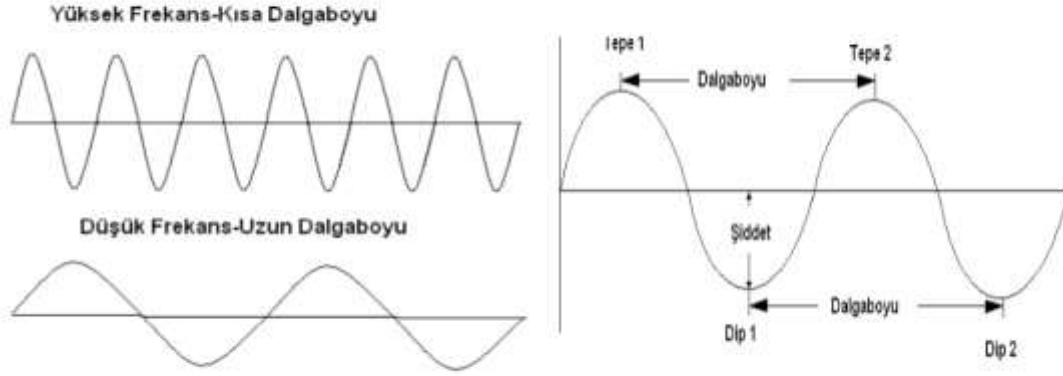
1.2.2. Elektromanyetik Radyasyon (EMR) ve Elektromanyetik Tayf

Elektromanyetik radyasyon enerjinin (ışık, radyo dalgaları, ısı, ultraviyole ve X-ışınları) uzayda bir objeden diğer bir objeye aktarımını tanımlar. Uzaktan algılama bu ilke üzerine çalışmaktadır. Elektromanyetik dalgalar, dalgaboyu (wavelength), şiddet (amplitude) ve frekans (frequency) olmak üzere üç temel özelliğe sahiptir (Şekil 5).

Dalgaboyu (wavelength): Bir dalganın iki uç tepesi veya iki dip noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanır.

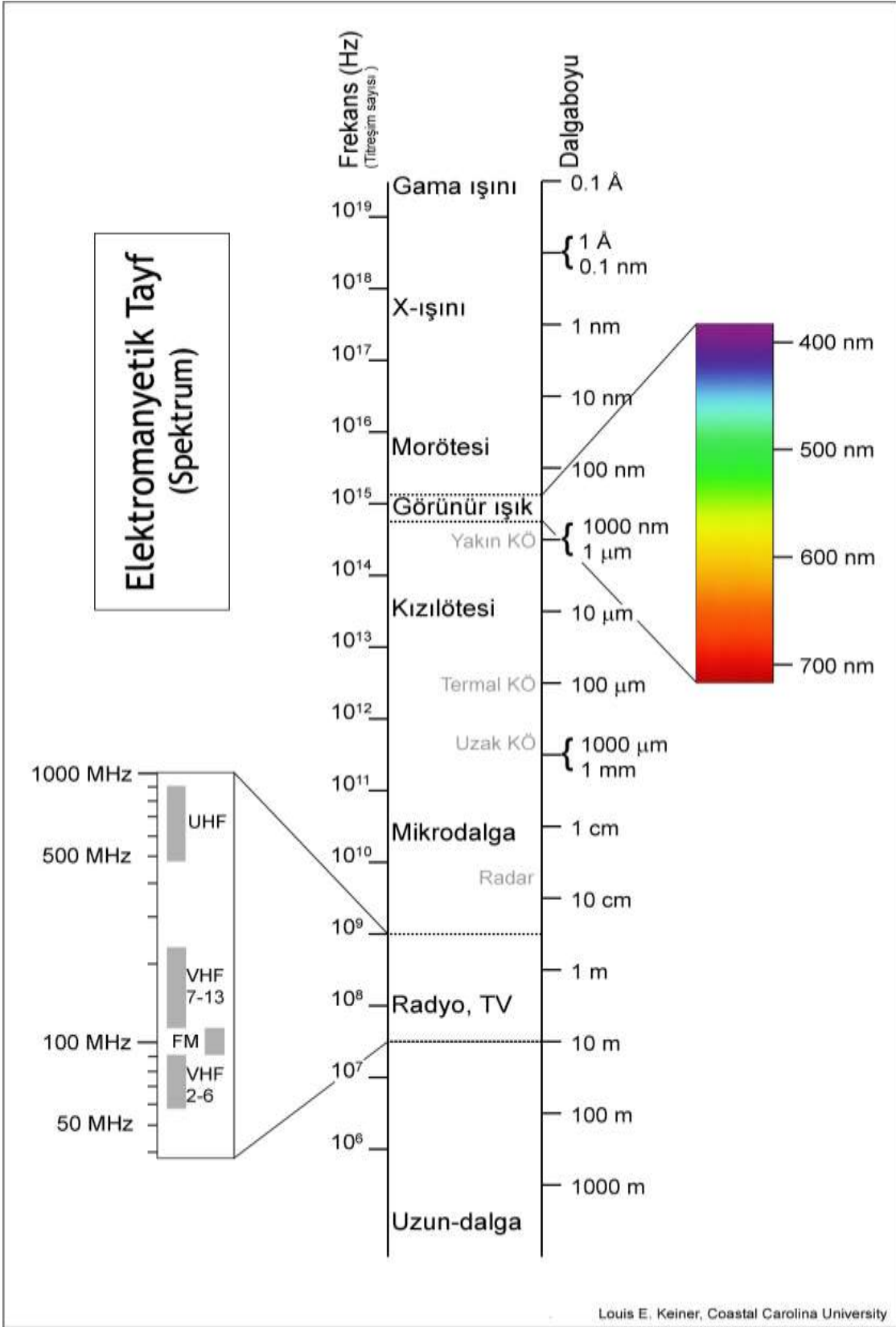
Şiddet (amplitude): Bir dalganın dip ve tepe noktasının yüksekliğidir. Birimi $\text{watts/m}^2/\mu\text{m}$ olarak tanımlanır.

Frekans (frequency): Belli bir noktadan belli bir süre içerisinde geçen dip ya da tepe noktası sayısıdır. Frekansın birimi hertz'dir. (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Uzaktan Algılamaya giriş”, 2018)



Şekil 5. Frekans, Dalgaboyu ve Şiddet (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Uzaktan Algılamaya giriş”, 2018)

Uzaktan algılama platformlarındaki sensörler, elektromanyetik yayımı kaydederek görüntüyü oluştururlar. Bu yayımın düzenlenmesi Elektromanyetik Tayfı oluşturur. Elektromanyetik tayf, geniş bir aralıkta tanımlıdır (Şekil 6). Elektromanyetik tayfta kesin sınırlar yoktur, uzaktan algılama sensörleri birden fazla tayfta bulunabilirler. Elektromanyetik tayf bölgeleri (Tablo 1) gösterilmiştir (Allak, 2017: 5).



Şekil 6. Elektromanyetik Tayf (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Gis Database Design (n.d)”, 2020)

Tablo 1

Elektromanyetik tayf bölgeleri

Dalga boyu	Tanım
Gama ışınları	Gama ışınları
X ışınları	X ışınları
Ultraviyole (UV) bölgesi 0,30 μm -0,38 μm 1 μm = 10	Bu bölge, yeryüzünde bulunan başta kayalar ve mineraller olmak üzere materyaller görünür UV ışın yayarlar. Ancak UV ışınların çoğunu Dünya atmosferi tarafından saçılır. Bu yüzden UA' da kullanılamıyor
Görünür bölge 0,4 μm – 0,7 μm Mor 0,4 μm -0,446 Mavi 0,446 μm -0,5 μm Yeşil 0,5 μm -0,578 μm Sarı 0,578 μm - 0,592 μm Turuncu 0,592 μm -0,62 μm Kırmızı 0,62 μm - 0,7 μm	Bu bölge elektromanyetik tayfta ışığın gözle görünebildiği bölümdür. Bu bölgede temel renkler olan mavi, yeşil ve kırmızı bulunur. Uydu görüntülerin bantlarını birleştirirken (composite) bu temel renkler kullanılır.
Kızılötesi (IR) bölgesi 0,7 μm - 100 μm	Bu bölgede, dalgaboyları görünür bölgede bulunan kırmızı rengin dalga boyundan daha uzun olduğunu 1800'de İngiliz astronom William Herschel tarafından keşfedilmiştir. IR bölgesi, ışınım özelliklerine göre iki kategoriye ayrılabilir. Yansıyan IR (0,7 μm -0,3 μm). Termal IR (0,3 μm -0,35 μm) UA için kullanılabilir.
Mikrodalga bölgesi 1 nm – 1 m	UA'da kullanılan en uzun dalgaboyu aralığıdır. Ayrıca bu bölümde kısa dalgaboyları bulunur ve bu dalgaboyları termal bölgedeki ile benzer özellikler gösterir.
Radyo bölgesi >1 m	Elektromanyetik tayfta bulunan en uzun bölümdür. Daha çok ticari ve meteoroloji alanlarında kullanılır.

Kaynak: (Allak, 2017: 7)

1.2.3. Uzaktan Algılamada Çözünürlük Kavramı

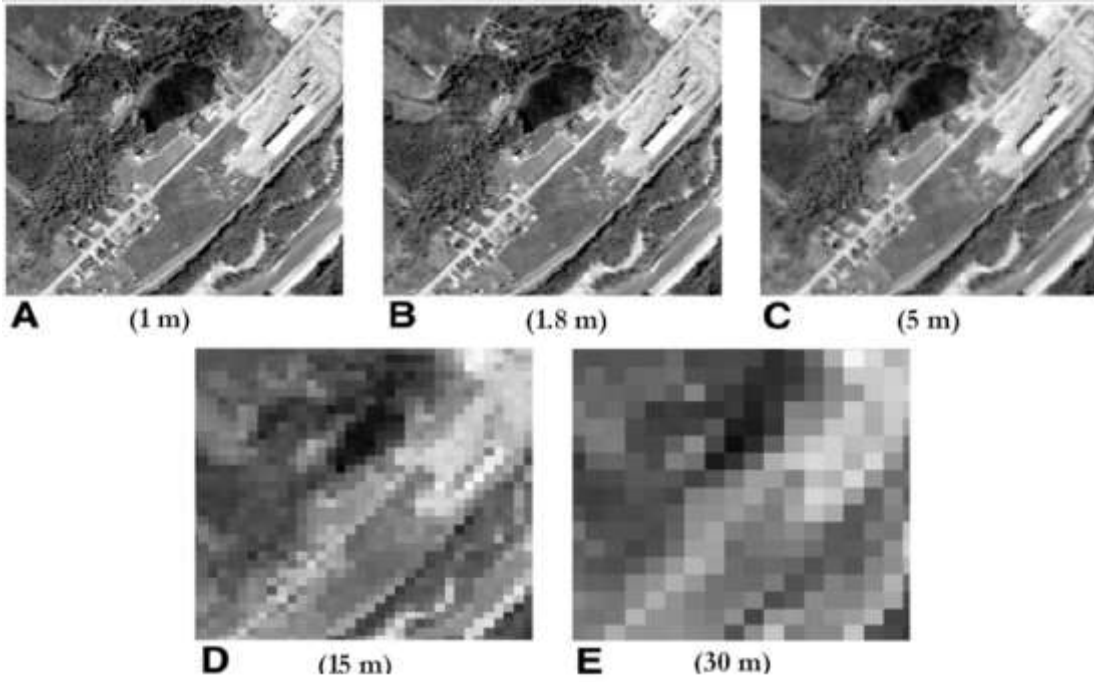
En genel tanımıyla çözünürlük, görüntü aracında görüntülenen piksel sayısı temsil ettiği yeryüzü alanı olarak açıklanabilir. Bir başka deyişle çözünürlük, detayların ayırt edilebilmesini ortaya koyar. Bir uzaktan algılama görüntüsünün dört temel çözünürlüğü vardır: spektral, geometrik (mekânsal), radyometrik ve zamansal olmak üzere incelenmelidir.

Spektral çözünürlük, güneşten gelen dalgaların yeryüzünden yansıdıktan sonra uydu sensörlerinin elektromanyetik tayfta kaydedebildiği belirli dalga boyu aralığıdır (Şekil 7). Dalga boyu aralığı dar olması spektral çözünürlüğün iyi olduğu anlamına gelir.



Şekil 7. Spektral çözünürlüğün gösterilmesi (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Unite2_Uzaktan_Algılama_veri”, 2018)

Geometrik (mekânsal) çözünürlük, uydu sensörleri tarafından algılanan bir pikselin yeryüzündeki alanıdır veya ayırt edilebilen en küçük obje boyutudur (Şekil 8). Geometrik (Mekânsal) çözünürlük ile sayı ters orantılıdır.



Şekil 8. Geometrik (mekânsal) çözünürlüğün gösterilmesi (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Unite2_Uzaktan_Algılama_veri”, 2018)

Radyometrik çözünürlük, her banttaki veri dosya değeri sayısıdır. Diğer bir deyişle, kaydedilen enerjinin bölüdüğü "bit" sayısıdır (Şekil 9). Örneğin, 8 bit veride her pikselin veri dosya değeri 0'dan 255'e kadar uzanırken 16 bit veride her pikselin veri dosya değeri

0'dan 65535'ye kadardır. Yani 8 bit veride kaydedilen enerji $2^8=256$ parlaklık değerine, 16 bit veride ise $2^{16}=128$ parlaklık değerine ayrılır.



Şekil 9. Radyometrik çözünürlüğün gösterilmesi (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“Unite2_Uzaktan_Algılama_veri”, 2018)

Zamansal çözünürlük, arazideki farklılıkların izlenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Algılayıcının aynı alandan hangi sıklıkta görüntü aldığı ile ilgilidir. Landsat 2 de zamansal çözünürlük 18 gün iken, Landsat 8 de ise 16 gündür (Yener vd., 2006: 34–36).

1.2.4. Uydu Verisi

Yeryüzünü gözleyen sensörler sayesinde dünya hakkında birçok bilgi elde edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen veriler çeşitli konuların araştırması, çevre kirliliği, doğal kaynaklarımızın incelenmesi ve yerleşim alanları gibi alanlarda kullanılabilir (Özelkan, 2008: 3). Veri elde edilen uydulara örnek olarak; LANDSAT, SPOT, IKONOS, IRS-1C/D, JERS-1, NOAA, SENTİNEL, QUICKBIRD, BİLSAT, ENVISAT, MOS ve ERS uyduları gösterilebilir. Bu çalışmada LANDSAT uydusunun verileri kullanılmıştır.

1.2.5. Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları

Uzaktan algılamanın kullanım alanları genellikle birden fazla sensörün algıladığı görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Çeşitli veri kaynaklarından oluşturulan yeni veri,

çalışılan konunun daha başarılı bir şekilde olmasını sağlamaktadır. Uzaktan algılama kullanım alanları (Tablo 2) verilmiştir.

Tablo 2

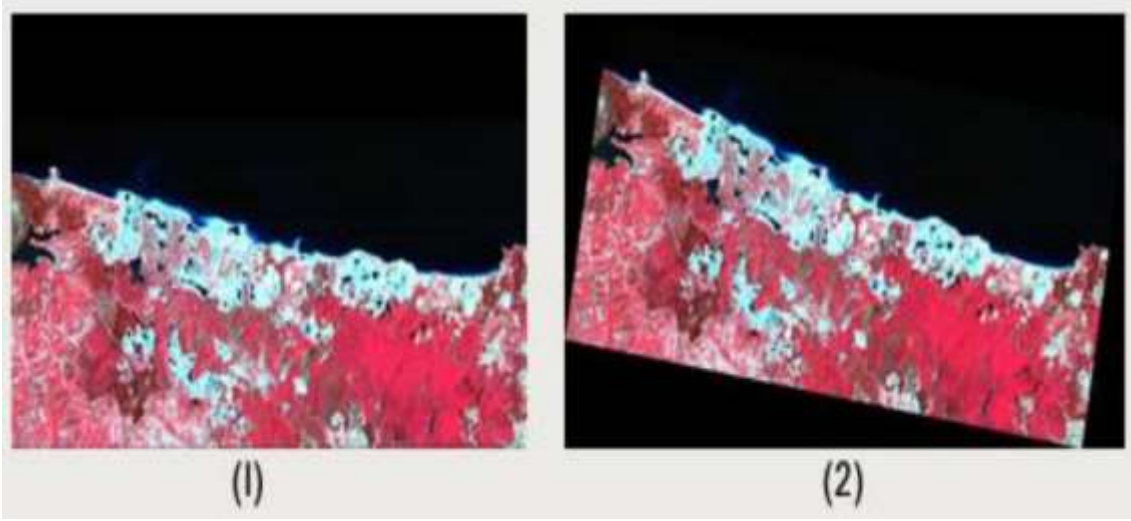
Uzaktan algılama uygulama alanları

Uygulama Alanı	Uzaktan Algılama
Ziraate Yönelik Uygulamalar	(1) Ürün tiplerini haritalama (2) Ürün yönetimi ve hasar değerlendirmesi
Ormana Yönelik Uygulamalar	(1) Kesilen ve tekrar ormanlaştırılan sahaları haritalama (2) Orman tiplerini belirleme (3) Orman yangınlarını haritalama
Jeolojik Uygulamalar	(1) Jeolojik yapıyı haritalama ve arazi analizi (2) Jeolojik birimleri haritalama
Hidrolojik Uygulamalar	(1) Sel baskınlarını haritalama (2) Toprağın nemini belirleme
Denizlerdeki Buz Kütlelerine Yönelik Uygulamalar	(1) Buz tipi ve yoğunluğu (2) Buz kütlelerinin hareketi
Arazi Örtüsü ve Kullanımına Yönelik Uygulamalar	(1) Arazi kullanımındaki değişiklikler (2) Arazi örtüsü ve canlı bitkileri haritalama
Haritacılık Uygulamaları	(1) Planimetry (2) Sayısal yükseklik modelleri (3) Topoğrafik ve tematik haritalama
Okyanus ve Sahil Yönetimine Yönelik Uygulamalar	(1) Okyanus özellikleri (2) Okyanusun rengi ve birikintilerin yoğunluğu (3) Petrol sızıntılarının tesbiti

1.2.6. Dijital Veri İşleme ve Bilgi Üretim Metodları

Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme, işlenmemiş görüntüdeki geometrik bozulma etkilerinin giderilmesi ve görüntünün yeryüzündeki kontrol noktaları aracılığıyla bir coğrafi koordinat sistemine uygulama çalışmasıdır. Düzeltilecek görüntüdeki nokta koordinatları, yeryüzündeki kontrol noktalarının koordinatlarına uygulanırken (enlem, boylam gibi) yapılan işleme rektifikasyon, bu işlem iki görüntünün aynı noktalarını bağlayan ya da bir görüntüyü diğerine göre düzeltme işlemi yapılıyorsa geometrik kayıt adı verilmektedir (Şekil 10) (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG”, 2020).

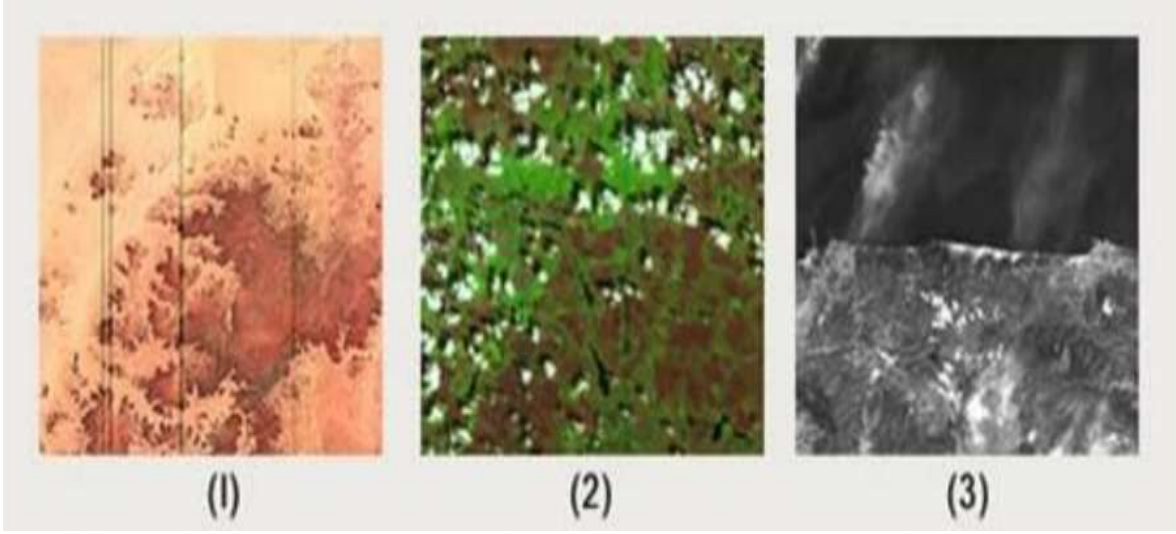


Şekil 10. (1)Landsat görüntüsü (2)Geometrik düzeltme yapılmış görüntü (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG”, 2020).

Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme, görüntülerdeki hata ve yanlış anlaşılmalara sebep olan atmosferik etkilerin giderilmesini ve algılayıcılar tarafından algılanan radyasyondan, gereksiz yansımaların düzeltilmesi ya da eleme işlemidir. Radyometrik düzeltmeye üç tür hata ile karşılaşırsa ihtiyaç duyulabilir (Şekil 11).

1. Algılayıcı kaynaklı hatalar: Bunlar sistematik hatalardır.
2. Güneş ışınlarının geliş açısından veya topoğrafyadan kaynaklanan gölge etkisi
3. Atmosferik şartlardan kaynaklanan hatalar: Sis ve bulut örnek olarak verilebilir. Hedefin önünde yer alarak, yeryüzüne ait veriye sağlıklı bir şekilde ulaşmayı engellemektedirler. Görüntü işleme aşamasına geçilmeden önce bu üç hatanın giderilmesi gerekmektedir (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG”, 2020).



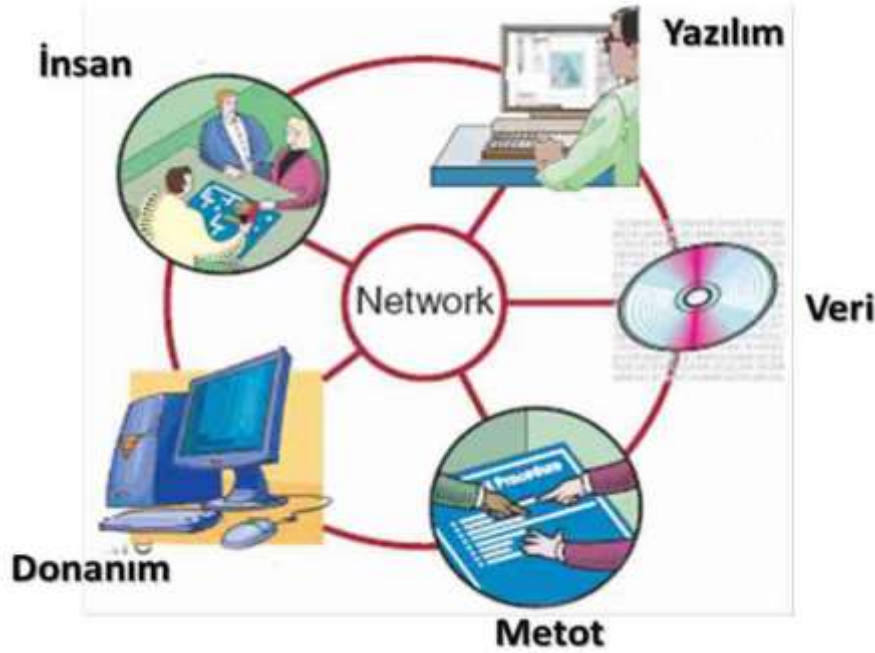
Şekil 11. (1)Algılayıcı kaynaklı radyometrik hata (2)Bulut etkisi (3)Sis etkisi (“Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi”, t.y.), (“UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG”, 2020).

1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) geliştirilmesi, acil durum yönetimi sorunlarını çözmek için çok önemli bir fırsattır. CBS, mekânsal verilerin toplanması, depolanması, yönetilmesi, dönüştürülmesi, analizi ve görüntülenmesi için profesyonel bir sistemdir. Hem genel hem de özel konularda pek çok amaç için kullanılabilir. Özellikle doğal afet alanında erken uyarı sistemi, acil durum yönetim sistemi ve afet hasar tespitinde vb. konularda sıklıkla kullanılmaktadır. Mekânsal analiz aracı olarak CBS, orman yangını risk yönetimi için büyük öneme sahiptir (Gai vd., 2011: 1240–1241). Orman yangını çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaygın olarak kullanılmakta ve önemli faydalar sağlamaktadır (Ateşoğlu, 2015: 134). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için uygun bir çalışma konusu olan orman yangınları, yeni teknik ve analizleriyle lokal yada küresel yangın çalışmalarında aktif bilgiler sunmaktadır (Kadioğulları ve Başkent, 2006: 389; Çolak ve Sunar, 2018: 2).

1.3.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin temel fonksiyonlarının yerine gelmesini sağlayan altı önemli bileşen vardır. Bunlar; donanım, yazılım, insan, veri, metot ve networktur (Şekil 12).



Şekil 12. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bileşenleri (Özdemir, 2017: 17)

Donanım (Hardware): Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarının çalışması için gerekli olan bilgisayar sistemleridir. Bununla birlikte yan donanımlar olan yazıcı, çizici, tarayıcı ve sayısallaştırma gibi araçlar da CBS için önemli donanımlardır.

Yazılım (Software): Coğrafi bilgiyi depolama, analiz etme ve görüntüleme için ihtiyaç ve fonksiyonlara sahip olan CBS yazılımlarıdır. ArcInfo, Intergraph, MapInfo, Idrisi, Ilwis, Grass bu yazılımlara örnek olarak verilebilir.

İnsanlar (People): Gerçek dünyada ortaya çıkan problemlerle karşılaşan ve bu problemlerin çözümünü arayan kişi insandır bunun için CBS'de insan önemli bir bileşendir.

Veri (Data): Genel olarak veri ve ilişkili sözel veriler CBS için çok önemli bir bileşen olmakla birlikte elde edilmesi de oldukça zor olduğu kabul edilir. Bu veriler üretilebildiği gibi başka yollarla da temin edilebilirler. Özellikle veri kaynaklarının fazla olması, dağınık olması ve farklı yapılarda olması zaman ve maliyet kaybını ortaya koymaktadır.

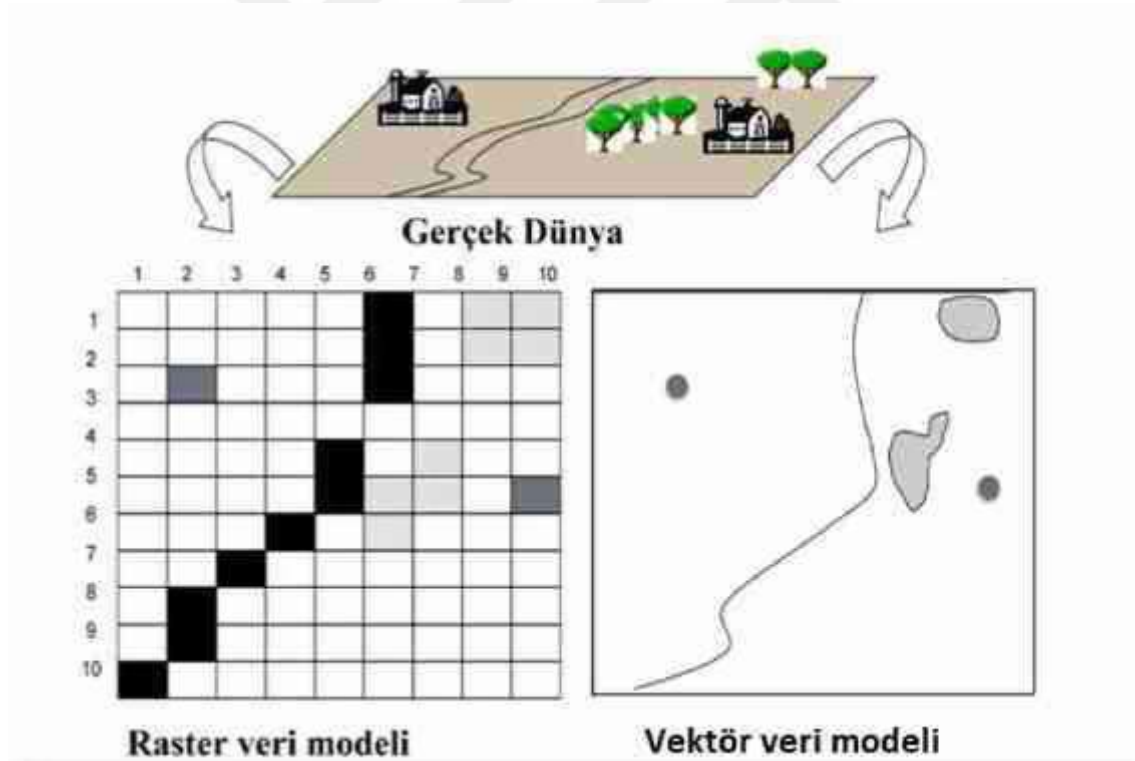
Metotlar (Methods): Çalışma konusunun amacına uygun ve uygulamaların iyi planlanması başarılı bir CBS çalışmasını ortaya koyar. Harita üretimi ve farklı projeler ile ilgili kullanımlar gibi birçok teknik mevcuttur.

Ağ (Network): Bilgi teknolojilerinde internetteki hızlı gelişmeler ile hızlı iletişim ve dijital bilgi paylaşımları daha kolay hale gelmiştir. CBS çoğunlukla internete dayanır ve

büyük coğrafi veri setlerinin temini ve paylaşımında önemli bir yere sahiptir. İnternet CBS uygulamalarını başkalarına ulaştıran önemli bir araçtır (Özdemir, 2017: 16–18)

1.3.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Çalışma Prensibi

Coğrafi Bilgi Sistemi'nin (CBS) çalışma prensibi, belli bir coğrafi bölgenin grafik ve grafik olmayan verileri olmak üzere iki ana parçadan oluşur. Bu verilerin ilişkilendirilerek katmanlar halinde sıralanması ve bu katmanları kullanarak planlanan analizlerin yapılması işlemlerine dayanmaktadır. Coğrafi tabanlı sayısal veriyi CBS platformunda saklamak ve işlemek için vektör ve raster verilere ihtiyaç duyulur (Şekil 13). Vektör veri, belirli koordinat (x,y) değerleri ile depolanan verilerdir. Vektör veriler “nokta, çizgi ve alan” olarak sınıflandırılır. Raster veri hücreler (pikseller) ile temsil edilen verilerdir. Birbirine yakın ve boyut olarak aynı hücrelerin birleşmesi sonucu meydana gelirler. Raster veriler, vektör verilere oranla daha fazla veri depolama kapasitesine sahiptirler.



Şekil 13. Raster ve Vektör veri modelleri (Allak, 2017: 21)

1.3.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Uygulama Alanları

CBS veri toplama, depolama, analiz yöntemleri, vb. yetenekleri ile birçok konuda kullanım alanına sahiptir. CBS'nin kullanım alanları uygulama alanı ile (Tablo 3) gösterilmiştir.

Tablo 3

Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulama alanları

Uygulama Alanı	Örnekler
Mühendislik Uygulamaları	Elektrik, Su, Doğalgaz Şebekeleri Telekomünikasyon Ağı Araç Takip Sistemleri
Tarım Uygulamaları	Bitki Örtüsü Ekilebilir Arazi Sulama Sistemleri Toprak Haritaları
Çevre Uygulamaları	Erozyon Risk Analizleri Su Kaynakları ve Kirlilik Analizleri İklim Bilim Çalışmaları Sel Bölgeleri Risk Analizleri
Yerbilimleri Uygulamaları	Maden, Petrol Alanlarının Tespit ve Envanteri Jeolojik Haritalar Deprem Risk Analizleri
Ormancılık Uygulamaları	Orman ve Ağaç Envanteri Orman Bölgelerinin Korunması ve Sürdürülebilirlik Analizleri Acil Orman Yangın Tespiti ve Müdahale Sistemleri
Arkeoloji Uygulamaları	Arkeolojik Kazıların Haritalanması ve Kazı Envanteri Tarihsel Sit Alanlarının Envanteri Uydu ve Hava Fotoğraflarının İşlenerek Arkeolojik Yer Tespit Çalışmaları
Kamu Uygulamaları	Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemleri Şehir Bölge Planlama Çalışmaları Arazi Kullanım Haritaları Adres Yönetim Sistemi Kent içi Ulaşım Planları Altlık Harita ve İmar Planları

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Önceki Çalışmalar

Erten ve arkadaşları (2005) 1992 yılında Gelibolu Yarımadasında meydana gelen orman yangını konu aldığı çalışmada, UA ve CBS kullanarak yangın öncesi ve yangın sonrası uydu görüntülerinden orman yangını risk haritası oluşturulmuşlardır. Bu çalışmada topografya, bitki örtüsü, arazi kullanım bilgileri CBS ortamında birleştirilmiştir. Erten ve arkadaşları yangının olası felaketlerini en düşük düzeye indirmek için bütün Türkiye'ye uygulanmasını önermişlerdir.

Hernandez-Leal ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (AVHRR) verilerini ve NDVI'ı temel değişken olarak ele alıp Kanarya Adaları'ndaki (İspanya) Tenerife Adası üzerinde Yangın Riski Dinamik Endeksi (FRDI) adlı dinamik bir endeks geliştirmeye çalışmışlardır. Çalışmada ana yollara yakınlık, bitki örtüsü türü, güneşlenme ve rakım gibi statik faktörleri dikkate alarak bir Yangın Riski Statik Endeksi (FRSI) geliştirmişleridir. Çalışma alanında 1995 yılında meydana gelen önemli yangınların sıkça görüldüğü alanlarda yangın potansiyel uygulaması analiz edilmiştir.

Kadioğulları ve Başkent (2006) zamansal ve konumsal olarak orman alanlarının değişimlerini inceledikleri çalışmada İnegöl Orman İşletmesine bağlı İnayet ve Yenice Orman İşletme Şeflikleri'ndeki orman alanlarını çalışma alanı olarak belirlemişleridir. Çalışmada sahanın 1987-2001 yılları arasında Landsat uydu görüntülerini kullanarak sınıflandırılmasıyla birlikte CBS kullanılarak 1972, 1993, 2004 yılı meşcere tipleri haritalarının analizlerini yapmışlardır. FRAGSTATSTM programı kullanılarak orman kaynaklarının konumsal yapısındaki değişim belirlenmiştir. Sonuç olarak orman kaynaklarının aktif ve sürdürülebilirliği için zamansal değişimin ortaya konulması ve değişimdeki faktörlerin belirlenmesi gerektiğini önerilmiştir.

Matsushita ve arkadaşları (2007) Japon selvi ekimi ile kaplı dağlık bir alandan elde edilen iki uydu görüntüsü ile MODIS Arazi Disiplin Grubu tarafından önerilen Gelişmiş

Bitki Örtüsü Endeksi (EVI) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI) üzerinde topografik etkideki farklılıkları analiz etmişlerdir. Sonuç olarak EVI'deki toprak ayarlama faktörü "L"nin, onu topografik koşullara NDVI'dan daha duyarlı hale getirdiği bilgisine ulaşmışlardır. Bu sonuçlara dayanarak EVI hesaplanmadan önce yansıma verilerinde topografik etkilerin kaldırılmasını önermişleridir.

Özelkan (2008) Antalya'nın Kaş ilçesinin, Kasaba köyü civarında 2006 yılında meydana gelen orman yangını konu aldığı yüksek lisans tezinde, yangın öncesi ve yangın sonrası inceleme ve yangın risk haritası oluşturmak amacıyla UA ve CBS yararlanmıştır. Çalışmada Sayısal Yükseklik Modeli, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırmadan yararlanarak çalışılan bölgenin yüzeysel sınıflandırmasını yapılmıştır. Ayrıca NDVI değerleri elde edilmiş ve bitki örtüsündeki değişim daha net bir şekilde ortaya konulmuştur.

Escuin ve arkadaşları (2008) Landsat 5/7 (TM/ETM+) görüntülerini kullanarak NBR ve NDVI ile hem yangın öncesi hem de yangın sonrası görüntülerinden elde edilen analizinden yangın şiddeti değerlendirme için bir yöntem geliştirmişleridir. Bu çalışmada (1) yangınlardan etkilenen ve etkilenmeyen piksellerin değiştirmelerini analiz edip NBR ve NDVI'ya en uygun olanı belirlemek, (2) endekslerin önem düzeylerini ayırt etmek, (3) bir yangın olayından sonra NBR ve NDVI'daki değişimin, endekslerin önceki değerinin üzerindeki etkisini analiz etmek (4) ve yangın şiddeti düzeyini diğer yangınlara uyarlamak olarak dört temel amaç izlenmiştir.

Özdemir ve arkadaşları (2010) Landsat (MSS, TM ve ETM+) uydu görüntülerini kullanarak Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı orman alanında çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Landsat uydusuna ait 1977, 1987, 1999 ve 2007 yıllarındaki görüntüler ile görüntü farkı alma metodu ve Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı orman sahalarındaki değişimleri incelemişlerdir. Yapılan analizlerde görüntüler arasındaki değişimi gösteren ve değişimi göstermeyen sahalara, Beklenti Maksimizasyonu Algoritması aracılığıyla hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına göre Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı orman alanlarının azalmakta olduğu sonucuna varılmıştır.

Özelkan ve arkadaşları (2011) sundukları çalışmada UA ve CBS teknikleriyle Muğla İli Bodrum İlçesinin orman alanlarını incelemiştir. Landsat ve Spot uydu görüntülerini kullanarak ormanların geçmiş ve güncel durumu değerlendirilmiştir. Ele alınan görüntülerden arazi kullanım sınıflandırılması, arazi kullanımının zamansal değişimleri ile

birlikte bitki örtüsü durumunun belirlenmesi için NDVI kullanılmıştır. Ayrıca çalışma alanının sıcaklık dağılımını göstermek için arazi yüzey sıcaklığı (LST) uygulanmıştır. Eğim, yön ve yükseklik haritalar oluşturulup arazinin yapısı incelenmiştir. Bodrum yangın risk potansiyeli ve yangın risk haritasının önemini sonuçlarda belirtilmiştir.

Yavuz ve Sağlam (2012) yaptıkları çalışmada dünyada ve ülkemizde UA ve CBS ile yangın çalışmalarını dört başlık altında ele almışlardır. 1. potansiyel yangın riskinin belirlenmesinde, 2. yangınları başlangıç aşamalarında tespit etmede 3. yangın davranışının gözetlenmesinde ve 4. yangın sonrası analiz ve hasar tespit çalışmalarında nasıl kullanıldığı anlatılmıştır. Yol ve ulaşım bakımından riskli bölgelerde UA ve CBS tekniklerinin yangın yöneticilerine sağladığı kolaylıklar ifade edilmiştir.

Ghobadi ve arkadaşları (2012) yaptıkları çalışmada İran'ın Golestan ilindeki en büyük doğal risklerden biri olan orman yangınlarını konu almışlardır. CBS ile risk haritaları oluşturmak için orman yangınını etkileyen parametreler ARCGIS programı ile entegre edilmiştir. Bu parametreler: topografya, bitki örtüsü, eğim, açı, NDVI ve meteoroloji faktörleridir. Analizin sonuçları raporlar ve grafiklerle gösterilmiştir. Sonuç olarak, riskli yerlerin belirlenmesi ve yangın sonrası ormancılık yönetiminin planlanmasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

Malik ve arkadaşları (2013) Rajaji ulusal parkı Kansrao ormanında CBS ve UA tekniklerini kullanarak arazi hakkında bilgiler alıp risk alanları belirlemişlerdir. Elde edilen analiz sonuçları ve yangın risk haritalarına göre yangınlara karşı önlem alma ve yangın yönetimine kaynak sağlamışlardır. Bu çalışmada MODIS TERRA ve AQUA uydularından türetilen PMI (Periyodik Nem Endeksi), PST (Potansiyel Yüzey Sıcaklığı) ve MNDFI (Değiştirilmiş Normalleştirilmiş Fark Yangın Endeksi) yararlanmışlardır.

Özşahin (2014) Antakya Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı orman yangını duyarlık analizini amaçladığı çalışmasında CBS ile AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yönteminden yararlanmıştır. Çalışmada yangınlar için risk faktörü olan etmenler ve yangına müdahale etmenleri dikkate alınmıştır. Sonuç olarak çalışılan bölgenin orta dereceli orman yangını riskine sahip olduğu ve Amanos Dağları'nın kuzeyi, Antakya'nın kuzeybatısı, Kuseyr Platosu ve Reyhanlı bölgelerinde nispeten daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Chen ve arkadaşları (2016) Çin Halk Cumhuriyeti tarihinde meydana gelen en ciddi orman yangınlarından birini ele aldığı çalışmada iki adet Landsat-5 TM (Thematic Mapper)

görüntüsünden yararlanmışlardır ve genel olarak yanan alan ve yanan orman alanlarını haritalamışlardır. Haritalamada yollar, nehirler ve kentsel alanlar çıkartılıp maskelenmiş, ardından Normalize Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI), Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (EVI), Kesirli Bitki Örtüsü (VFC) ve Bozulma Endeksi (DI) hesaplanmıştır. Çalışmada karşılaştırılan yöntemler arasında, genel doğruluk (%99.78) ve kappa katsayısının (0.9946) EVI eşik histogramı ile haritalamanın en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak hesaplanan yanmış alan ve yanmış orman alanı resmi istatistiklerden alınan değerlerle karşılaştırılmıştır.

Aksoy ve Çabuk (2018) yaptıkları çalışmada UA çalışmalarında kullanılan Landsat 8 uydusu ile orman yangınları sonrası multispektral bantlar aracılığıyla arazideki değişimin izlenmesi amaçlamışlardır. Çalışma alanı olarak İzmir'in Menderes ilçesinde meydana gelen 1 Temmuz 2017 tarihli orman yangını seçilmiştir. Landsat uydusundan elde edilen kısa dalga kızılötesi ve kızıl ötesi bantlarla oluşturulan NBR ve NDVI uygulanmıştır. Elde edilen NBR ile yangın şiddeti hesabı $\Delta NBR = (\text{Yangın Öncesi NBR} - \text{Yangın Sonrası NBR})$ haritalarıyla yangın sonrası NBR hesaplaması ile rejenerasyon kabiliyeti ile yangının şiddeti ortaya konulmuştur.

Esendal B. (2018) yaptığı çalışmada MODIS ve TERRA uydusu verileri ile Kandili bölgesi ve çevresi için uzaktan algılama yöntemi kullanarak, NDVI bitki örtüsü endeksi türetilmiştir. Çalışma alanı ve çevresi on yıl boyunca (Eylül 2005 – Ekim 2016) incelenen günlük NDVI değerlerine bağlı bitki örtüsü tahmini yapılmış bu değerlerle çalışılmıştır. Ölçümler yaklaşık 6.25 km²'lik alan üzerinde yapılmıştır. Çalışma sonunda RMSE (Ortalama Karekök Sapması) değeri 0.089 olarak hesaplanmış ve NDVI değerleri 2012 yılı ilkbahar mevsiminde en yüksek seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Çolak ve Sunar (2018) 2017'de İzmir'in Menderes ilçesi civarında ortaya çıkan orman yangınına analiz ettikleri çalışmalarında çok zamanlı Landsat 8 (OLI) uydu verilerini yararlanmışlardır. Çalışmada farklı sınıflandırma yöntemleri (Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makinaları) ile bazı endeksler (Yanan Alan İndeksi (Burn Area Index – BAI)), Orta Kızılötesi Yanma Endeksi (Mid Infrared Burn Index - MIRBI), Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti ve Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti (Normalized Burn Ratio Thermal - NBRT) kullanılmıştır. Uydu verisinden elde edilen yüzey sıcaklığı (Ts) haritası ile endeksler arasında korelasyon analizi yapılmıştır.

Sarp ve arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada uzaktan algılama teknikleri kullanarak 2017 yılında Mersin ili Anamur ilçesinde meydana gelen orman yangını üzerine çalışmışlardır. Ortalama 200 hektar alanın tahrip olmasına neden olan yangında Landsat 8 OLI-TIRS uydu görüntülerinden yararlanmışlardır. Çalışmada yanan alan NBR kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca SAVI, NDMI ve arazi yüzey sıcaklığı (LST) uydu görüntülerinden elde edilmiştir.

Akbulak ve arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada Çanakkale ili örneği ile orman risk alanları belirlemek için CBS, UA ve AHS temelli yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen yaklaşım çevresel faktörlerin yanı sıra insan faktörlerini de içermektedir. Bu bağlamda, önerilen modeldeki antropojenik ve fiziksel faktörler altında tanımlanan 12 değişken; eğim, yükseklik, görünüm, bitki örtüsü türü, taç kapatma, NDVI, karaya uzaklık, yerleşim, tarım alanları, nüfus yoğunluğu, önceki yangınlar ve Kanada Orman Yangını Hava Durumu Endeksi (FWI) ele alınmıştır. Her değişken için, CBS veri tabanı ortamında bir katman yaratılmış ve CBS katmanları, ilgili değişkenlerin potansiyel olarak orman yangını oluşturma riski göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca risk haritaları oluşturmak için bu CBS katmanlarında kullanılan ağırlıklar AHS tekniği uygulanarak elde etmişlerdir. Çalışmanın ana sonuçlarından biri “aşırı”, “çok yüksek”, “yüksek” ve “orta” riskli alanların oranlarının sırasıyla % 3.87, % 63.46, % 32.13 ve % 0.53 olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte bu sonuçlar kriz bazlı yönetim planlarının aksine, risk bazlı önleyici önlemlerin olduğunu ve planların geliştirilip uygulanmasını önermişlerdir.

Paula Garcia Llamas ve arkadaşları (2019) yaptığı çalışmada Sentinel-2, Landsat 8 ve Deimos-1 uydu görüntülerini kullanarak Akdeniz de bulunan ülkelerin yangına eğimli ekosistemlerde yanık şiddeti üzerinde çalışma yapmışlardır. Çalışmada uzaktan algılama endekslerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yapmışlardır. Ayrıca bitki örtüsü yanma şiddeti ve toprak yanma şiddetini ayrı ayrı test etmişlerdir.

Sabuncu ve Özener (2019) sundukları çalışmada Landsat 5 uydu görüntülerini kullanarak 2009 yılında İzmir ili Seferihisar ilçesindeki orman yangını uzaktan algılama ile incelemişlerdir. Çalışma sahasına ait yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler ile NBR ve NDVI endekslerin farkı alınarak yanan alanda Fark Normalize Edilmiş Vejetasyon Endekleri elde etmişlerdir. Ayrıca yanan bölgede kontrollü sınıflandırmanın maksimum benzerlik

işlemi uygulamışlardır. Orman Genel Müdürlüğü'nden (OGM) elde edilen veriler ile çalışmada yapılan üç yöntemin sonuçları birbirleri ile uygunluğu da incelenmiştir.

Karaca ve arkadaşları (2019) endekslerin kullanımını amaçladıkları çalışmada, Sentinel-2A uydusundan alınan uydu görüntüleri ile 2017 yılında İzmir ili Menderes ilçesinde meydana gelen orman yangını konu almışlardır. Çalışmada önerilen yeni bir yöntem ile yanan bölgeleri tespit edip hassas bir şekilde incelemiştirlerdir. Çalışma sonuçları karşılaştırılmış ve bu yeni yöntemin diğer yöntemlere göre daha iyi bir performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Adagbasa ve arkadaşları (2020) uydu görüntülerinden yararlanarak Golden Gate Ulusal Parkı'ndaki (Güney Afrika) dağlık otlak ekosisteminde yangın sonrası çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada parktaki çevresel faktörler, uyarlanabilir stratejileri ve ekolojik durumu göz önüne alınmıştır. Korelasyon ve regresyon analizi ile birlikte yangın öncesi ve sonrası NDVI türetilen Bitki Örtüsü Geri Kazanım Endeksi kullanılmıştır. Alınan sonuçlara göre parkın neredeyse yarısı (%48) bitki örtüsüne yüksek düzeyde tepki verdiğini sonucuna varmışlardır. Öte yandan, Bitki Örtüsü Geri Kazanım Endeksi, parkın %34'ünün yangın öncesi koşullara tamamen döndüğünü göstermiştir. Vejetasyon tepki yeteneği ile bitki örtüsünü iyileştirme endeksi arasında güçlü bir korelasyon olduğu kanısına varılmıştır. Ve ayrıca Regresyon analizi, % 83.34 katsayısı ile vejetasyon geri kazanım indeksi ($R = 0.91$) arasında da iyi bir ilişki olduğunu göstermiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

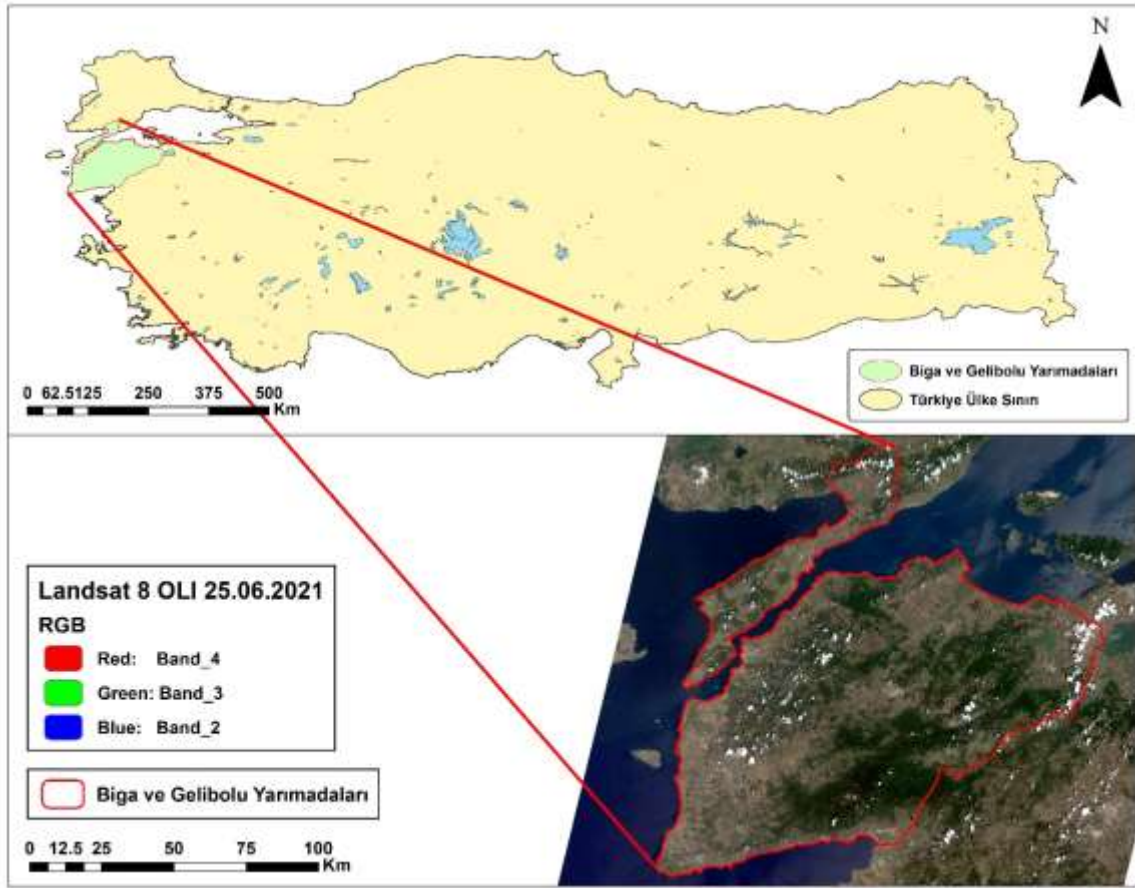
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

3.1.1. Coğrafi Konum

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara Bölümü'nün "Biga - Gelibolu Yöresi" içinde bulunan Biga Yarımadası ve Gelibolu Yarımadasıdır (Pektezel, 2015: 795). Çalışma alanının net bir sınırı olmamasıyla birlikte Edremit Körfezi ile Erdek Körfezlerinin kuzeybatı uzantısı olan Biga Yarımadasından başlayarak, Gelibolu Yarımadasının batısında Saroz Körfezine kadar uzanmaktadır (Şekil 14). Biga ve Gelibolu Yarımadaaları, Marmara ve Ege denizleri ile Asya ve Avrupa kıtalarını birbirinden ayıran Çanakkale Boğazı'na kıyısı bulunan ve yaklaşık olarak 39° 50' - 40° 50' kuzey enlemleri ile 26° 50' - 27° 50' doğu boylamları arasında ortalama 9810.62 km²'lik alanı kapsamaktadır. Her iki yarımada da biyolojik çeşitlilik açısından zengin bir alana sahip olmasıyla birlikte, orman ve orman nitelikli alanlar çoğunluk göstermektedir (Koç, 2008: 10).

Ayrıca Biga Yarımadasında içerisinde tertemiz havası, yemyeşil doğası, zengin fauna ve florasıyla ülkemizin doğal güzelliklerini barındıran "Kaz Dağı Milli Parkı" yer alırken, Gelibolu Yarımadasında ise hem manevi hem de tarihi açıdan uluslararası bir öneme sahip olan "Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı" yer almaktadır. Çalışma alanı içinde bulunan Biga Yarımadası Türkeş ve Koç (2007) tarafından Kaz Dağı'nın etkileşim alanı olarak belirlenmiştir (Koç, 2008: 3).



Şekil 14. Çalışma Alanı

3.1.2. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler

Biga Yarımadasında görünen kayalar Paleotetis ve Neotetis okyanuslarına ait zamanda oluşmuştur. Kaz dağlarının zirvesinde yer alan kayalar Paleotetis okyanusuna ait olanlardır ve azda olsa düzenli bir şekil oluşturmaktadır. Neotetis okyanusundaki kayalar ise melanj özellikleri ile Jura-Kretase kayalar ile kaynaşmış bir özellik gösterirler. Bölgede Senozoyik zaman, plütönizma ve volkanizmanın etkili olduğu dönemdir. Bu devrede volkanizmanın ve tektonizmanın etkisiyle karasal havzalarda sedimanlar depolanmıştır. Bu sedimanların bir kısmı kaldera gölü gibi küçük havzalarda toplanmıştır. Geç Tersiyer döneminden günümüze kadar Biga Yarımadası'nda yanal atımlı Kuzey Anadolu Fay sisteminin etkileri ile Ege gerilme sisteminin etkisi görünmektedir. Buna en iyi örnekleri gösteren yapılar doğu-batı yönünde uzanan horst ve grabenlerdir. Ayrıca Batı Anadolu'da benzer formasyonlar ile Alt-Orta Miyosen Küçükkuş formasyonu, Kazdağ yükseliminin güney ve kuzeyinde benzerlikler taşır. Buradan hareketle Kazdağ yükselimi Geç Miyosen sonrasında meydana geldiğini söyleyebiliriz (Koç, 2008: 5).

Biga Yarımadası genel olarak farklı seviyelerde platolar, delta özelliğinde kıyı ovaları ve horst karakterli kuzey, kuzeydoğu ve güneybatı uzanışlı dağlardan meydana gelmiştir (Koç, 2007: 4). Biga Yarımadasının en yüksek dağı 1774 m yüksekliği ile Kaz Dağı'dır. Diğer dağlara bakarsak eğer Eybek D. (1284 m), Kocakatran D. (1111 m), Ağı D. (988 m), Dede D. (873 m), Armutcuk D. (891 m), Kavak D. (873 m) ve Kayacı D. (841 m) ile Biga Yarımadasında güneybatıdan kuzeydoğuya doğru uzanmaktadırlar (Koç 2008: 5). Biga yarımadası platoları Yenice, Bayramiç, Çan çevresinden denize doğru yükseklik seviyesi azalır. Biga Yarımadasında tektonik oluşumlu kıyı ovaları Bayramiç-Ezine, Yenice, Kalkım ve Çan ovaları oluşturmaktayken, kıyı ovaları ise Tuzla, Karamenderes, Kepez, Sarıçay, Umurbey, Lapseki ve Biga ovaları örnektir. Tektonik hareketler Biga Yarımadasında yer şekillerinin oluşumunda başlıca etkindir ve genel olarak yer şekilleri kuzeybatıdan güneydoğuya doğru yükselmektedir (Koç, 2008: 5-6).

Gelibolu Yarımadası'nda ise Mesozoyik'den günümüze birçok farklı litolojik birimlerin yer aldığı bir bölgedir. Buna bağlı olarak yarımadanın jeolojik bakımından kuzeybatı ve güneydoğusu birbirinden farklılıklar gösterir. Gelibolu Yarımadası'nın orta kesiminden güneydoğusuna doğru Neojen ve kum, kil, marn, netritik ve kireçtaşı gibi kayalardan oluşmaktadır. Yarımadanın kuzeydoğusunda ise Eosen - Üst Kratese kalker, karbonatlar ve melanjlardan oluşmaktadır. Çanakkale yöresini önemli düzeyde değiştiren Miyosen dönemindeki yükselim hareketlerinden dolayı yarılımlar meydana getirmiştir (Pektezel, 2015; 796).

Aynı şekilde yarımadanın Saroz Körfezi'ne bakan bölgeleri ile Çanakkale Boğazı'na bakan bölgeleri bariz bir farklılık göstermektedir. Saroz Körfezi'ne bakan şekiller, kıydan birden bire yükselen yüksek sahalardan meydana gelmiş ve bu yüksek sahalarda akarsuların etkisi ile yarılmışlardır. Karaburun Tepesi (419 m) en yüksek noktasıdır ve Saroz Körfezi'ne bakan kısımlarında yer almaktadır. Genel olarak Alt - Orta Eosen kalkerden oluşan kuzeybatı tarafı paralel olarak akan akarsuların meydana getirdiği dar ve derin vadileri oluşturur. Yarımadanın güneydoğu bölümü ise yükseltisi daha azdır ve kum, kil, marn, netritik ve kireçtaşı benzeri yumuşak tabakalardan oluşmuştur. Buradaki kısımdaki akarsular daha yumuşak yapıyı aşındırarak farklı büyüklükte bozulmalar meydana getirmişlerdir (Özözen-Kahraman ve Kahraman 2008: 100-101; Pektezel, 2015: 796-797).

Gelibolu Yarımadası'nın en önemli akarsuları Koca Dere, Bağlar Dere, Kayaali Dere, Köy Dere ve Munipbey Dereleridir. Çalışma alanında Tuz Gölü, Uzunhızır Göleti, Tayfur Barajı, Fındıklı ve Değirmendüzü Göletleri mevcuttur (Pektezel, 2015: 797).

3.1.3. İklim Özellikleri

Biga Yarımadası kuzeyde Karadeniz güneyde ise Akdeniz ikliminin etkilerinin görüldüğü bir geçiş alanı göstermektedir (Koç, 2008: 6). Marmara ve Ege Denizine kıyısı olan alanlarda yazları sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Ortalama sıcaklıklar topografya özelliklerine göre farklılık göstermesiyle birlikte, yıllık ortalama sıcaklıklar 7.59-16.4C° arasındadır. Yarımada da doğal potansiyelin şekillenmesinde yatay ve dikey parametreler belirleyici olmuştur. İç kesimlerde yaz ayları daha kurak, daha yağışlı ve soğuk yarı karasal iklim etkilidir. Biga Yarımadasında yatay parametrelere ek olarak yüksek yerlere çıkıldığında iklim özelliklerinde dikey değişkenlikler çok barizdir ve bu durumu ile Kaz Dağına benzer özellikler taşır. En yağışlı mevsim kıştır ve yıllık ortalama yağış miktarı 628,8 mm. ile 765,7 mm. arasında değişmektedir. Biga Yarımadasının güney kıyısında bulunan Kaz Dağları, yarımadaadaki akarsuların neredeyse hepsinin kaynağıdır ve kuzeye doğru uzun akarsular bulunurken, güneye doğru ise kanyon vadiler içinden geçen kısa akarsular mevcuttur. Biga Yarımadasında genel olarak Kireçsiz Kahverengi Orman ve Kahverengi Orman toprakları görünmektedir. Rendzinalar, Kırmızı-kahverengi Akdeniz toprakları ve Alüvyal topraklarda dar alanlı olarak görülür (Koç, 2008: 7).

Gelibolu Yarımadası'nın geneline baktığımızda ise Marmara Bölgesinin iklimi hâkimken coğrafi konumuna da bağlı olarak Akdeniz ikliminden Karadeniz iklimine geçiş olarak kabul edilir. Bu iklim tipinde yazlar sıcak, kışlar soğuk, ilkbahar ve sonbahar ise yağış oranı yüksektir. Yarımada da yüksek kısımlarda nemli iklim görünürken, denize kıyısı olan kesimlerde ise yarı nemli iklim görülür (Pektezel, 2015: 797). Yıllık ortalama sıcaklık 15,08 °C ve yıllık toplam yağış ise 625,9 mm civarlarındadır. Rüzgar bu bölgede oldukça belirleyici olduğu için orman yangınlarının yayılma hızı üzerinde önemli bir etkidir (Erten vd., 2005: 2-3; Pektezel, 2015: 797). Toprak türleri bakımından alüvyal topraklar, kahverengi orman toprakları, kestane renkli topraklar, kireçsiz kahverengi topraklar, Vertisoller, Regoseller, Hidromorfik topraklar ve kolüvyal topraklar yer almaktadır (Pektezel, 2015: 797).

Genel olarak her iki yarımada da balkanlar üzerinden gelen hava hareketlerinden dolayı kış mevsiminde soğuk havalar yaşanmaktadır. Hakim rüzgar yönü yıl genelinde genel olarak kuzeydoğu (KD) ve güneybatıdır (GB). Kışın genellikle etkili olan Lodos rüzgârı fırtına oluşumuna ve yağışa neden olmaktadır.

3.1.4. Bitki Örtüsü

Biga Yarımadasında bitki örtüsünün kısa mesafelerde çeşitlilik göstermesinde yatay ve dikey iklim parametreleri etki olmuştur. (Koç, 2008: 7) Biga Yarımadası bitki örtüsü soy bakımından Akdeniz Bölgesi arasında geçiş sahası Holarktık alemin Paleoboreal Avrupa Bölümünde yer alır (Koç, 2008: 7). Biga Yarımadasının bitki örtüsü ekolojik olarak baktığımızda ise Subtropikal meşin yapraklılar ile Orta kuşağın yapraklı ve karışık ormanları arasında geçişin olduğu saha özelliğini göstermektedir (Koç, 2008: 7). Biga Yarımadasında genel olarak: kızıl çam, kara çam, meşe çeşitleri, ahlat, geyikdiken, katran ardıcı, yaban eriği, kayın, kestane, gürgen, Kazdağı göknarı ve meşe türleri gibi ağaç türleri görülmektedir. Biga Yarımadası ortalama 8870.32 km² alanı kapsamaktadır ve bu sahanın %58'inin bitki örtüsü ormandır. Yarımada da ikinci sıradaki arazi kullanımı zirai etkinliklerin yapıldığı alanlardır ve %39.5'lik orana sahiptir (Koç, 2008: 8).

Gelibolu Yarımadasının geneline bakıldığında maki bitki örtüsü hakimken, 200 metrelerden daha yüksek kısımlarda orman yoğunluğu görülmektedir. Yarımada nın güney kesiminde platolar sahalarında kızılçam ormanları ve maki formasyonu ile örtülüyken, kuzeybatı kesiminde vadilerle parçalanmış dağlık alanlar sık bitki örtüsü ile kaplıdır (Erten, vd., 2005: 2; Pektezel 2015: 797).

3.2. Kullanılan Uydu Görüntüleri

Biga ve Gelibolu Yarımada ları içerisinde meydana gelen yangınların hasar tespit çalışmasının belirlenmesinde Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu (USGS) ("Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi", t.y.), ("USGS (United States Geological Survey)", 2020)'den ücretsiz olarak temin edilen (Özelkan, 2019b: 907), yangın öncesi ve yangın sonrası olmak üzere 18 adet 30 m mekânsal çözünürlüklü LANDSAT 5 (TM), 6 adet hem 15 m hem de 30 m mekânsal çözünürlüklü LANDSAT 7 (ETM+) ve 24 adet hem 15 m hem de 30 m mekânsal çözünürlüklü LANDSAT 8 OLI görüntüleri kullanılmıştır. Uzaktan algılama tabanlı değerlendirmelerde, 2000–2020 yılları arasında meydana gelen 24 orman

yangını örneğine ait yangın öncesi ve yangın sonrası olmak üzere toplamda 48 adet uydu görüntüsü elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

Sıra No	Uydu	Yangın Çıkış Tarihi	1.Dönem	2.Dönem	Yol / Sıra
1	Landsat 7 ETM+	13.07.2000	09.07.2000	25.07.2000	181/32
2	Landsat 7 ETM+	13.07.2000	09.07.2000	25.07.2000	181/32
3	Landsat 7 ETM+	-	09.07.2000	25.07.2000	181/32
4	Landsat 5 TM	04.07.2007	03.06.2007	21.07.2007	181/32
5	Landsat 5 TM	19.07.2007	28.06.2007	21.07.2007	180/32 - 181/32
6	Landsat 5 TM	17.06.2008	05.06.2008	07.07.2008	181/32
7	Landsat 5 TM	30.07.2008	07.07.2008	15.08.2008	181/32 – 182/32
8	Landsat 5 TM	03.08.2008	23.07.2008	08.08.2008	181/33
9	Landsat 5 TM	11.07.2009	10.07.2009	26.07.2009	181/32
10	Landsat 5 TM	17.07.2009	10.07.2009	26.07.2009	181/32
11	Landsat 5 TM	17.08.2011	01.08.2011	18.09.2011	181/32
12	Landsat 5 TM	20.08.2011	01.08.2011	02.09.2011	181/32
13	Landsat 8 OLI	24.05.2013	18.05.2013	19.06.2013	181/32
14	Landsat 8 OLI	27.07.2013	19.06.2013	06.08.2013	181/32
15	Landsat 8 OLI	08.07.2016	11.06.2016	15.09.2016	181/32
16	Landsat 8 OLI	20.07.2016	13.07.2016	30.08.2016	181/32
17	Landsat 8 OLI	24.07.2016	27.06.2016	30.08.2016	181/32
18	Landsat 8 OLI	07.08.2016	13.07.2016	02.11.2016	181/32
19	Landsat 8 OLI	08.07.2017	30.06.2017	16.07.2017	181/32
20	Landsat 8 OLI	25.06.2019	26.05.2019	27.06.2019	182/32
21	Landsat 8 OLI	15.08.2019	29.07.2019	23.08.2019	182/32 - 181/32
22	Landsat 8 OLI	30.07.2020	06.06.2020	24.07.2020	181/32
23	Landsat 8 OLI	09.08.2020	01.07.2020	25.08.2020	180/32 - 181/32
24	Landsat 8 OLI	22.08.2020	06.06.2020	25.08.2020	181/32

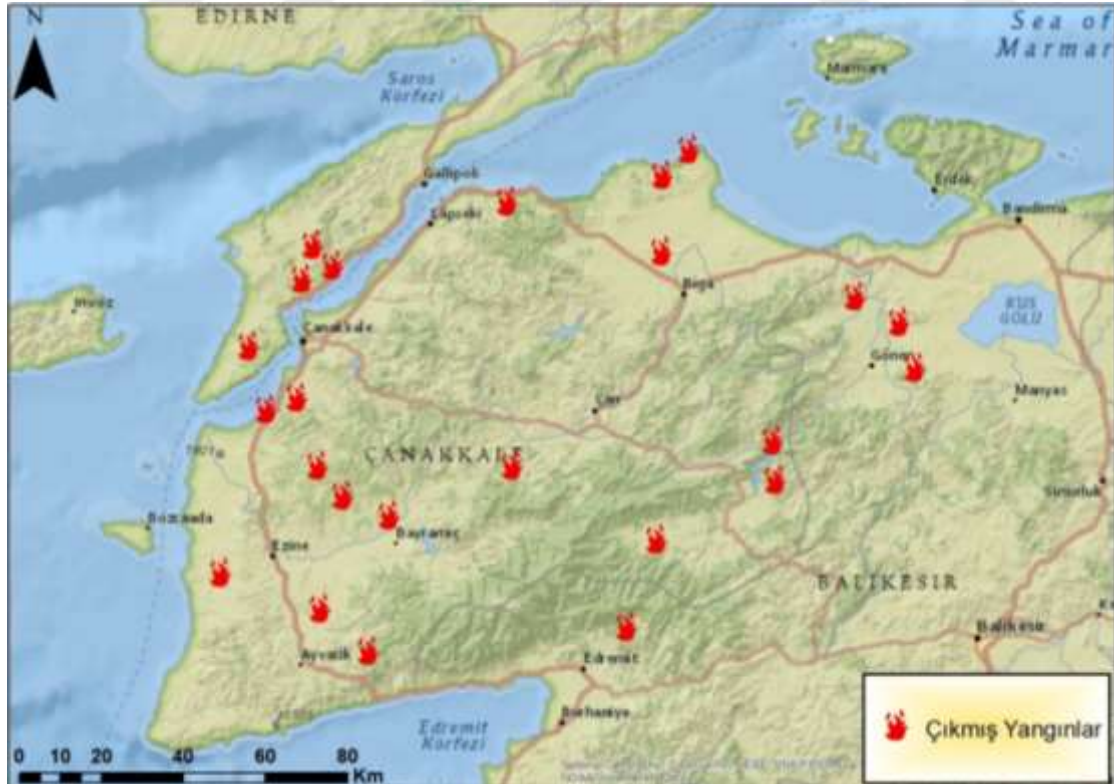
3.3. Yersel Veri

Çalışma kapsamında Biga ve Gelibolu Yarımadalarında meydana gelen orman yangınlarının hasar tespitinde T.C. Çanakkale Orman Bölge Müdürlüğü ve T.C. Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü'nden alınan veriler kullanılmıştır (Tablo 5).

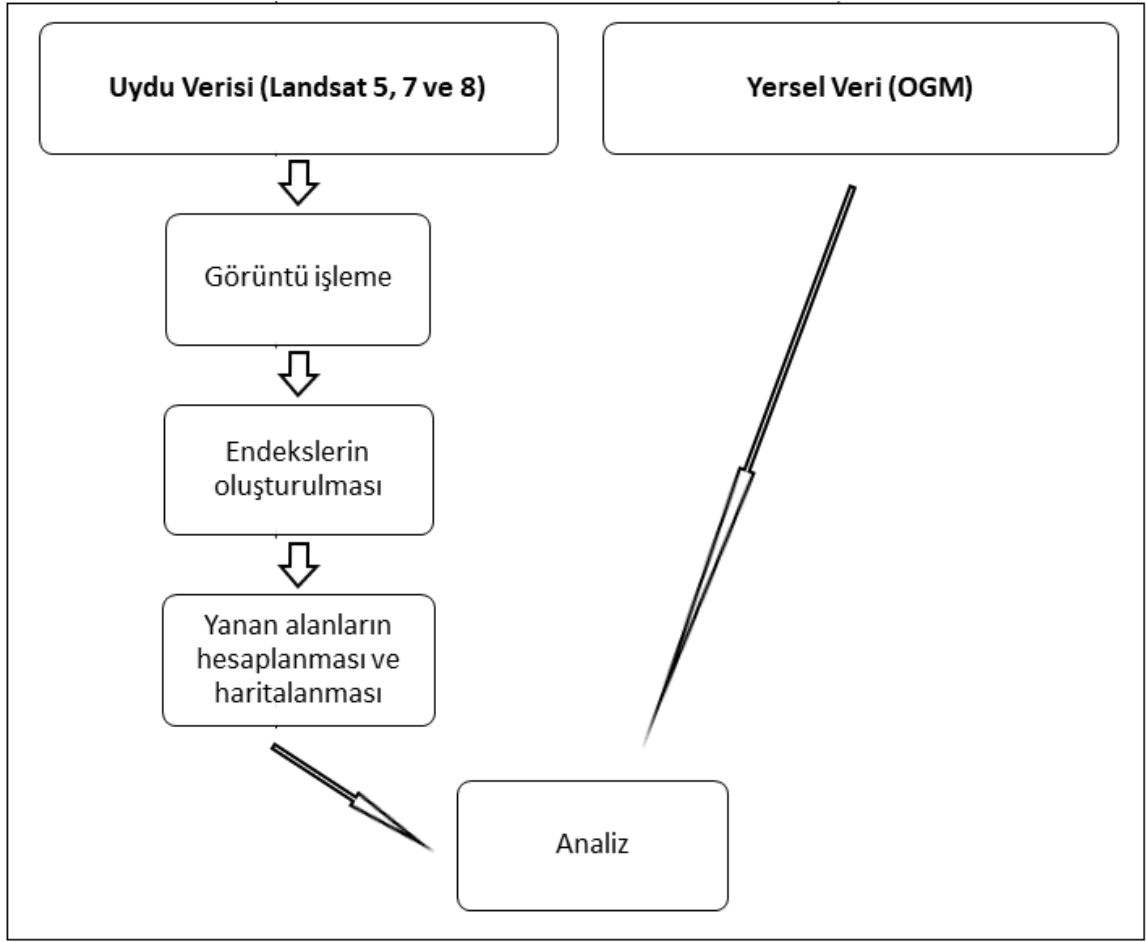
Tablo 5

Çalışmada kullanılan yangınlar

Sıra No	Gün	Ay	Yıl	İl	İlçe	Köy	Doğu	Kuzey	Yanan Saha (ha)	Çıkış Nedeni
1	13	7	2000	Çanakkale	Biga	Aksaz	27 10 16	40 26 26	400	İhmal
2	13	7	2000	Çanakkale	Bayramiç	Zerdalilik	26 29 44	39 53 23	372	Bilinmiyor
3	-	-	2000	Çanakkale	Ezine	Çamlıca	26 26 30	39 56 26	140	Çoban Ateşi
4	4	7	2007	Çanakkale	Lapseki	Alpagut	26 51 24	40 23 00	15	Anız
5	19	7	2007	Balıkesir	Gönen	Gökçe	27 45 02	40 06 18	20	İhmal
6	17	6	2008	Çanakkale	Eceabat	Yalova	26 24 44	40 15 36	324	Anız
7	30	7	2008	Çanakkale	Merkez	Çınarlı	26 23 19	40 03 08	1464	Anız
8	3	8	2008	Çanakkale	Ayvacık	Kırca	26 33 10	39 37 41	161	İhmal
9	11	7	2009	Çanakkale	Biga	Karabiga	27 15 53	40 27 53	48	İhmal
10	17	7	2009	Balıkesir	Gönen	Taştepe	27 42 53	40 10 52	10	İhmal
11	17	8	2011	Çanakkale	Bayramiç	Yiğitler	26 35 55	39 51 26	168,5	Sigara
12	20	8	2011	Çanakkale	Çan	Keçiağılı	26 52 05	39 56 25	95,4	İhmal
13	24	5	2013	Çanakkale	Yenice	Karasuçam	27 25 58	39 58 40	160	Elektirik
14	27	7	2013	Çanakkale	Gelibolu	İlgardere	26 28 02	40 16 17	339,8	İhmal
15	8	7	2016	Çanakkale	Biga	Yeniçiftlik	27 11 41	40 17 57	15	-
16	20	7	2016	Çanakkale	Merkez	Güzelyalı	26 20 57	40 02 26	45	-
17	24	7	2016	Balıkesir	Gönen	Sarıköy	27 37 08	40 13 29	44,6	Kaza
18	7	8	2016	Balıkesir	Havran	Kazdağı T.A.	27 07 09	39 40 07	67,2	İhmal
19	2	7	2017	Çanakkale	Ayvacık	Misvak	26 26 51	39 41 58	290	-
20	25	6	2019	Çanakkale	Ezine	Kemallı	26 13 39	39 45 35	10,5	İhmal
21	15	8	2019	Çanakkale	Eceabat	Behramlı	26 17 27	40 08 27	188,9	Sigara
22	30	7	2020	Çanakkale	Yenice	Kızıldam	27 25 54	39 55 40	48	Kaza
23	9	8	2020	Çanakkale	Eceabat	Kumköy	26 26 52	40 18 10	788,2	İhmal
24	22	8	2020	Çanakkale	Yenice	Akçakoyun	27 10 59	39 48 59	15,7	İhmal



Şekil 15. Çalışmada kullanılan yangınların çalışma sahasına dağılışı



Şekil 16. Uygulama sırasında izlenen işlem adımları

3.4. Görüntü İşleme ve Veri Analizi

Çalışma kapsamı içerisinde meydana gelen yangınların hasar tespit çalışmasında uydu görüntülerindeki sistematik hataların giderilmesi ve atmosferik bozulmaların en aza indirilmesi için görüntülere, Radyometrik Kalibrasyon ve Hızlı Atmosferik Düzeltme (QUAC) yöntemleri uygulanmıştır. Görüntülerin piksel boyutundan kaynaklı hataların giderilmesi için Landsat 7 (ETM+) ve Landsat 8 (OLI) uydu görüntülerine 15 m pankromatik bant ile 30 m multispektral bantlara pansharpening (pankeskinleştirme) yöntemi uygulanarak 15 m mekânsal çözünürlüğe sahip yeni multispektral görüntüler sağlanmıştır (Özelkan, 2019a: 653). Nesne ve piksel tabanlı sınıflandırmaların yanı sıra uydu görüntülerini sınıflandırmak için başka bir yöntem olan uzaktan algılama görüntülerinin spektral değerleri doğrultusunda endeks görüntülerinin değer aralıklarına dayalı yöntem kullanılmıştır. Her endeks için, yanmış orman alanını yanmamış orman alanından ayırmak

için en uygun eşik histogramları kullanılarak belirlenmiştir. Eşik değerini belirlemede bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında manuel eşik belirleme (Tresholding) ve OTSU'nun (Otsu's Thresholding Technique) yöntemi gelmektedir. Bu çalışmada eşik belirlemede en yaygın kullanılan yöntem olan manuel eşik belirleme (Tresholding) kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan endekslerle elde edilen yanan alanlar korelasyon-regrasyon, ANOVA ve RMSE analizi ile incelenmiştir. Uzaktan Algılama ve OGM'den alınan veriler arasındaki ilişki Pearson korelasyon katsayısı (R) ve belirleme katsayısı (R²) ile belirlenmiştir.

3.5. Bitki Örtüsü Endeksleri

Dünya yüzeyinden yayılan ışımaya akışının spektral bileşimi toprak, su ve bitki örtüsünün fiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlar (Bannari vd., 1995: 96). Uydular elektromanyetik dalgalar ile yeryüzüne gönderilen sinyallerin yanıtlarını alıcılar sayesinde kaydedip, band bölgesinden bilgiler sunar (Esental Bozkurt vd., 2018: 76). Bitki örtüsü endeksleri, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardaki vejetasyona göre enerjinin emilme, geçirgenlik ve birikme farklılıklarına bağlı olarak elde edilen verilerdir. Bitki örtüsü canlılığını ölçmeye çalışırlar ve yeşil bitki örtüsü dağılımını ortaya çıkarmada faydalıdırlar (Elvidge ve Chen, 1995: 38; Fung ve Siu, 2000: 1012). Hızlı ve kullanışlı bir yöntem olarak bitki örtüsü endeksleri, bitki örtüsünü belirlemek için iyi bir tekniktir. Değişiklik tespitinde, iki tarih için hesaplanan bitki örtüsü endekslerinden yararlanabilir (Lyon vd., 1998: 144). Uzaktan algılama uygulamaları ve araştırma alanında, birçok bitki örtüsü endeksi yılda geliştirilmiştir (Bannari vd., 1995: 97). Literatür çalışmaları incelendiğinde yanan alanların hasar tespiti için kullanılan endekslerden olan NDVI, NBR, NBR2, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI ve GEMI seçilmiştir ve endeksler üretilmiştir (Tablo 6). Çalışmada üretilen bu sekiz endeksler, görüntülerin yangın sonrası hasar tespitinde gerçeğe en yakın sonucu alabilmek için seçilmiştir.

Tablo 6

Çalışmada kullanılan endeksler

Kısaltma	İsim	Formül	Kaynaklar
NDVI	Normalize Fark Vejetasyon Endeksi	$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$	Rouse ve diğ. (1973)
EVI	Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi	$EVI = 2.5 * \frac{NIR-R}{NIR+C1*R-C2*B+L}$	Liu ve Huete (1995)
SAVI	Toprak Düzeltilmiş Vejetasyon Endeksi	$SAVI = \frac{NIR-R}{NIR+R+L} * 1 + L$	Huete (1988)
MSAVI	Modifiye Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü Endeksi	$MSAVI = \frac{(2*NIR+1 - \sqrt{(2*NIR+1)^2 - 8*(NIR-RED)})}{2}$	Qi ve diğ. (1994)
NDMI	Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi	$NDMI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR}$	Wogelmann ve Rock (1988)
NBR	Normalleştirilmiş Yanma Oranı	$NBR = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR}$	Key ve Benson (1999)
NBR2	Normalleştirilmiş Yanma Oranı 2	$NBR2 = \frac{SWIR1-SWIR2}{SWIR1+SWIR2}$	Garcia ve Caselles (1991)
GEMI	Küresel Çevre İzleme Endeksi	$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho1-0.125}{1-\rho1}$	Pinty ve Verstraete (1992)

3.5.1. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü Endeksi (NDVI)

Bitki örtüsü endeksleri, sağlıklı bitki örtüsünün karakteristik yansıma modellerine göre bitki örtüsü ve toprağın dağılımını tanımlamamıza yardımcı olur. NDVI, uydu verilerinden alınan ölçümleri analiz etmek ve gözlemlenen nesnenin yeşil bitki örtüsü içerip içermediğini değerlendirmek için kullanılabilen basit sayısal değerlerdir (Gandhi vd., 2015: 1201). Başka bir deyişle NDVI, uydu görüntülerinden bitki sağlığı hakkında bilgi almak için spektral değerleri kullanmaya dayalı bir yöntemdir (Ozelkan vd., 2015: 1).

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (3.1)$$

burada, NIR yakın kızılötesi, R ise kırmızı bandı temsil eder.

Yangından sonra, yangının bitki örtüsünü tüketmesi, klorofilin tahrip edilmesi, toprağı çıplak bırakması, köklerin kömürleşmesi ve toprağın neminin değiştirilmesi nedeniyle bir dizi spektrum değişikliği meydana gelir. Klorofildeki azalma, elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde bir artışa ve yakın kızıl ötesi bölgede bir azalmaya neden olur (Chuvienco, 2014: 3). NDVI, [-1 ile +1] değerleri arasındadır. Bitki örtüsünün yoğunluk gösterdiği alanlarda NDVI [+1] gösterirken, bitki örtüsünün seyrek olduğu veya çıplak toprakta NDVI değeri sıfır (0) gösterir. Su, kar ve bulut gibi yüzyelerde ise (-1) gösterir (Hatfield vd., 1985: 170–171; Jackson ve Huete 1991: 188; Ghobadi Gholamreza Janbaz vd., 2012: 820). Yüksek NDVI değerleri sağlıklı bitkiyi ve nem oranının yüksek olduğunu, düşük NDVI değerleri ise sağlıksız bitkiyi ve nem oranının düşük olduğunu gösterir (Yıldız vd., 2012: 51; Ozelkan vd., 2015: 2). Bitki toplulukları, Landsat TM/ETM uydu görüntülerinin yakın kızılötesi (B4) ve Landsat 8 OLI uydu görüntülerinin yakın kızılötesi (B5) bandlarında yüksek yansımaya değeri verir. Landsat TM/ETM uydu görüntülerinin görünür kırmızı (B3) ve Landsat 8 OLI uydu görüntülerinin yakın kızılötesi (B4) bandlarında ise düşük yansımaya değeri vermektedir. Bu yüzden NDVI elde etmek için bu bantlar kullanılmaktadır (Özdemir vd., 2010: 125).

3.5.2. Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (EVI)

Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksi (EVI), gölgelik arka planından ve aerosol değişikliklerinin bitki örtüsü endeks sapmalarını en aza indirmeyi amaçlayan spektral bant kombinasyonlarının bir örneğidir (Huete, 2012: 517).

$$EVI = 2.5 * \frac{NIR-R}{NIR+C1*R-C2*B+L} \quad (3.2)$$

burada sırasıyla NIR, R ve B kısmen atmosferik olarak düzeltilmiş, yakın kızıl ötesi, kırmızı ve mavi bantlarında yüzey yansıtılmalarını ve G de bir kazanç faktörünü ifade etmektedir. C1 ve C2 kırmızı banttaki aerosol etkilerini düzeltmek için mavi bandı kullanan aerosol direncinin katsayılarıdır ve L, SAVI'da olduğu gibi toprak ayarlama faktörü olarak işlev görür, ancak değeri SAVI'daki L'den farklıdır. Genel olarak, G = 2.5, C1 = 6, C2 = 7.5 ve L = 1 dir (Liu ve Huete, 1995: 463–464; Matsushita vd., 2007: 2638; Esemem, 2011: 59; Danelichen vd., 2016: 4266).

NDVI'dan farklı olarak, EVI paydasında sabit bir terim olan toprak ayarlama faktörü L'yi içerir. Bu sabit, EVI'nin bant oranı formatı olmayan bir terimi içermesine izin verir. Bundan dolayı, EVI üzerindeki topografik etki, NDVI üzerindeki farklıdır (Matsushita vd., 2007: 2637).

3.5.3. Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü Endeksi (SAVI)

SAVI, spektral endekslerin geliştirildiği bir yöntemdir, böylece toprak değişkenlerini etkili bir şekilde normalleştirilir ve bitki örtüsü ölçüsünü etkilemez. Bununla birlikte, tek bir ayar faktörünün ($L = 0.5$) vejetasyon yoğunluklarındaki aralık boyunca yumuşak gürültüyü önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Huete, 1988: 306; Liu ve Huete, 1995: 462).

$$SAVI = \frac{NIR-R}{NIR+R+L} * 1 + L \quad (3.3)$$

burada L bir toprak ayarlama faktörüdür. $L = 0.5$ değerinin en iyi ayarlamaya izin verdiğini, kanopi ile iletilen toprak arka planından yansıyan radyasyonun geri saçılma etkisini en aza indirilebileceğini göstermiştir. L'nin değeri $L = 0$ olduğunda SAVI, NDVI ile eşit olduğunu göstermektedir (Huete, 1988: 299; Jackson ve Huete, 1991: 196; Bannari vd., 1995: 107; Rondeaux vd., 1996: 98; Erenner ve Sarp, 2017: 5).

3.5.4. Modifiye Toprak Düzeltmiş Bitki Örtüsü Endeksi (MSAVI)

MSAVI, tıpkı NDVI'da olduğu gibi daha yüksek değerlerin bir pikselde daha sağlıklı bitki örtüsünü gösterdiği tek bir veri bandı üreten endekstir (Bonneau vd., 1999: 260).

$$MSAVI = \frac{(2*NIR+1-\sqrt{(2*NIR+1)^2-8*(NIR-RED)})}{2} \quad (3.4)$$

burada MSAVI, SAVI'nin değiştirilmiş bir versiyonudur ve sabit zemin ayarlama faktörü L'yi kendi kendini ayarlayan bir L ile değiştirir. Sonuç olarak, hem MSAVI hem de SAVI toprak ayarlama faktörlerini kullanır. Aradaki fark, SAVI'nin manuel ayarlı bir L kullanırken, MSAVI ise kendi kendini ayarlayan bir L kullanır.

Sinyal gürültü oranı MSAVI için diğer bitki örtüsü endekslerinden daha yüksektir. Bu, L fonksiyonlarının kullanımının sadece vejetasyon dinamik tepkilerini arttırmakla kalmayıp aynı zamanda toprak arka plan varyasyonlarını daha da azalttığını göstermektedir. Daha yüksek bitki örtüsünde L, 0'a yaklaşır ve MSAVI, NDVI gibi davranırken, düşük bitki örtüsünde L, 1'e yaklaşır. Orta bitki örtüsü için MSAVI, SAVI'ye benzerdir (Qi vd., 1994: 126). SAVI denkleminde optimal bir L değerini kullanmak için bitki yoğunlukları hakkında önceden bilgi sahibi olmayı gerektirirken, MSAVI'da L değerini otomatik olarak ayarlar (Qi vd., 1994: 126; Purevdorj vd., 1998: 3526).

3.5.5. Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi (NDMI)

Normalleştirilmiş Fark Nem Endeksi (NDMI), NIR ve SWIR bölgelerindeki kırılan radyasyonların farkı ve toplamı arasındaki oran olarak hesaplanır. NDMI'nin mutlak değerinin yorumlanması, nem oranı yüksek alanlarının hemen tanınmasını sağlar. NDMI değerleri (-1) ile (+1) arasında değişir ve her değer bağımsız olarak farklı bir duruma karşılık gelir (Hardisky vd., 1983: 81–82; Jin ve Sader, 2005: 365; Danelichen vd., 2016: 4266; Taloor vd., 2021: 7).

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (3.5)$$

burada NIR yakın kızılötesi, SWIR ise kısa kızılötesi bölgesini temsil eder.

NDMI, yüksek rakımlı karla kaplı alanın mevcut olduğu ve su kütlesi konumlarının ovalara ve alçak rakımlı alanlara göre yüksek nem içeriği gösterdiği görülebilir. Bitki örtüsü ve su kütleleri olmadığı için çorak arazi en düşük nem içeriğini gösterir (Bannari vd., 1995: 102; Lozano vd., 2007: 534; Taloor vd., 2021: 9).

3.5.6. Normalleştirilmiş Yanma Oranı (NBR)

NBR, yakın kızılötesi (NIR) ile orta kızılötesi (MIR) yansımaya değerleri arasında hesaplanır. NBR değerleri teorik olarak NDVI gibi (-1) ile (+1) arasındadır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda pozitif değerler alırken seyrek ya da çıplak alanlar negatif değerlere karşılık gelir. Yanmış alanlarda yangın şiddeti arttıkça NBR değerleri azalmaktadır (Escuin vd., 2008: 1054; Çolak ve Sunar, 2018: 7).

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (3.6)$$

burada NIR yakın kızılötesi, MIR ise orta kızılötesi bölgesini temsil eder.

Öte yandan NBR, gölgeler ve su üzerinde iyi performans gösterir. Bitki örtüsü su içeriği düşük olduğunda, kısa dalga kızılötesi bandı yakın kızılöttesinden daha yüksek yansıtma oranına sahip olduğu için endeksin negatif değerleri ile karakterize edilen seyrek ya da kuru bitki örtüsüne karşı iyi performans gösterir. Bununla birlikte, en düşük NBR değerleri yalnızca bitki örtüsünün yangından ciddi şekilde zarar gördüğü yanmış alanları tanımlar (Stroppiana vd., 2012: 95).

3.5.7. Normalleştirilmiş Yanma Oranı 2 (NBR2)

Normalize Yanma Oranı 2 (NBR2), SWIR ile MIR arasında hesaplanır. Bu endeks, yanıklar gibi bitki örtüsü olmayan alanlar için negatif değerler sunarken; bitki örtüsünün olduğu alanlar için pozitif değerler sunar. Bu değerler daha yoğun bitki örtüsü olduğunda daha yüksektir. Yakın kızılötesi ve orta kızılötesi bant aralığı etkilenen alanlar arasındaki en büyük farklılıkları göstermektedir. Yanmış alan, bitki örtüsünün kaybolmasının bir sonucu olarak yakın kızılötesi bölgede daha düşük bir yansıtma değeri ve orta kızılöttesinde daha yüksek bir fark gösterir (García ve Caselles, 1991: 34).

$$NBR2 = \frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2} \quad (3.7)$$

burada SWIR kısa dalga kızılöttesini temsil etmektedir.

3.5.8. Küresel Çevre İzleme Endeksi (GEMI)

Küresel Çevre İzleme Endeksi (GEMI), yakın zamanda yanmış alanlar gibi karanlık yüzeylerin uzaktan algılanması için çok önemli olduğu düşünülen atmosferik etkilerin önemli bir düzeyde iyileştirir. Gereksinimleri oldukça iyi karşılayan endeks, yaklaşık olarak (0) ile (+1) arasında değişmektedir (Pinty ve Verstraete, 1992: 18; Bannari vd., 1995: 111; Rondeaux vd., 1996: 98; Purevdorj vd., 1998: 3526; Pereira, 1999: 219).

$$GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - \frac{\rho_1 - 0.125}{1 - \rho_1} \quad (3.8)$$

GEMI'nin amacı, atmosferden etkilenmeden çevreyi küresel olarak değerlendirmek ve yönetmek olsa da, çıplak toprak parlaklığı ve renginden önemli bir ölçüde etkilenmektedir (Bannari vd., 1995: 111; Chuvieco vd., 2002: 5105). Son olarak atmosferdeki uydu görüntülerin ölçümlerden hesaplanan GEMI, hem değişen atmosferik ve aydınlatma koşullarında gözlemleri karşılaştırmak için, hem de bitki örtüsü için NDVI'dan daha iyi yüzey koşullarını temsil etmektedir. Bundan dolayı daha kullanışlıdır (Pinty ve Verstraete, 1992: 19).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. 15 ve 30 Metre Mekânsal Çözünürlükteki Görüntülerin Analizi

Çalışma alanında 2000-2020 yılları arasında gerçekleşen yangınların hem 15 adet 15 m mekânsal çözünürlükteki LANDSAT 7 (ETM+) ve LANDSAT 8 (OLI) uydu görüntüleri hem de 24 adet 30 m mekânsal çözünürlükteki LANDSAT 5 (TM), LANDSAT 7 (ETM+) ve LANDSAT 8 (OLI) uydu görüntüleri kullanılmıştır. 15 adet 15 m mekânsal çözünürlükteki görüntüler ile 24 adet 30 m mekânsal çözünürlükteki uydu görüntülerine yangın öncesi ve yangın sonrası NDVI, NBR, NBR2, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI ve GEMI endeksleri uygulanmıştır. Ayrıca görüntüler haritalanmış ve yangın sonrası yanan alan hesaplaması yapılmıştır (Tablo 7) (Tablo 8). Sonuçların Orman Genel Müdürlüğü'nden (OGM) alınan verilerle tutarlı ve ilişkisi için regresyon-korelasyon analizi, ANOVA testi ve RMSE (Ortalama Karekök Sapması) uygulanmıştır.

Tablo 7

15 metre mekânsal çözünürlükteki görüntülerin endeks alan hesaplamaları

Tarih	Uydu	Yanan Alan (ha)	NDVI	EVI	SAVI	MSAVI	NDMI	NBR	NBR2	GEMI
25.07.2000	Landsat 7 ETM+	400	454	266	397	419	499	429	497	408
25.07.2000	Landsat 7 ETM+	372	215	160	190	407	305	256	249	224
25.07.2000	Landsat 7 ETM	140	147	140	157	166	156	159	155	162
19.06.2013	Landsat 8 OLI	160	166	145	151	152	162	164	172	152
06.08.2013	Landsat 8 OLI	339,8	340	293	341	350	337	341	347	336
15.09.2016	Landsat 8 OLI	15	7	3	7	13	14	14	14	10
30.08.2016	Landsat 8 OLI	45	31	15	30	37	39	37	30	32
30.08.2016	Landsat 8 OLI	44,6	47	34	41	45	47	43	43	48
02.11.2016	Landsat 8 OLI	67,2	69	31	63	63	66	64	42	70
06.07.2017	Landsat 8 OLI	290	149	164	151	281	296	295	282	154
27.06.2019	Landsat 8 OLI	10,57	10	6	8	12	11	11	12	8
23.08.2019	Landsat 8 OLI	188,9	177	158	172	187	189	188	190	184
24.07.2020	Landsat 8 OLI	788,2	788	518	767	761	789	785	789	765
25.08.2020	Landsat 8 OLI	48	46	22	39	42	48	47	35	45
25.08.2020	Landsat 8 OLI	15,7	12	12	13	13	15	15	15	13

Tablo 8

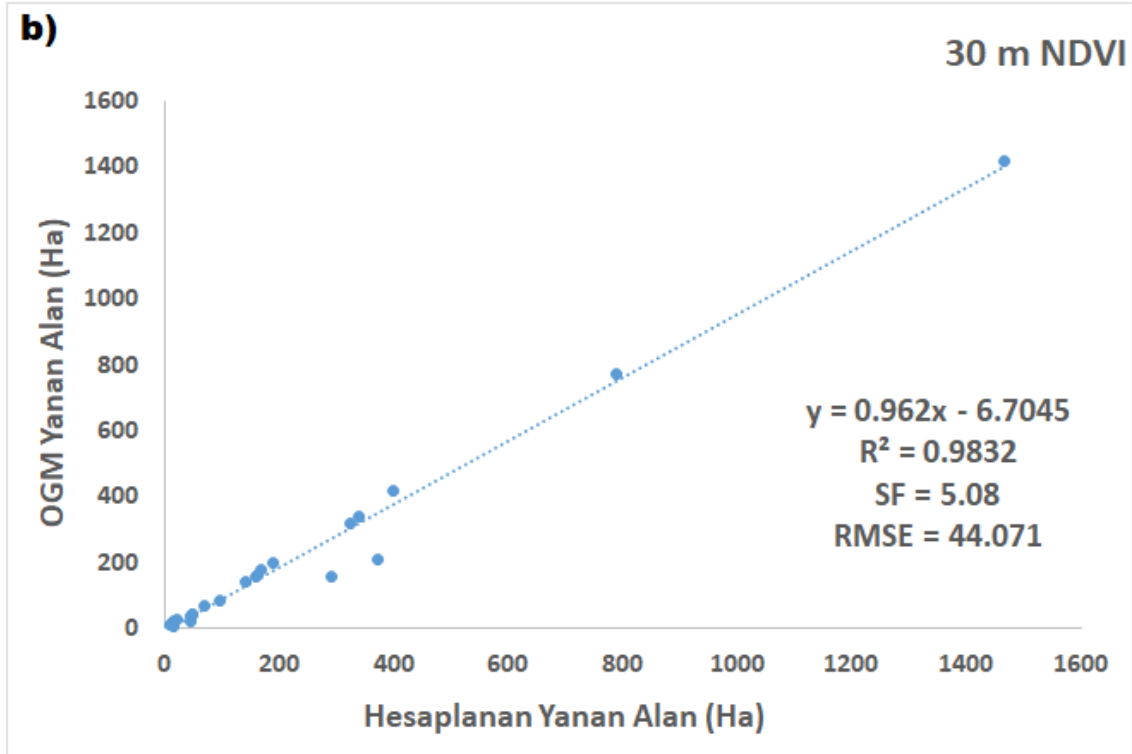
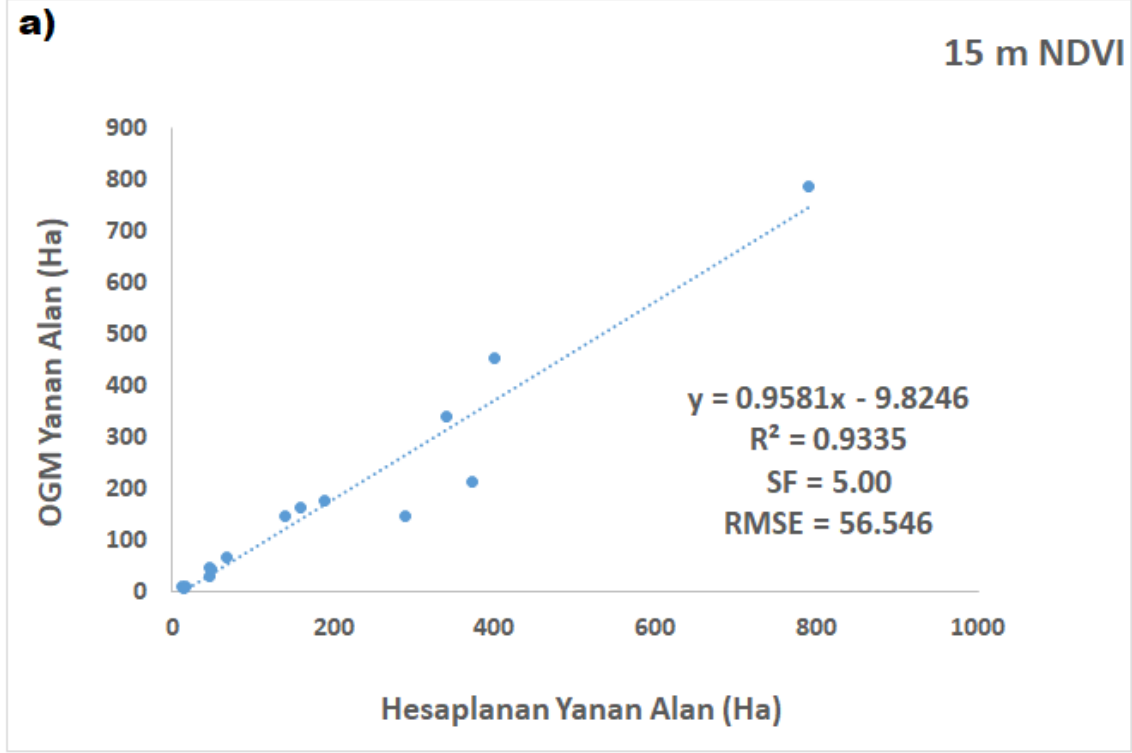
30 metre mekânsal çözünürlükteki görüntülerin endeks alan hesaplamaları

Tarih	Uydu	YananAlan(ha)	NDVI	EVI	SAVI	SAVI	NDMI	NBR	NBR2	GEMI
25.07.2000	Landsat 7 ETM+	400	419	541	414	434	453	467	464	425
25.07.2000	Landsat 7 ETM+	372	211	145	207	374	236	239	263	357
25.07.2000	Landsat 7 ETM+	140	140	137	145	156	140	144	143	155
21.07.2007	Landsat 5 TM	15	20	21	20	20	19	19	20	20
21.07.2007	Landsat 5 TM	20	29	21	27	26	24	27	25	25
07.07.2008	Landsat 5 TM	324	318	346	362	379	310	314	351	328
15.08.2008	Landsat 5 TM	1464,4	1420	1078	1293	1422	1469	1360	1196	1585
08.08.2008	Landsat 5 TM	161	162	102	163	185	158	157	155	173
26.07.2009	Landsat 5 TM	48	41	25	37	35	49	47	46	39
26.07.2009	Landsat 5 TM	10	14	11	14	14	11	12	14	12
18.09.2011	Landsat 5 TM	168,5	180	161	182	177	172	171	188	193
08.09.2011	Landsat 5 TM	95,4	84	55	84	95	94	93	93	96
19.06.2013	Landsat 8 OLI	160	160	142	163	153	163	157	158	151
06.08.2013	Landsat 8 OLI	339,8	340	315	339	335	339	335	342	339
15.09.2016	Landsat 8 OLI	15	9	5	7	16	13	14	15	13
30.08.2016	Landsat 8 OLI	45	37	26	32	19	39	36	32	27
30.08.2016	Landsat 8 OLI	44,6	24	34	48	45	48	44	44	42
02.11.2016	Landsat 8 OLI	67,2	69	39	66	44	69	67	33	68
06.07.2017	Landsat 8 OLI	290	160	161	169	339	294	296	295	340
27.06.2019	Landsat 8 OLI	10,57	10	6	13	12	11	12	12	11
23.08.2019	Landsat 8 OLI	188,9	197	114	186	186	187	188	190	186
24.07.2020	Landsat 8 OLI	788,2	773	611	773	779	771	788	769	765
25.08.2020	Landsat 8 OLI	48	45	23	49	48	47	47	36	45
25.08.2020	Landsat 8 OLI	15,7	12	8	12	12	12	13	12	12

Endeksler genel olarak; NDVI, NDMI veya NBR gibi spektral yansımalar dışında herhangi bir dış faktör içermeyen içsel endekler, SAVI ve MSAVI gibi toprak hattı

parametrelerini içeren toprak ile ilgili endeksler ve GEMI gibi atmosferik düzeltmeli endeksler olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir (Rondeaux vd., 1996: 95-97). Endekslerden elde edilen bitki örtüsü yansımalarının etkilendiği birçok koşul vardır. Bitki ve toprak bileşenleri, atmosferik kısıtlamalar, sensör görünümü, güneş açıları, toprak arka planı ve gölgelik koşulları bunlardan bazılarıdır (Jackson ve Huete, 1991: 198).

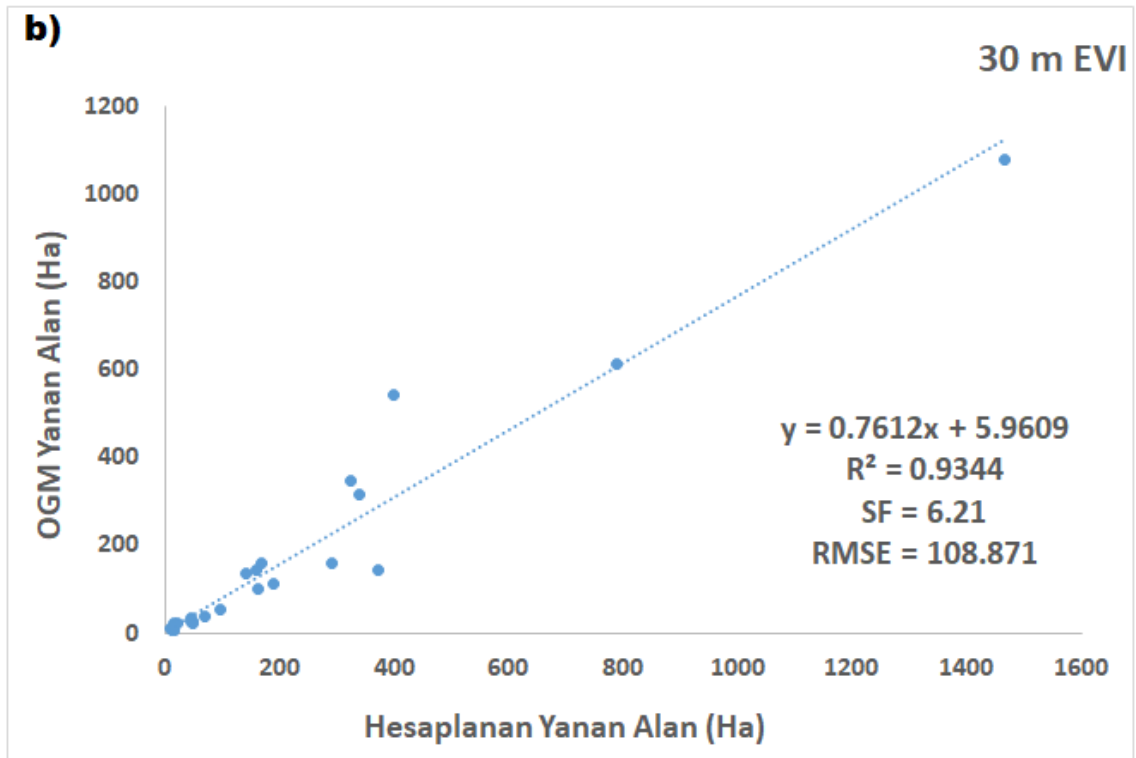
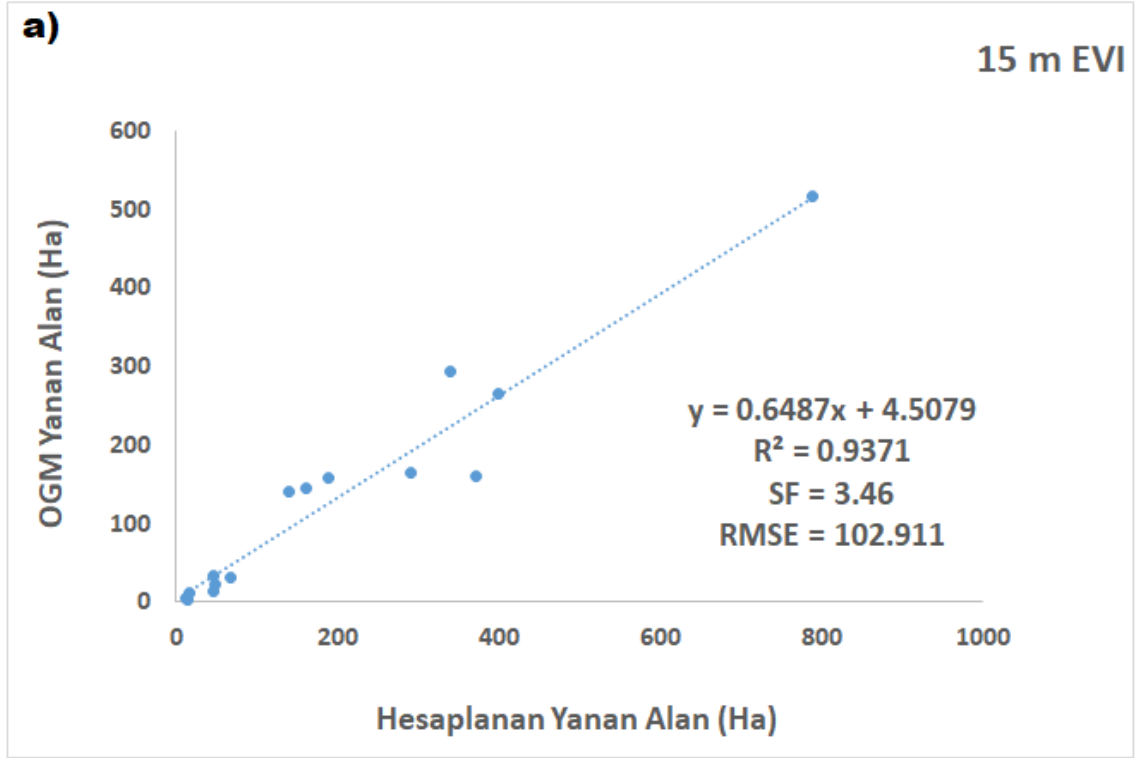
Uydu görüntülerinde meydana gelen yangın alanlarındaki değişimin OGM'den alınan verilerle olan alan hesaplaması ve analiz sonuçları incelendiğinde NDVI değerleri genel olarak bitki klorofil tarafından kırmızı ışığın emilmesi ve su dolu yaprak hücreleri tarafından kızılötesi radyasyonun yansımaları ile değiştiği bilinmektedir (Gandhi vd., 2015: 1201). NDVI, kentsel alanlar, çayırlar ve karışık orman alanlarında nispeten daha iyi performans gösterirken, her zaman yeşil kalan ormanların yanan alanlarında, tarım alanlarında ve seyrek karma orman arazilerinde daha az başarılı gösterdiğinden dolayı (Pereira, 1999: 222) 15 m çözünürlükte NDVI alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39c) ile OGM'den elde edilen veriler arasında ilişki yüksek düzeyde olduğu gözlemlenmiştir ($R^2 = 0.9335$). Gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış ($SF = 5.00$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 56.546$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 17a). 30 m çözünürlükte NDVI alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 40-63c) 15 m çözünürlükteki NDVI göre nispeten daha yüksek düzeyde bir ilişki ($R^2 = 0.9832$) göstermiştir. Gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 5.08$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 44.071$) ile daha iyi sonuç verdiğini görülmüştür (Şekil 17b). Schmidt ve Karnieli (2001) göre NDVI, koyu yüzeylere duyarlı olma eğilimindeyken, SAVI parlak yüzeylere daha fazla duyarlılık gösterir. Bu, NDVI yöntemlerinin SAVI yönteminden daha iyi performans göstermesinin nedenlerinden biri olabilir, çünkü çalışmada bazı yangın örneklerinde bitki örtüsünün daha seyrek bir yapıya sahipti. Ayrıca Veraverbeke ve arkadaşları (2012) çeşitli spektral endeksler kullanılmış ve karşılaştırılmıştır. Yüksek doğruluklar elde ettikleri çalışmada, doğal değişkenliğin önemli olduğu uygulamalar için NDVI'nın kullanılması önermişlerdir.



Şekil 17. 15 ve 30 metre çözünürlükteki NDVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

EVI genel olarak gölgelik arka planından ve aerosol değişimlerinin sapmalarını en aza indirmek için tasarlanmıştır. EVI'de bitki örtüsü yeşilliği, NIR'e spektral olarak daha

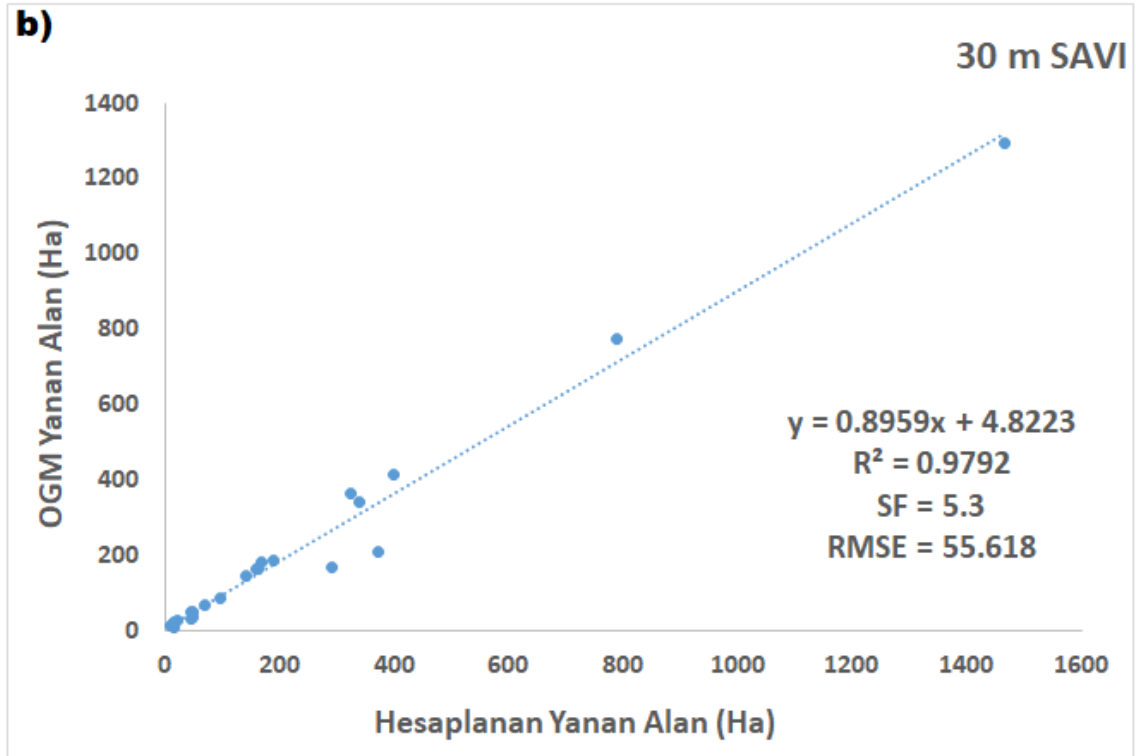
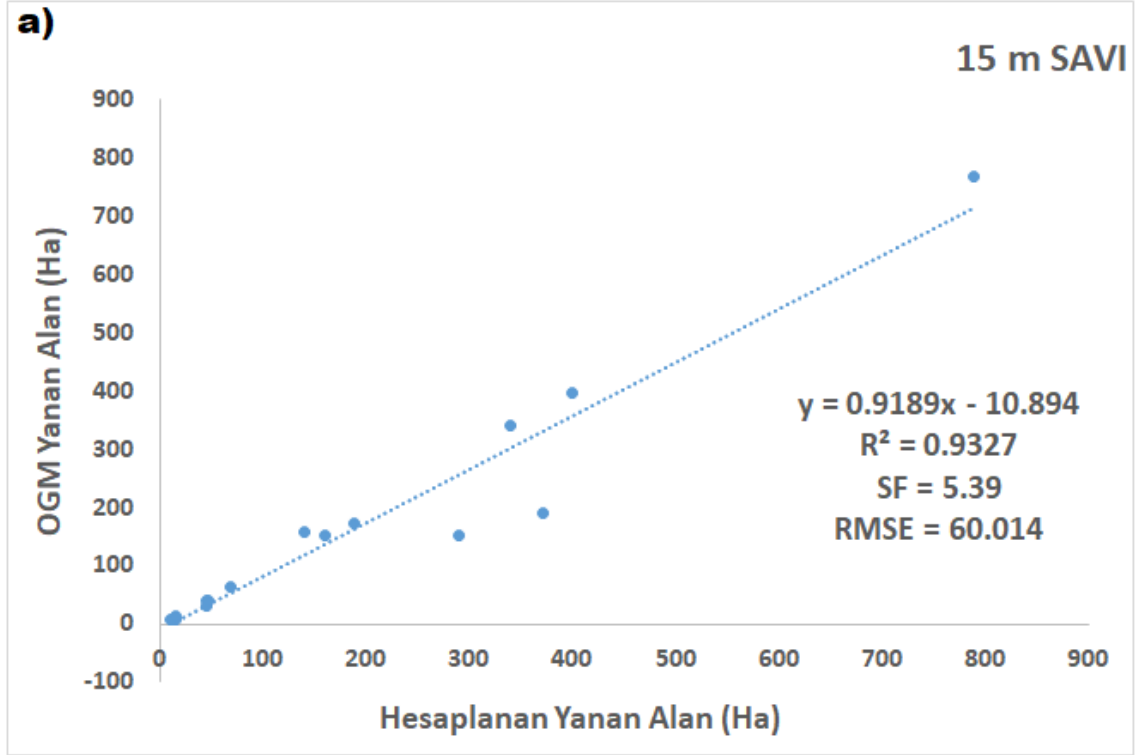
duyarlı olmasından dolayı EVI değerleri NIR yansımalarıyla daha yakından değişir (Huete, A. 2012: 517). 15 m çözünürlükte EVI alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39d) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçlarına bakıldığında 30 m çözünürlükteki alan değerleri nispeten daha yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9371$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış ($SF = 3.46$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 102.911$) olarak yüksek bir hata oranı hesaplanmıştır (Şekil 18a). 30 m çözünürlükteki EVI alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 4063d) 15 m çözünürlükteki EVI değerlerine göre azda olsa yüksek düzeyde ilişki göstermiştir ($R^2 = 0.9344$) ve gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür ($SF = 6.21$), ayrıca ortalama karekök sapması ($RMSE = 108.871$) ile çalışmada en yüksek hata oranına sahip endeks olmuştur (Şekil 18b). Genel olarak bu düşük performanslar, hem Landsat 8 (OLI) hem de Sentinel-2 (MSI) sensörleri ile yanık alanlarını ayırt etme yeteneği daha az olan mavi bandın dahil edilmesiyle ilişkilendirilebilir (Mallinis, vd., 2018: 8-14; García-Llamas vd., 2019: 142). Huete ve arkadaşları (2002), MODİS uydusunu kullanarak yaptıkları çalışma sonucunda amazon gibi yüksek biyokütle bölgelerinde EVI'nin gölgelik varyasyonlarına karşı hassas kaldığını bulmuşlardır.



Şekil 18. 15 ve 30 metre çözünürlükteki EVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

Temel olarak SAVI, seyrek bitki örtüsü olan alanlarda bazı hatalar göstermesini engellemek ve toprak parlaklığının etkisini düzeltmek için tasarlanmıştır (Bannani vd., 1995:

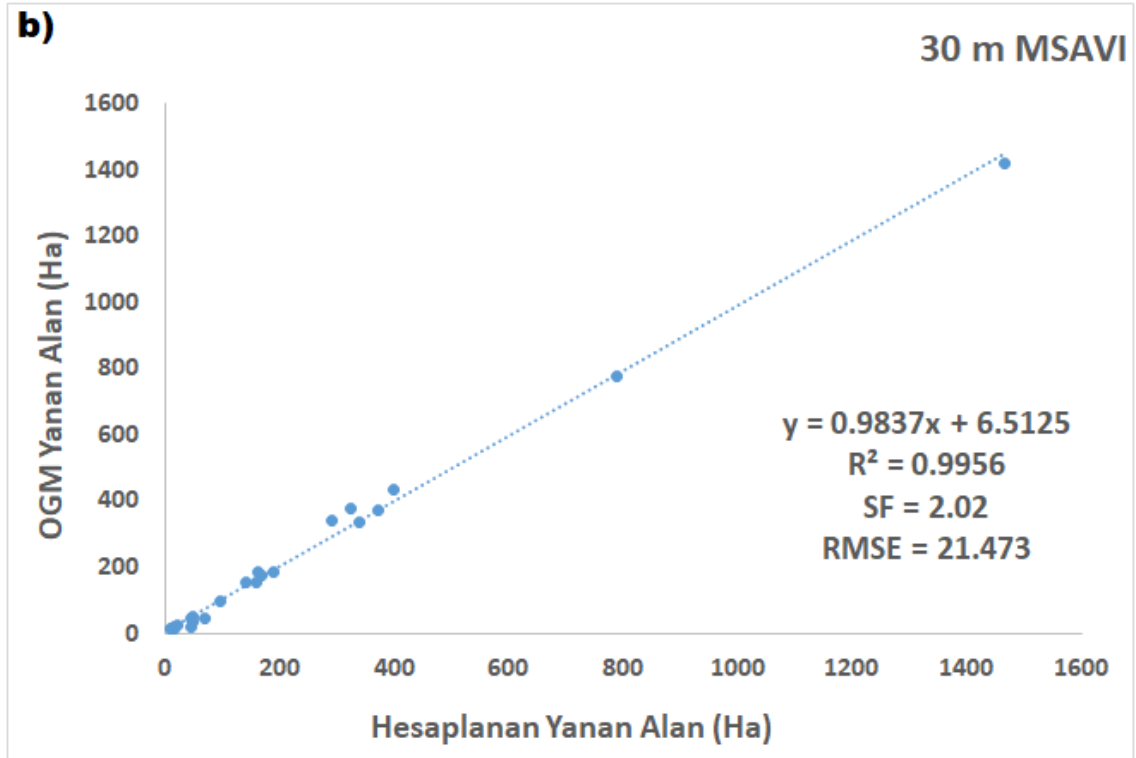
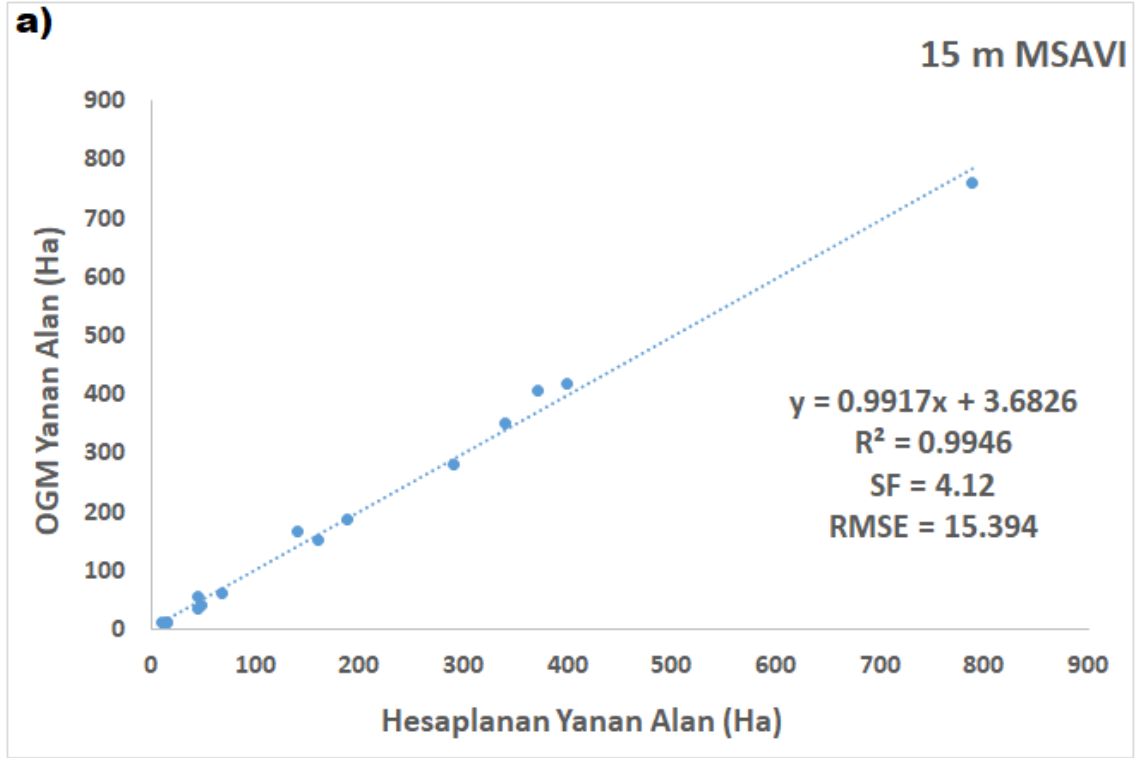
107; Chuvieco vd., 2002: 5107). 15 m çözünürlükte SAVI alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39e) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçları incelendiğinde potansiyel olarak yanıkları gölgelerle karıştırabilmesine rağmen, seyrek/kuru bitki örtüsü ile yanmış alanlar arasındaki örtüşmeyi azaltan SAVI değerleri yüksek düzeyde ilişki gösterirken ($R^2 = 0.9327$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 5.39$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 60.014$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 19a). 30 m çözünürlükteki SAVI alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 40-63e) nispeten daha iyi sonuçlar ile yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9792$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 5.3$) ve ortalama karekök sapması daha düşük ($RMSE = 55.618$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 19b). Leprieur ve arkadaşları (1994) de yaptığı çalışmada üç endeksin (NDVI, SAVI ve GEMI) performansını karşılaştırmışlardır ve her koşulda tek bir göstergenin uygun olmadığı, ancak iyileştirilmiş endekslerin (GEMI ve SAVI) bitki örtüsünü değerlendirmek için genellikle NDVI'dan daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışmada ise NDVI'nın SAVI'ya göre nispeten daha sonuç vermesinin sebebi ise yangın örneklerinin çoğunun koyu yüzeylerden oluşmasıydı. Veraverbeke ve arkadaşları (2012), genellikle belirli bir ürüne odaklanılan tarımsal sistem veya uygulamalar için SAVI'nın kullanılması önermişlerdir.



Şekil 19. 15 ve 30 metre çözünürlükteki SAVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

Diğer taraftan MSAVI, bitki örtüsünün yoğunluğuna bağlı olarak çıplak toprağın SAVI üzerindeki etkisini en aza indirmek için geliştirilmiştir ve buradan hareket ile toprağın

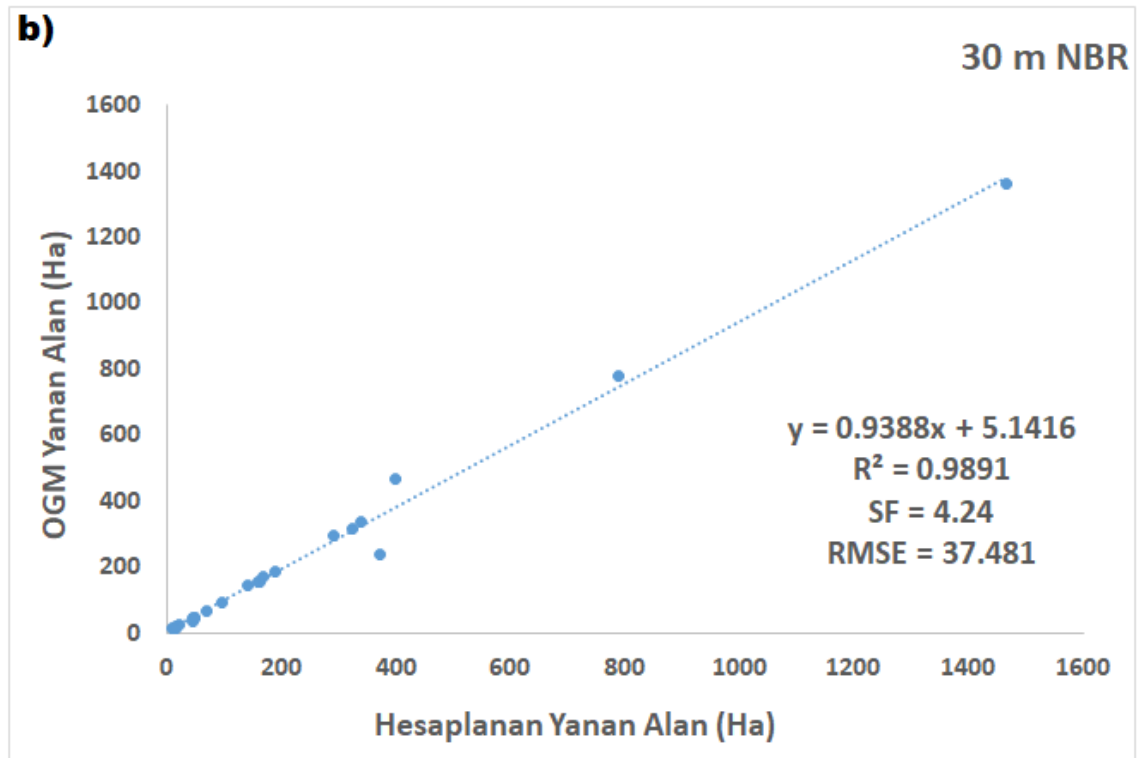
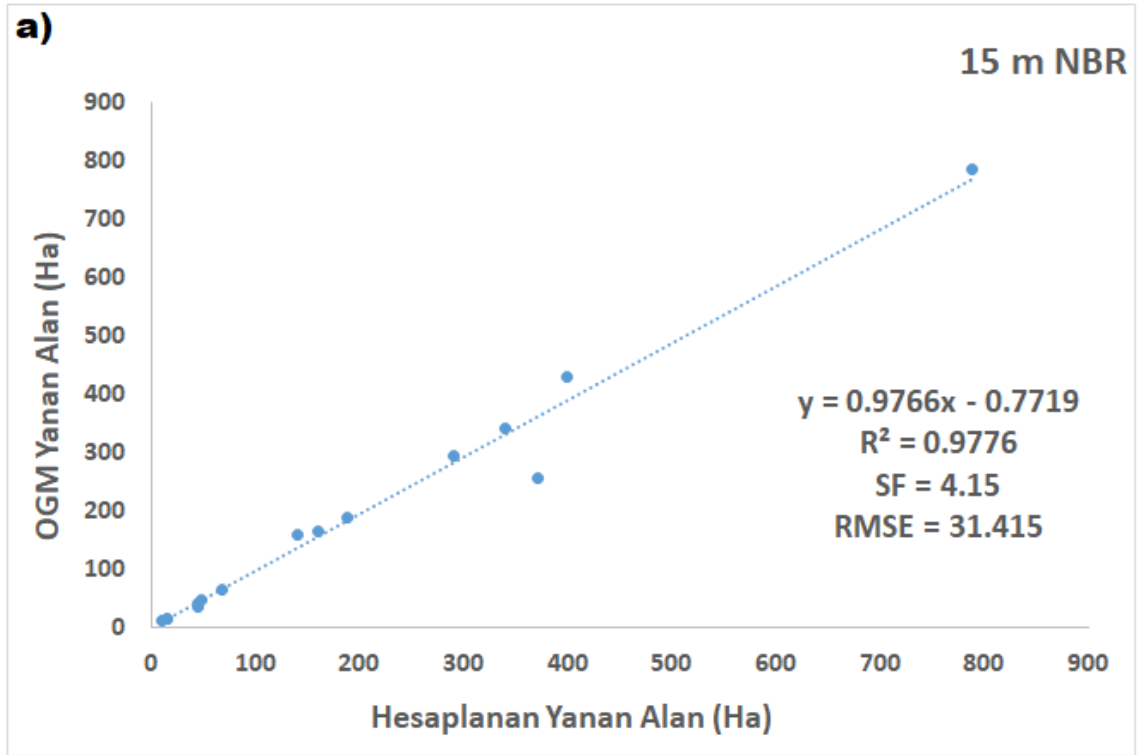
ıslak ve kuru olduğunu veya güneş eğim açısının değişebileceği gerçeğini de hesaba katılabildiğini göstermiştir (Bannani vd., 1995: 107; Bannani vd., 1996: 1904-1905). MSAVI denklemindeki L ayarlama faktörü, değişen bitki örtüsü yoğunluğu ile otomatik olarak değişen, kendi kendine uyarlanabilen bir düzeltme faktörüne sahip olduğu için, MSAVI teorik olarak arka plan gürültüsünü daha da azaltır ve bitki örtüsü hassasiyetini artırır (Veraverbeke vd., 2012: 33). Bu yüzden çalışmada 15 m mekânsal çözünürlükte en iyi sonucu veren endeks MSAVI'dır. 15 m çözünürlükte MSAVI alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39f) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçları incelendiğinde yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9946$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış (SF = 4.12) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 15.394) ile en düşük hata oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 20a). 30 m mekânsal çözünürlükteki MSAVI alan değerlerinde ise (Tablo 8) (Şekil 40-63f) yüksek düzeyde ilişki sağlamış ($R^2 = 0.9956$), aynı şekilde gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmış (SF = 2.02) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 15.394) 30 metre de en düşük hata oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 20b). Schmidt ve Karnieli (2001) neredeyse hiç bitki örtüsü sinyali olmayan çıplak yüzeyde endekslerin (NDVI, SAVI, MSAVI, PVI, WdVI, SAVI 2 ve TSAVI) duyarlılığını test etmiş ve karşılaştırmışlardır. MSAVI'nin çıplak yüzey malzemesine çok benzer şekilde iyi sonuçlar verdiğini bulmuşlardır. Ayrıca Qi ve arkadaşları (1994) yaptığı çalışmada, MSAVI'nin bitki örtüsü hassasiyeti ve toprak gürültüsünün azaltılması açısından NDVI ve SAVI' ya göre daha tatmin edici olduğu göstermişlerdir. Bir başka çalışma da Bonneau ve arkadaşları (1999) MSAVI bitki örtüsü endeksinin en doğru orman sağlık haritasını üreten endeks olduğunu gözlemlemişlerdir.



Şekil 20. 15 ve 30 metre çözünürlükteki MSAVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

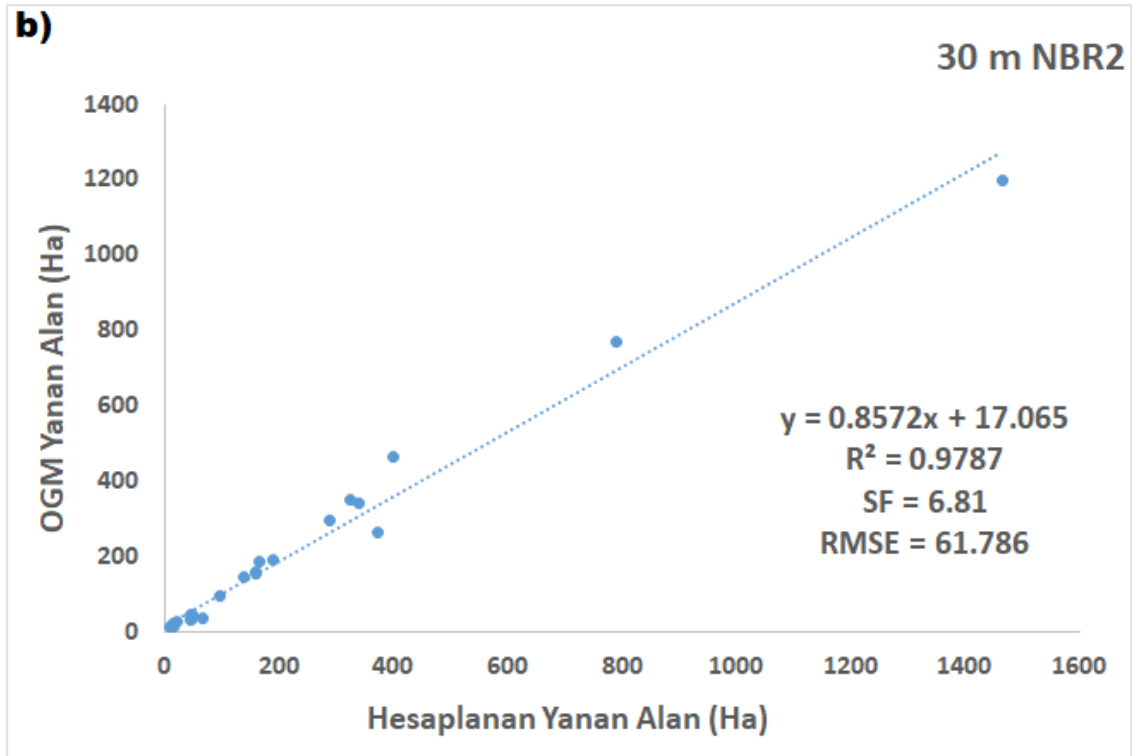
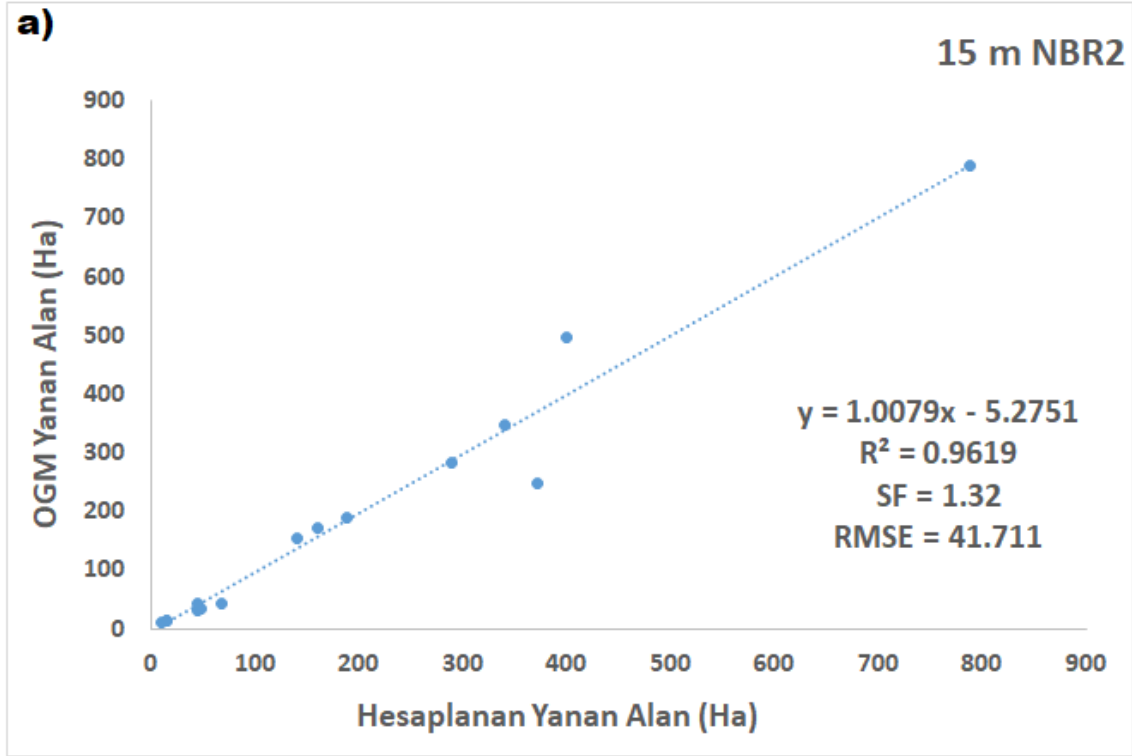
NBR kısaca, NIR ve SWIR bantlarına dayalı spektral endeks olarak yanmış alanları belirtmek için geliştirilmiştir. Yanan alan piksellerinde NBR'ye uygun değerler oldukça

yüksektir. SWIR bandının bitki örtüsündeki nem içeriği, toprak ve odun kömürü gibi çeşitli etkenler ile ilişkisi yangın sonrasında topraktaki değişikliklere karşı duyarlılığı artırdığı için, SWIR yansımalarını artıracaktır (García-Llomas vd., 2019: 138-142). Bundan dolayı 15 m çözünürlükteki NBR alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39g) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçları incelendiğinde yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9776$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 4.15$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 31.415$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 21a). 30 m mekânsal çözünürlükteki NBR alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 40-63g) nispeten daha yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9891$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmış ($SF = 4.24$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 37.481$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 21b). Chuvieco ve arkadaşları (2006) NBR bilgileri içeren endekslerin, yanık şiddeti seviyelerini ayırt etmek için NDVI ve SAVI'den daha uygun olduğunu bildirmiştir.



Şekil 21. 15 ve 30 metre çözünürlükteki NBR değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

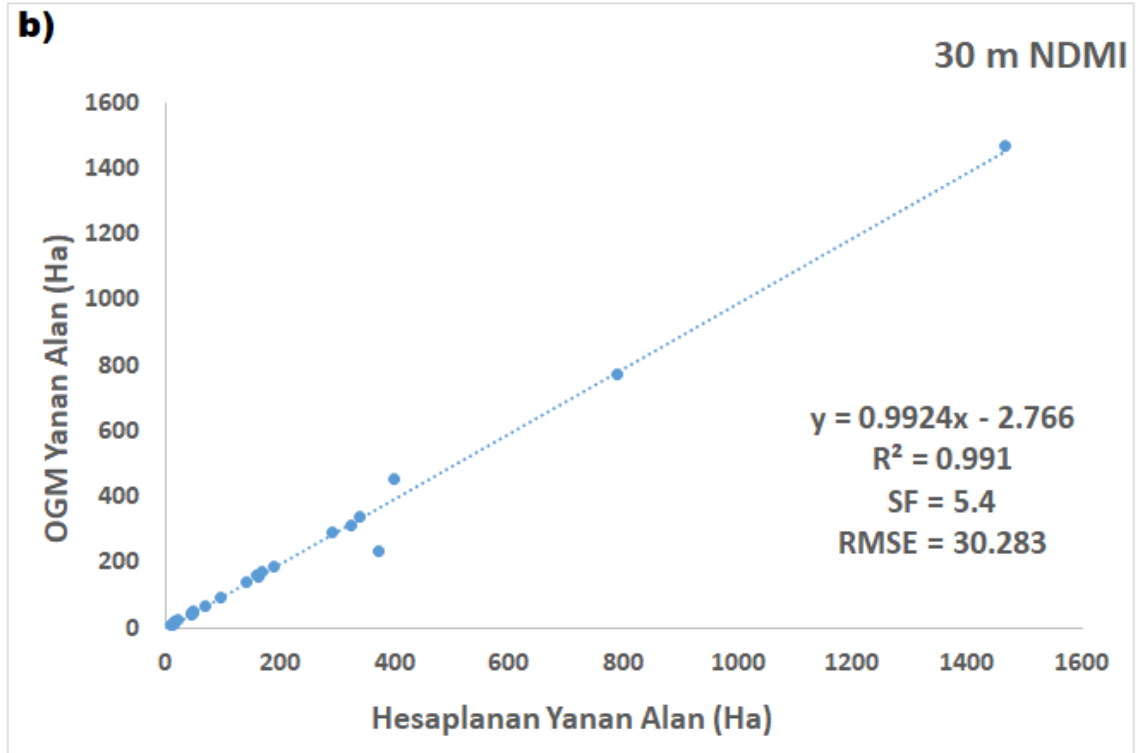
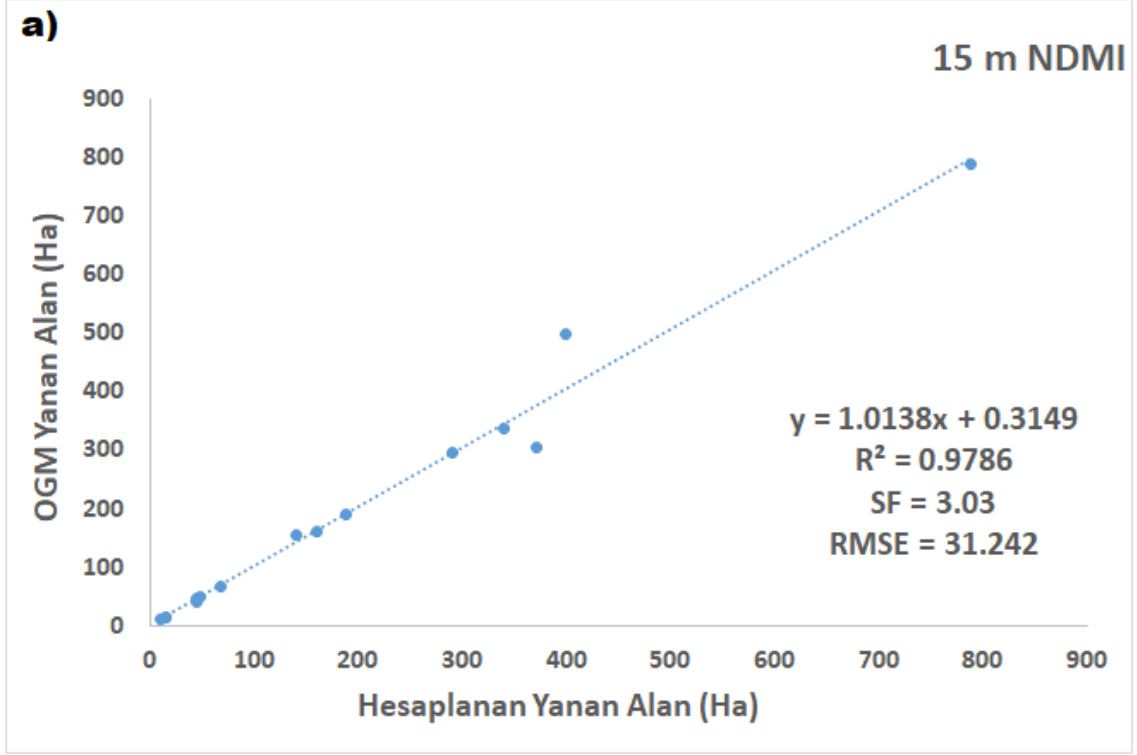
NBR2, NBR'ye benzer şekilde Landsat uydu görüntülerinden elde edilen SWIR ve MIR bantları ile yanmış alanları belirtmek için geliştirilmiştir. SWIR ve MIR bantlarının ağaç yoğunluğu, toprak türü, bitki örtüsü yapısı ve yanmış alanlara karşı duyarlılığı göz önüne alındığında ve 15 m çözünürlükteki NBR2 alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39h) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçları incelendiğinde yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9619$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış (SF = 1.32) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 41.711) olarak hesaplanmıştır (Şekil 22a). 30 m mekânsal çözünürlükteki NBR2 alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 40-63h) yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9787$), gruplar arasında anlamlı farkın olmadığı (SF = 6.81) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 61.786) olarak hesaplanmıştır (Şekil 22b). Horler ve Ahern (1986), yaptıkları çalışmada SWIR bantlarının diğerlerine kıyasla, Batı Ontario, Kanada'daki kozalaklı ve sert ağaç ormanlarındaki orman yapısı hakkında daha fazla bilgi verdiğini bildirmiştir. Ayrıca, SWIR ve MIR dalga boyları, görsel yorumlama için görünür bantlardan daha iyi sonuçlar vermektedir (Lozano vd., 2007: 541).



Şekil 22. 15 ve 30 metre çözünürlükteki NBR2 değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

NDMI'da yanmış alan, bitki örtüsünün kaybolmasının bir sonucu olarak yakın kızılötesi bölgede daha düşük bir yansıtma değeri ve kısa kızılötesinde daha yüksek bir fark

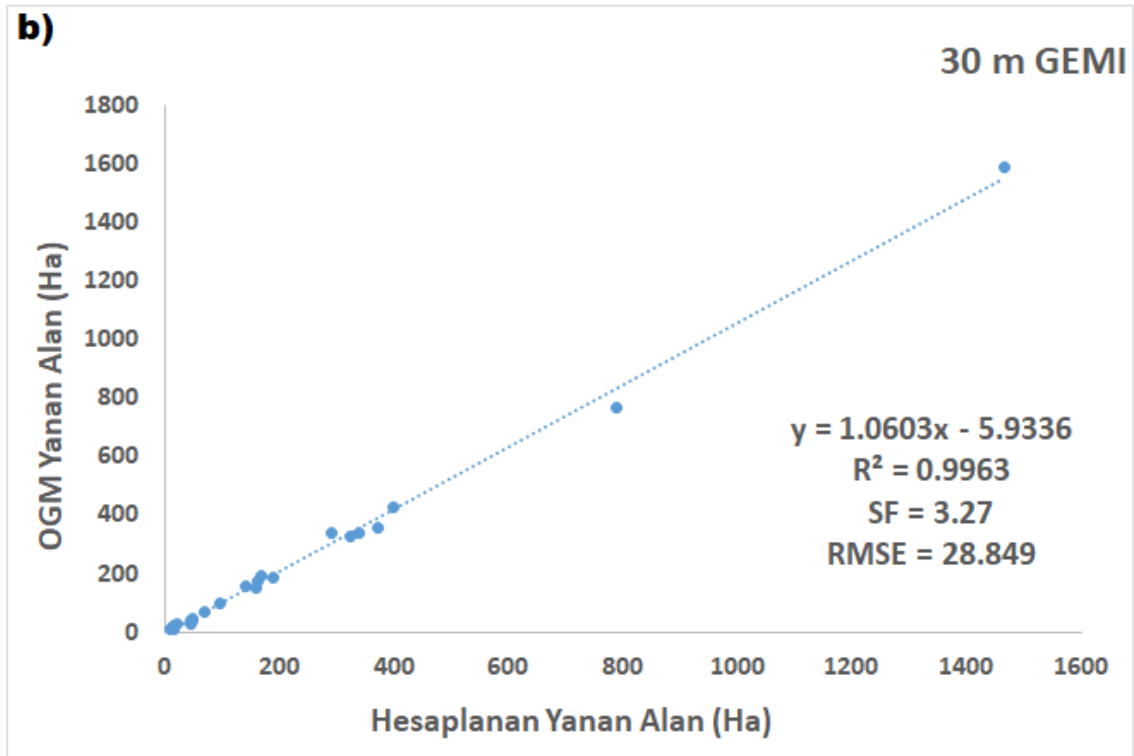
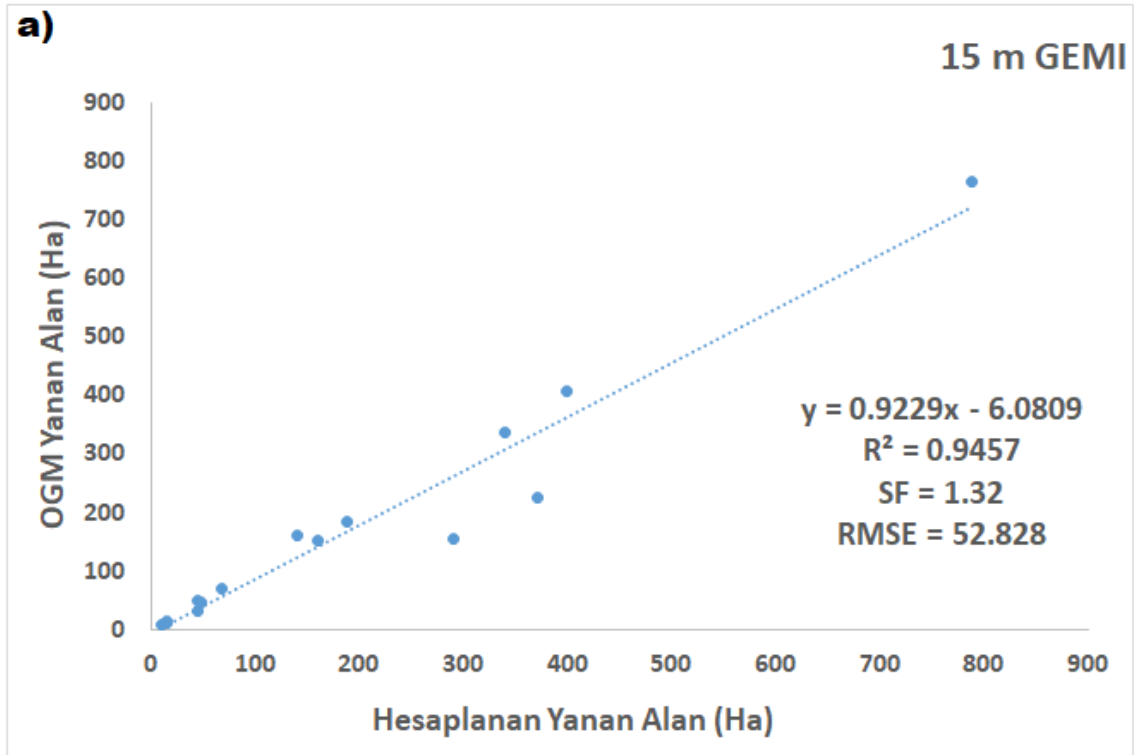
gösterdiği için su kütlelerinin varlığına karşı duyarlı hale geldiği ve nem oranı yüksek alanlarının hemen tanınmasını mümkün kılar (Danelichen vd., 2016: 4271). Buradan hareketle 15 m çözünürlükteki NDMI alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39ı) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçları incelendiğinde yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2 = 0.9786$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 3.03$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 31.242$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 23a). 30 m mekânsal çözünürlükteki NDMI alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 40-63d) nispeten daha yüksek düzeyde bir ilişki göstermiştir ($R^2 = 0.991$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmış ($SF = 5.4$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 30.283$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 23b). Hardisky ve arkadaşları (1983) NDMI'nin gölgelik su içeriği ile yüksek oranda ilişkili olduğunu, bitki biokütlesi ve su değişiklikleri NDVI'dan daha yakından takip ettiğini bildirmişlerdir. Wilson ve Sader (2002), Maine, ABD'de farklı Landsat toplama aralıklarında orman değişikliklerini saptamak için NDMI ve NDVI'yı karşılaştırmıştır. Tüm sınıflandırma denemelerinde, NDMI değişiklik haritaları, NDVI değişiklik haritalarından daha yüksek bir genel doğruluğa sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır.



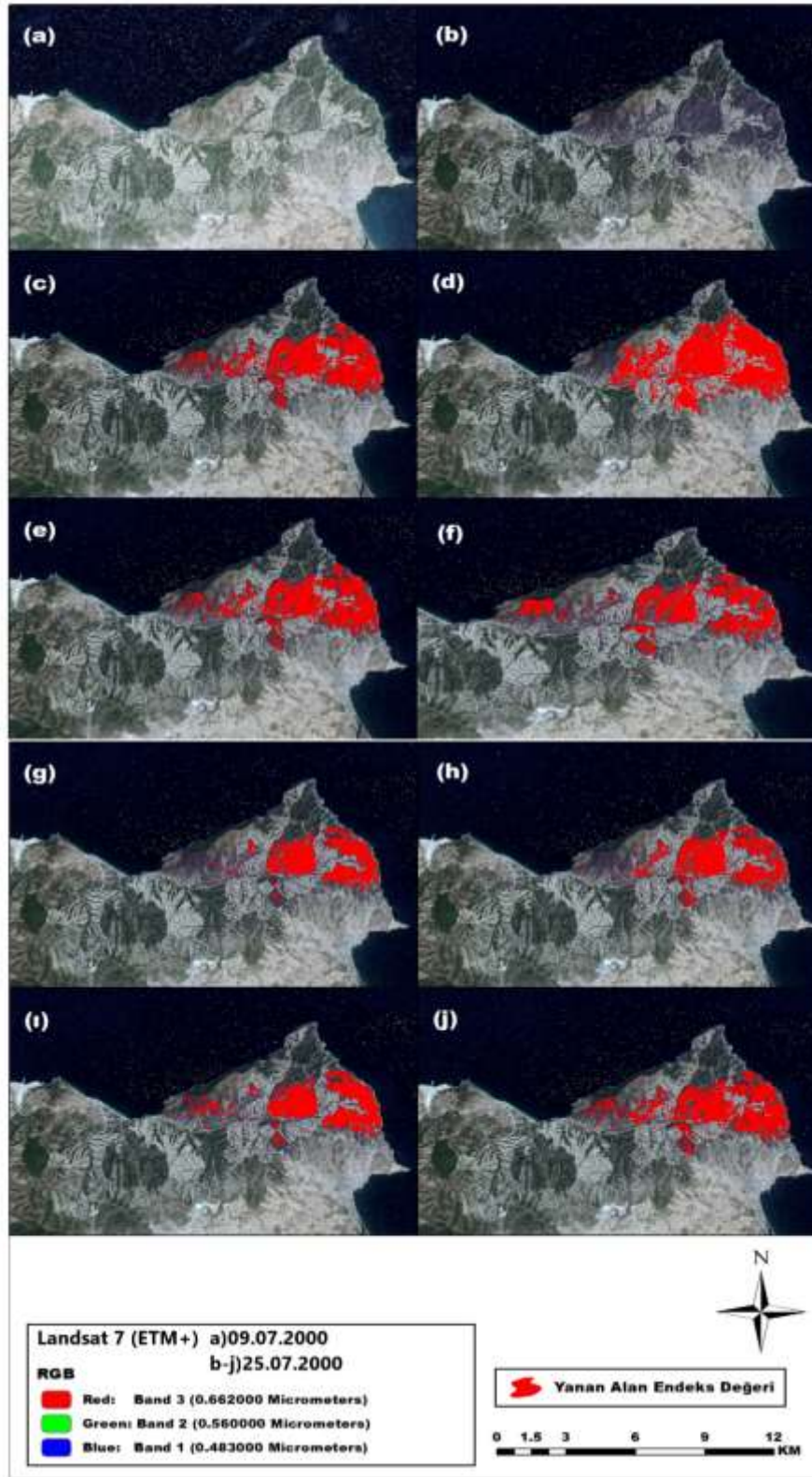
Şekil 23. 15 ve 30 metre çözünürlükteki NDMI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

Son olarak GEMI, bitki örtüsü hakkındaki daha sağlıklı bilgiler sunan ve ayrıca atmosferik etkilerden en az etkilenen endeks olarak geliştirilmiştir (Bannani vd., 1995: 111;

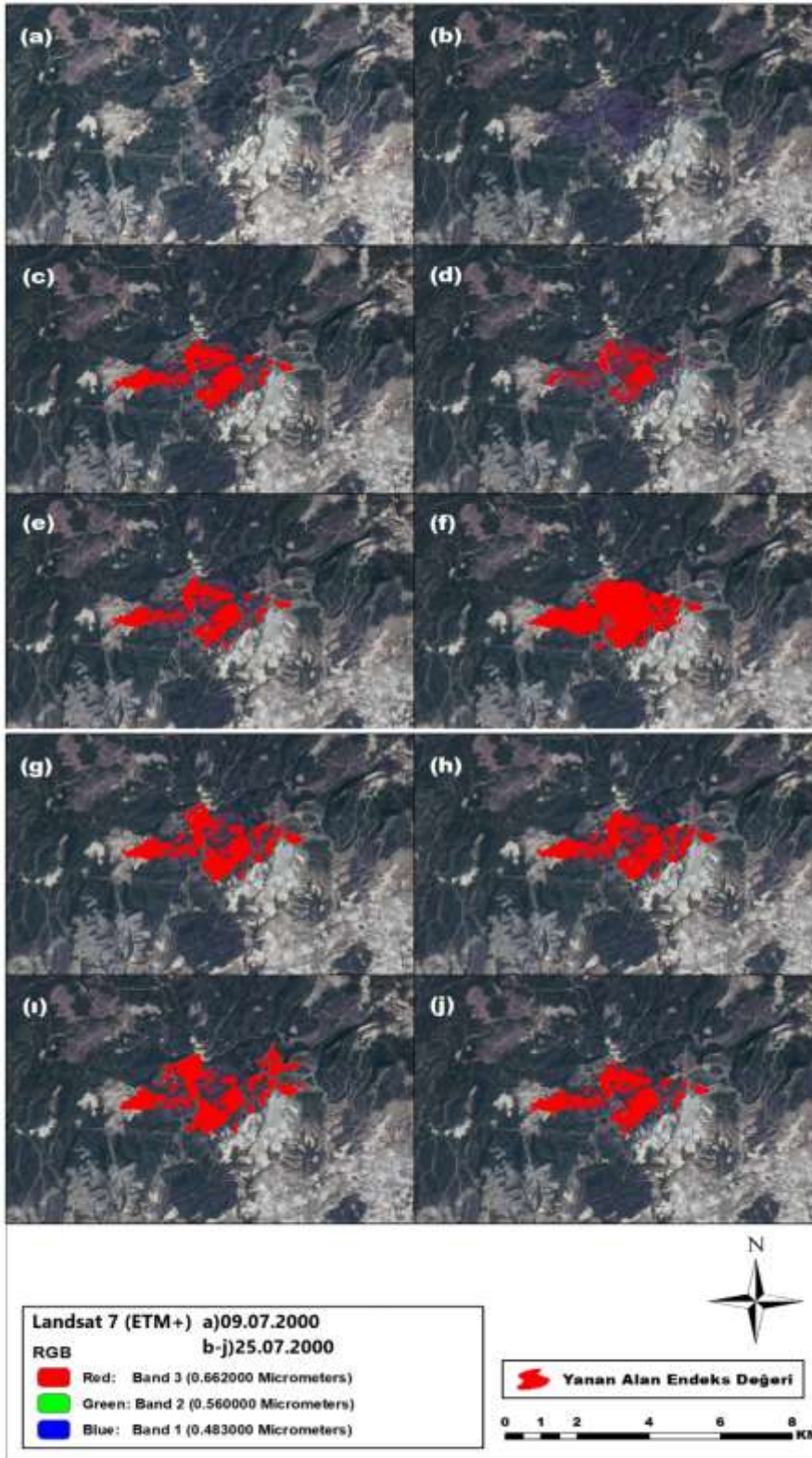
Rondeaux vd., 1996: 98). GEMI de özellikle yangından sonra yanmış yüzeylerde veya yeşil bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda NIR'de görüntülenen çok düşük yansıma ile güçlü kontrast oluşturduğu için bu spektral aralıkta yanan yüzeyler oldukça parlak görünürken sulak alanlar ve su üzerinde kötü sonuçlar vermektedir. Ayrıca özellikle atmosferik aerosollerin etkisine karşı hassasiyeti diğer endekslere oranla daha geliştirilmiştir (Pereira, 1999: 219). GEMI, en düşük değişim katsayısına sahip olduğu için yanmış alanları diğer alanlardan ayırmada kolaylık sağladığından yola çıkarak (Chuvienco vd., 2002: 5105), 15 m çözünürlükteki GEMI alan değerleri (Tablo 7) (Şekil 25-39j) ile OGM'den alınan verilerin analiz sonuçları incelendiğinde yüksek düzeyde ilişki göstermiştir ($R^2 = 0.9457$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı (SF = 1.32) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 52.828) olarak hesaplanmıştır (Şekil 24a). 30 m mekânsal çözünürlükteki GEMI alan değerleri ise (Tablo 8) (Şekil 40-63j) en yüksek düzeyde ilişki sağlanılmıştır ($R^2 = 0.9963$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış (SF = 3.27) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 28.849) olarak hesaplanmıştır (Şekil 24b). Leprieur ve arkadaşları (1994), AVHRR verilerinden bitki örtüsünü tahmin etmek için NDVI, SAVI ve GEMI'yi karşılaştırmış ve GEMI'nin, özellikle uydu verileriyle tahmin edildiğinde, bitki örtüsünün iyi bir tahmincisi olduğunu gösterdiler. Bir başka çalışmada Leprieur ve arkadaşları (1996), kurak ve yarı kurak ortamlarda NDVI, MSAVI ve GEMI'yi karşılaştırdılar ve GEMI'nin atmosferik değişimlere NDVI ve MSAVI'den daha az duyarlı olduğunu gösterdiler. Genel olarak GEMI hakkında çalışmalarda, çok yoğun bir bitki örtüsünün canlılığının tanımlanması için verimli sonuçlar verirken seyrek veya ara bitki örtüsü ya da çıplak topraklarında hatalarlar göstermektedir. Bu nedenle, seyrek veya orta derecede yoğun bitki örtüsüne sahip bir ortamı yönetmek için daha az tavsiye edilirler.



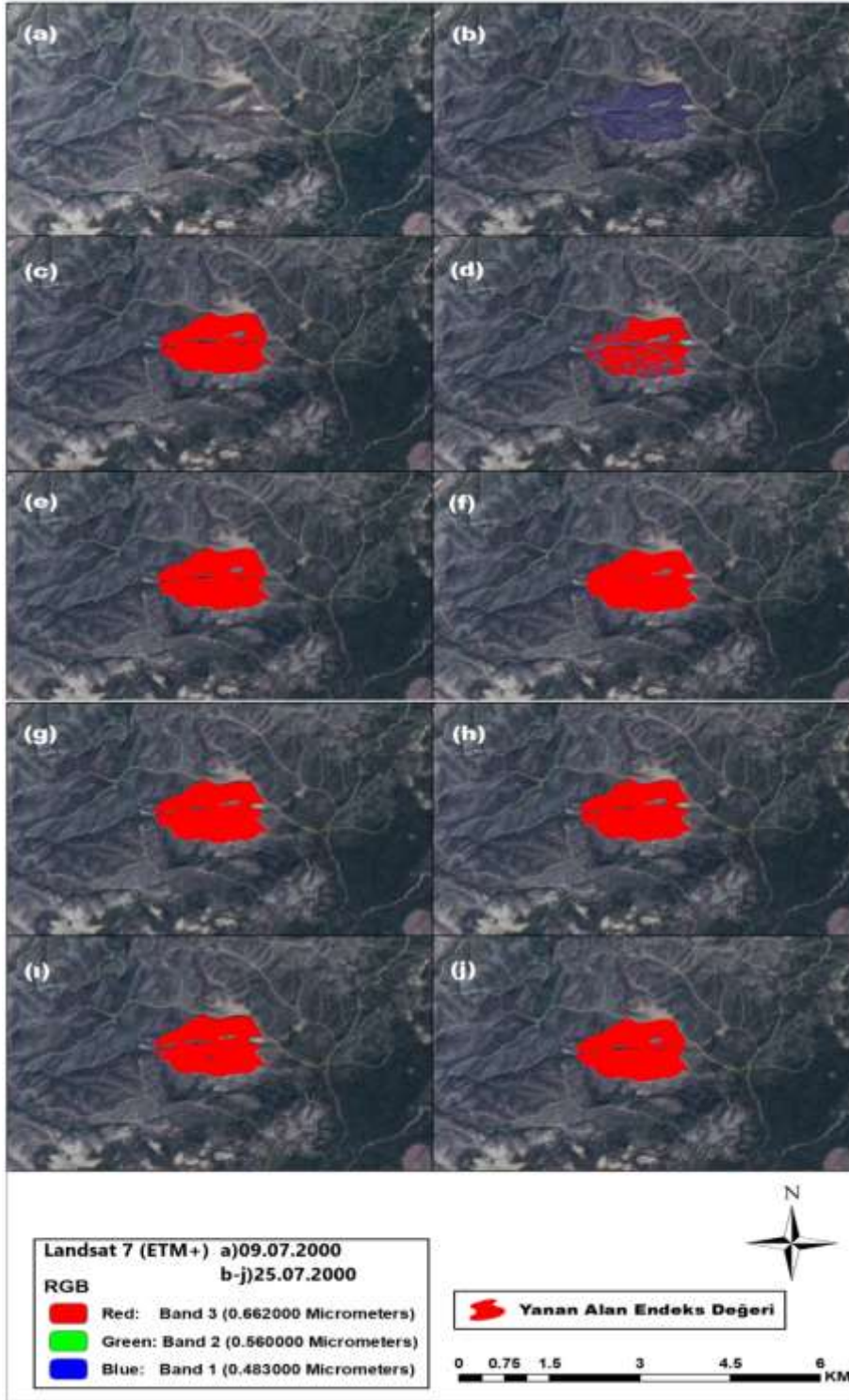
Şekil 24. 15 ve 30 metre çözünürlükteki GEMI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki



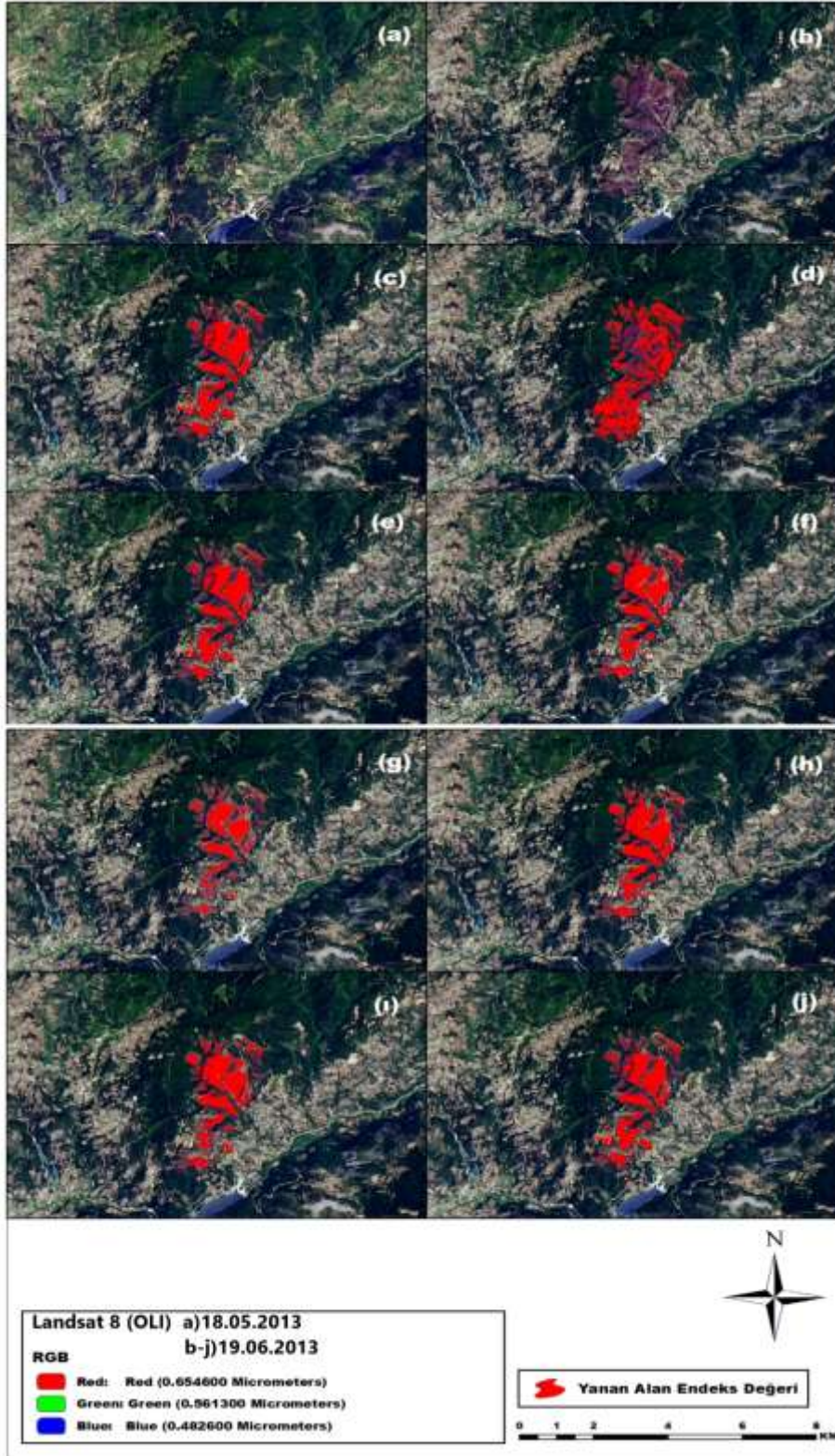
Şekil 25. Aksaz 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



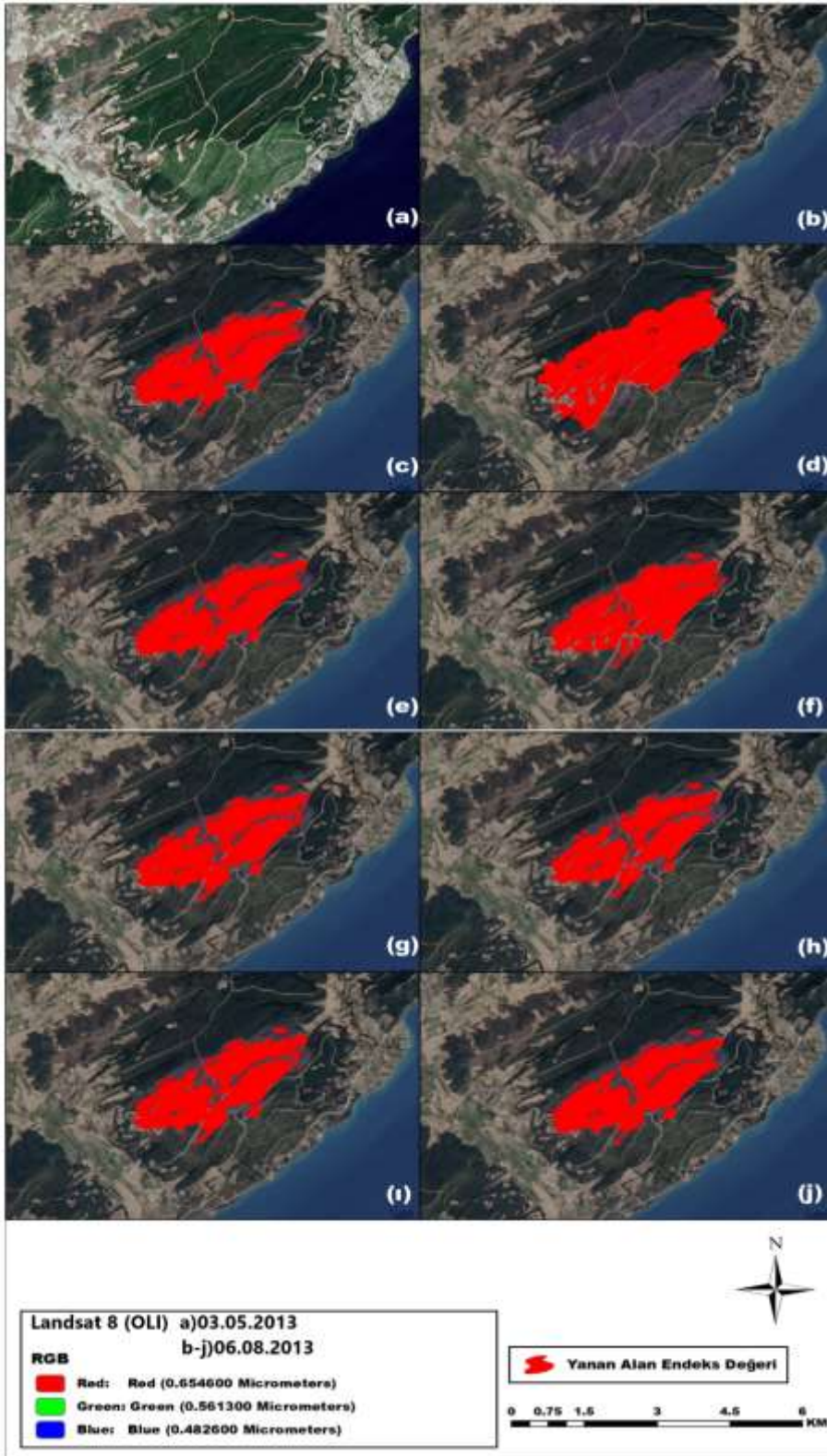
Şekil 26. Zerdalilik 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



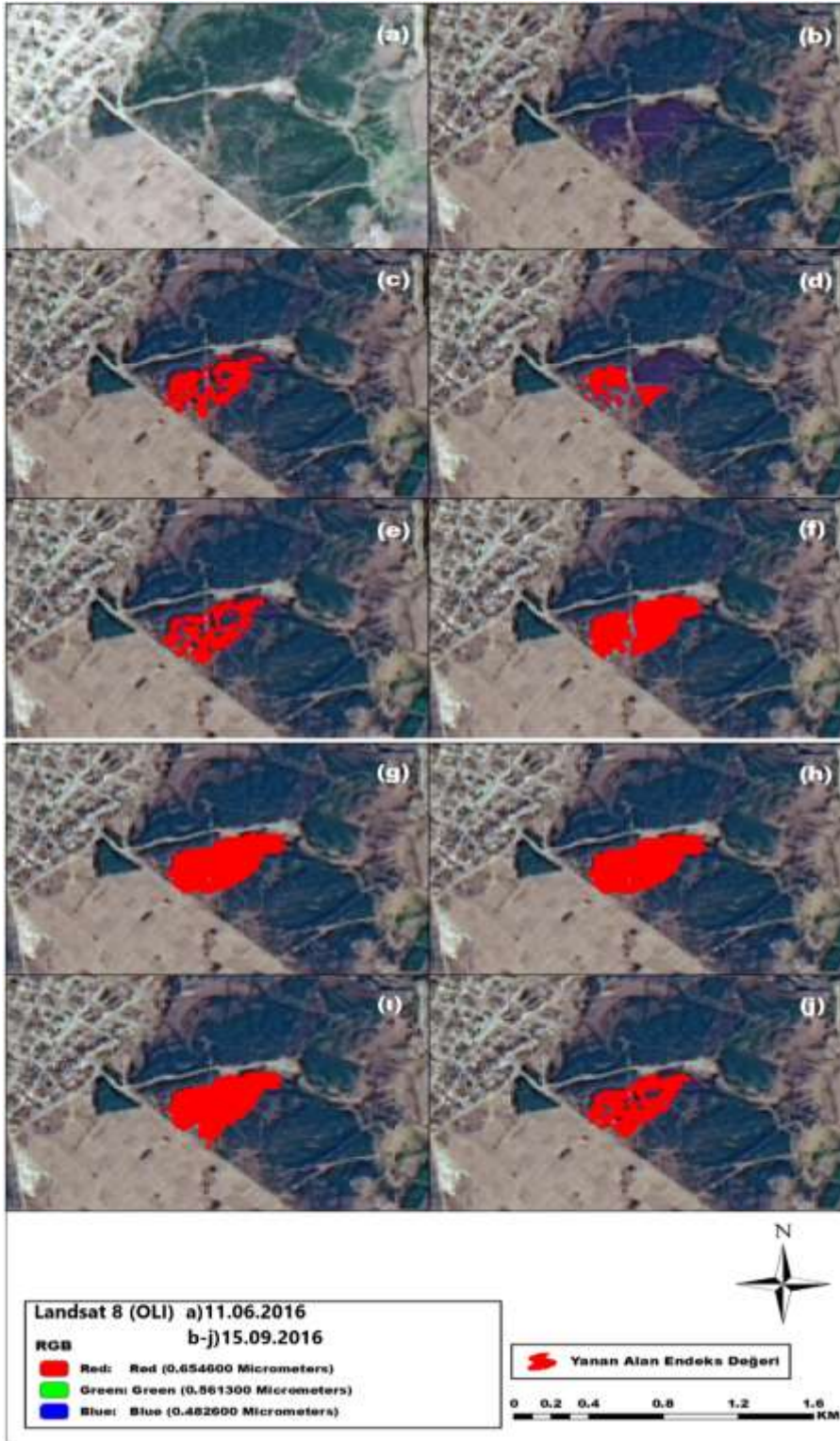
Şekil 27. Çamlıca 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanar alan değeri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



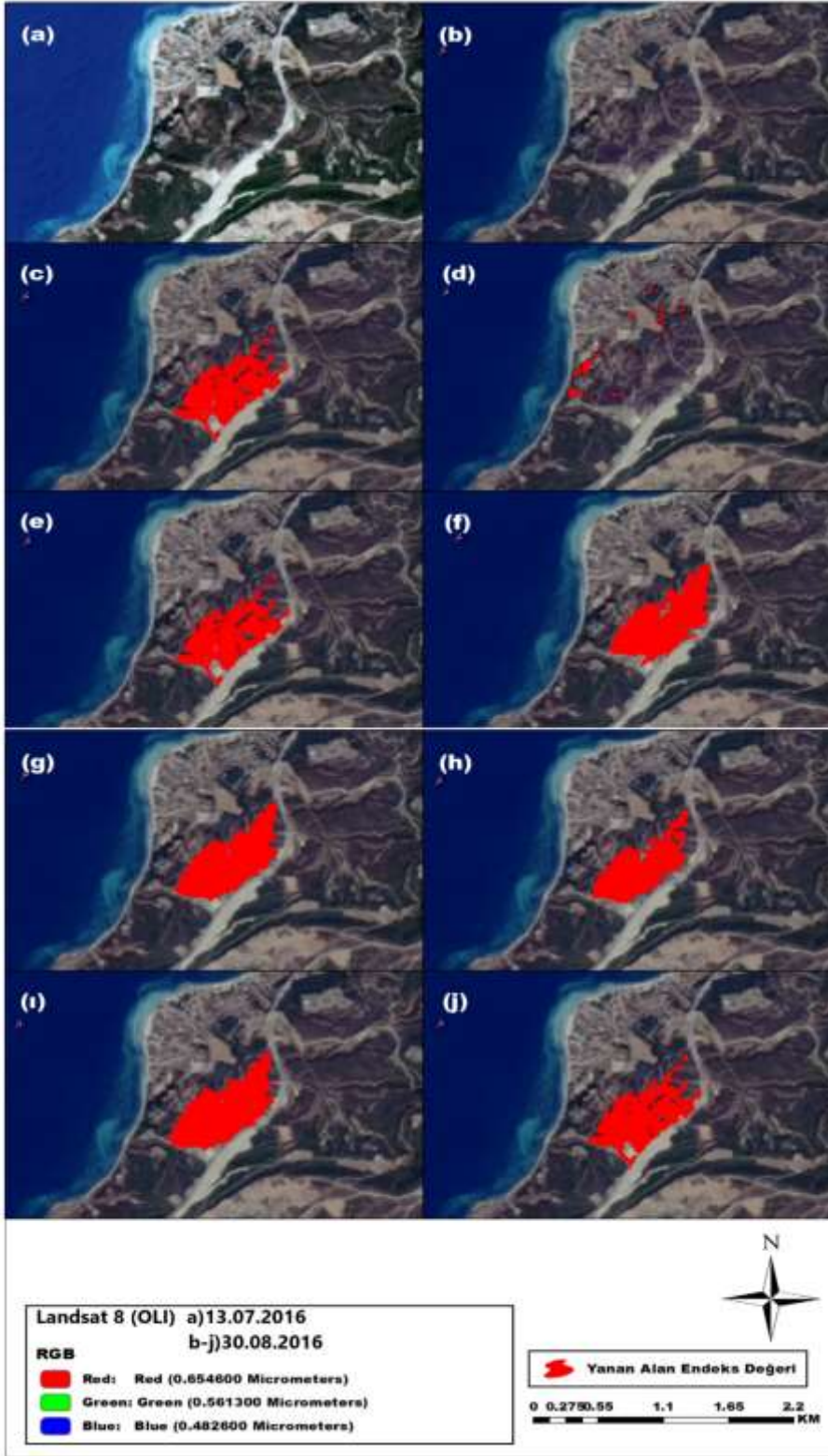
Şekil 28. Karasuçam 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a) Yangın öncesi b) Yangın sonrası c) NDVI değeri d) EVI değeri e) SAVI değeri f) MSAVI değeri g) NBR değeri h) NBR2 değeri i) NDMI değeri j) GEMI değeri



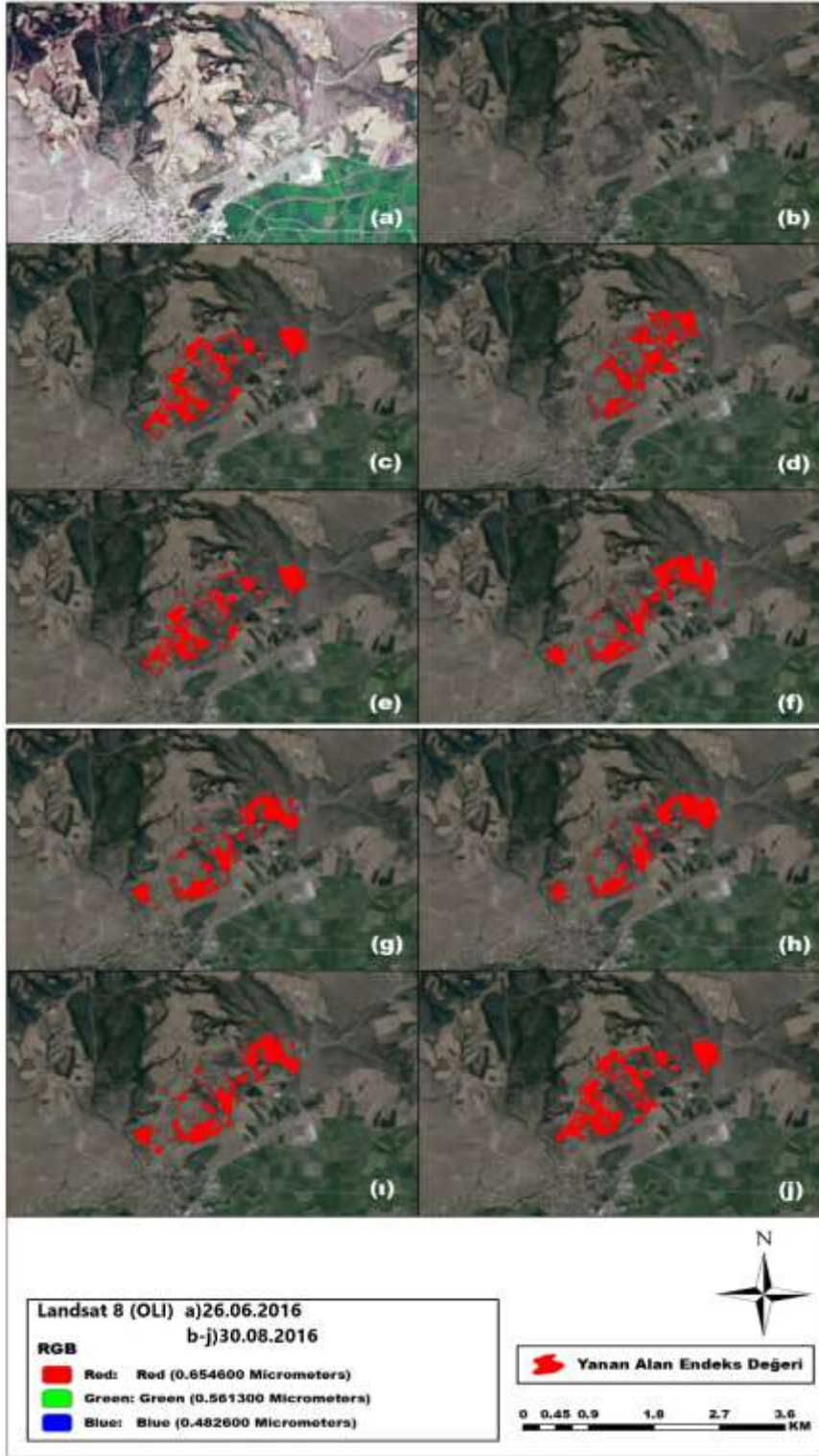
Şekil 29. Ilgardere 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



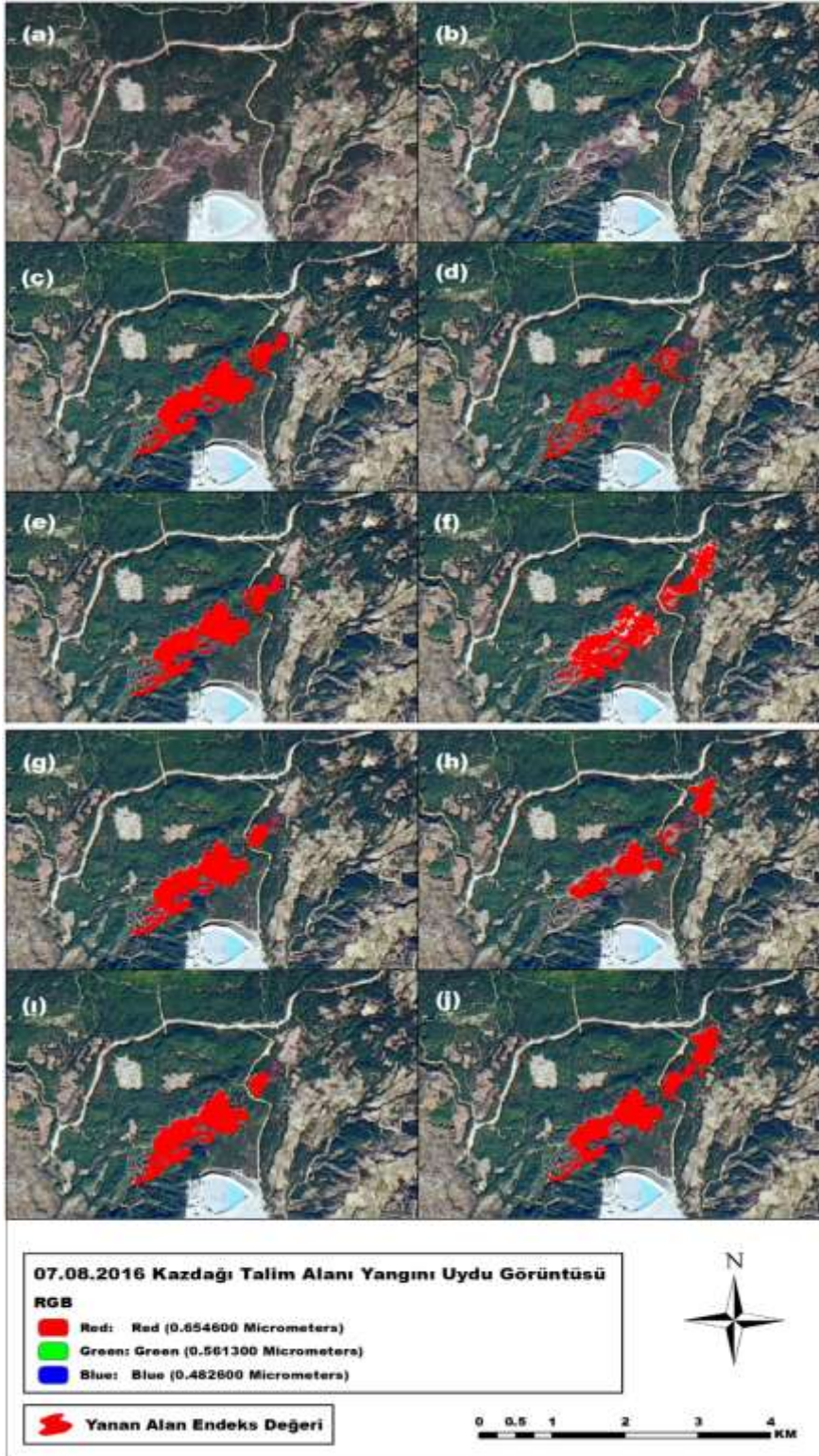
Şekil 30. Yeniçiftlik 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



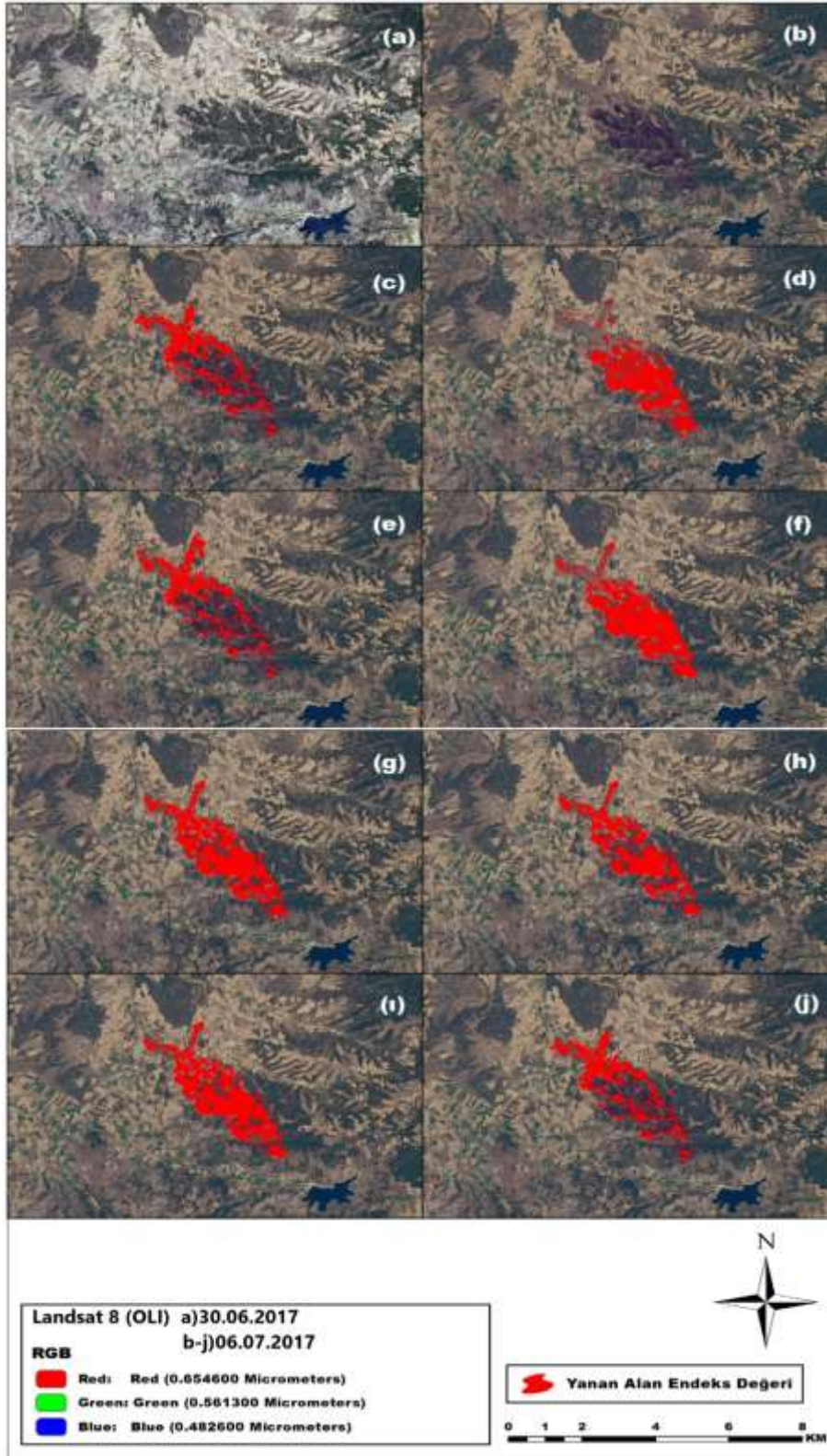
Şekil 31. Güzelyalı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



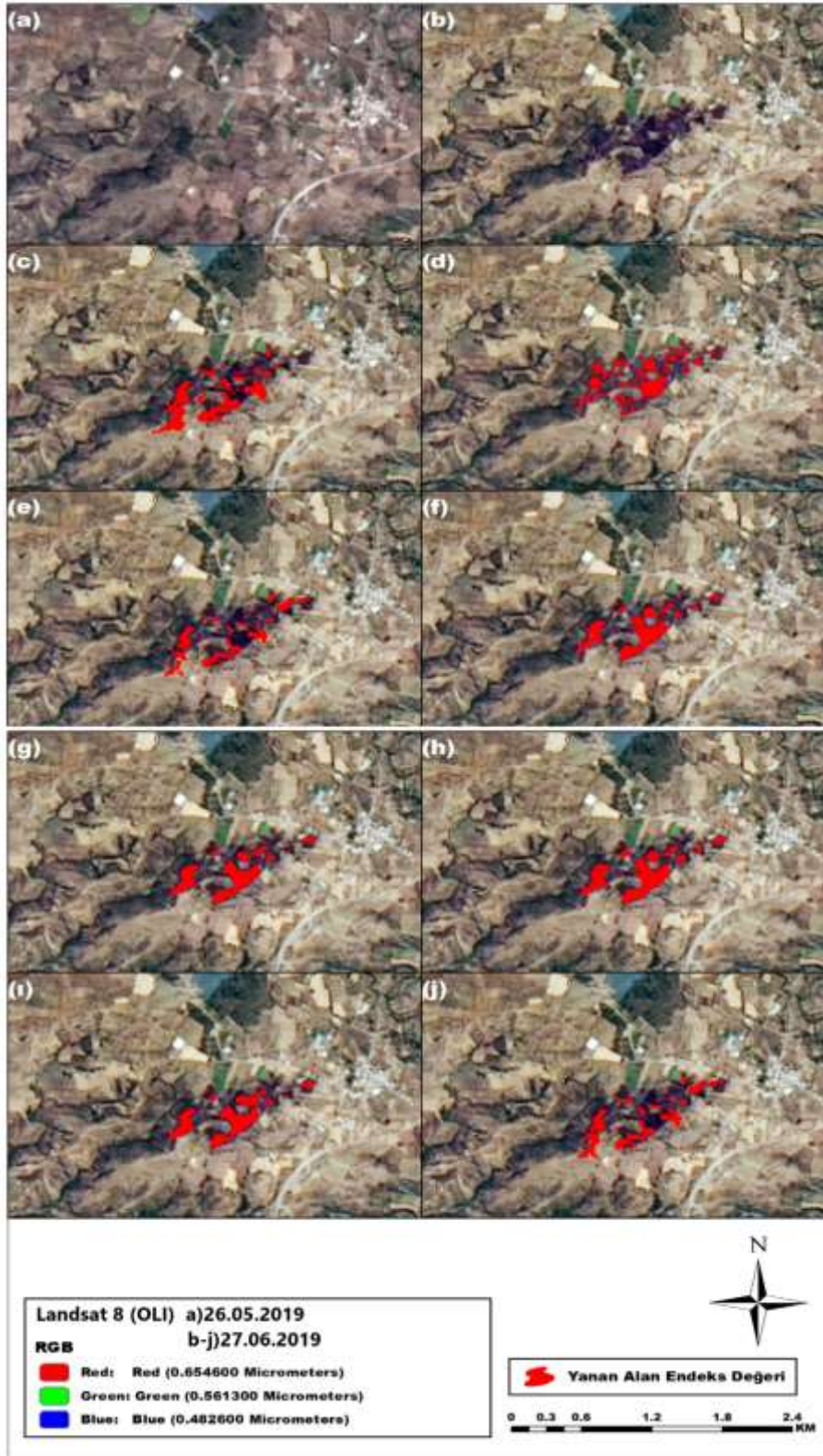
Şekil 32. Sarıköy 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



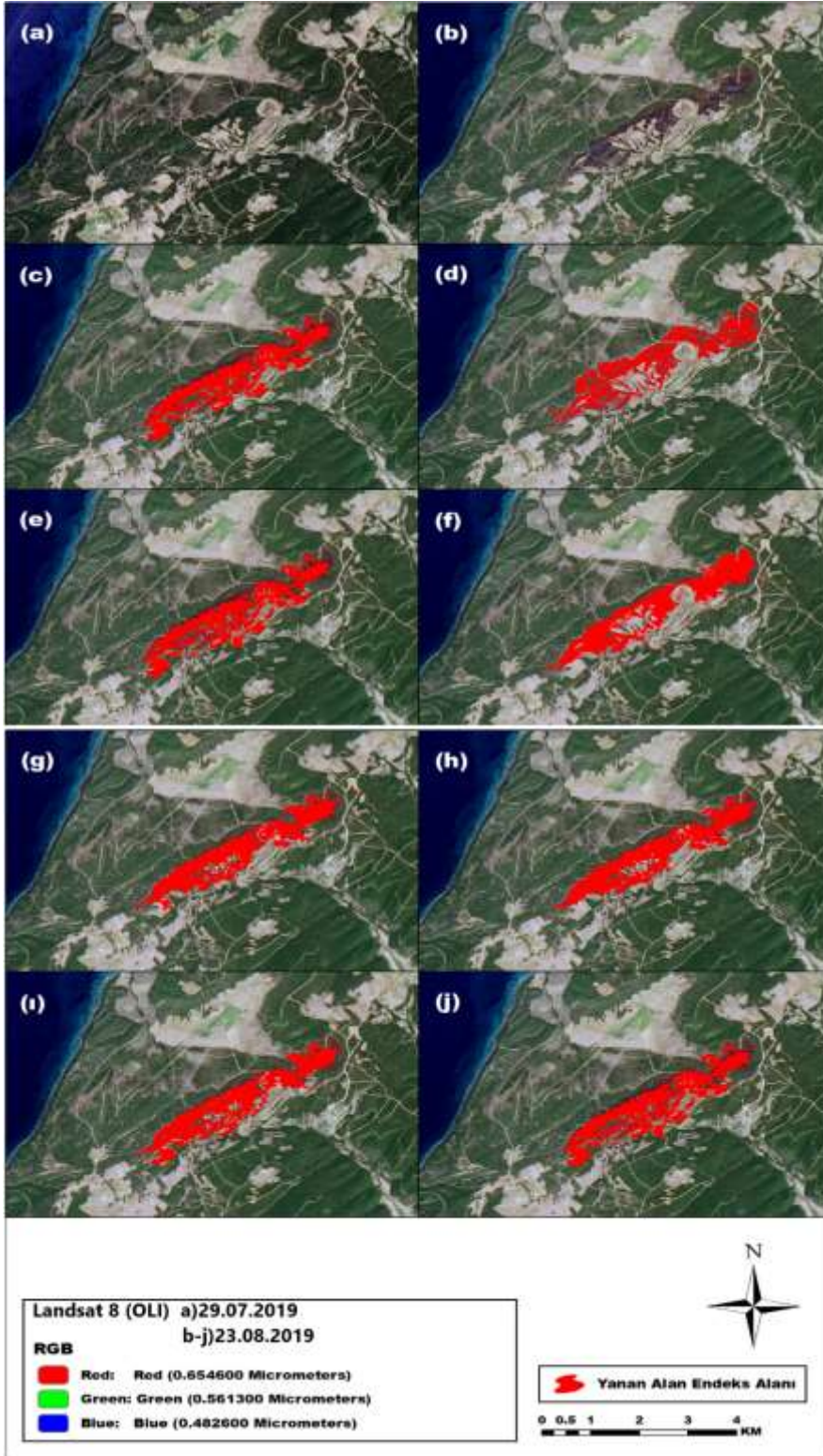
Şekil 33. Kazdağı Talim Alanı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



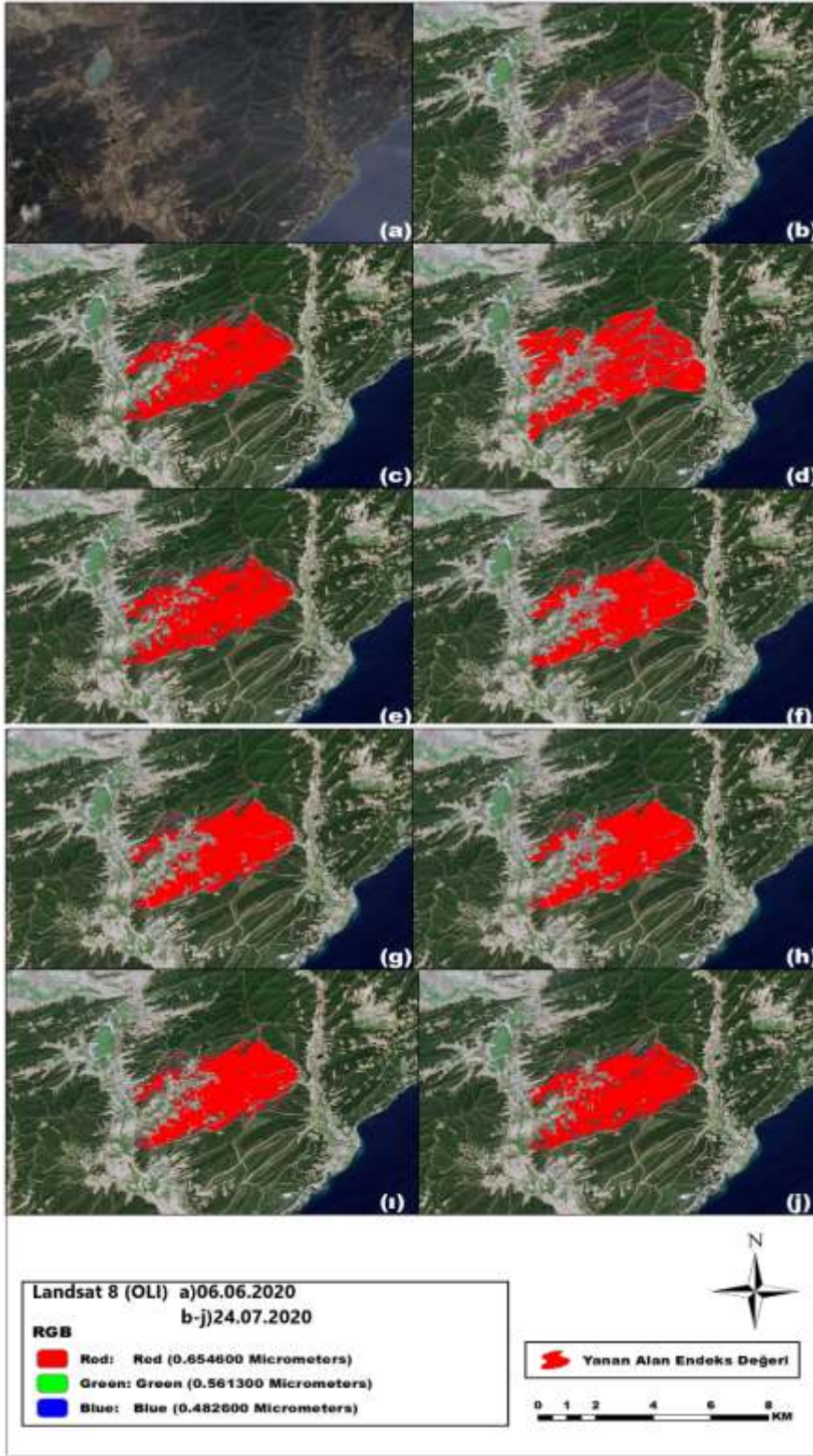
Şekil 34. Misvak 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



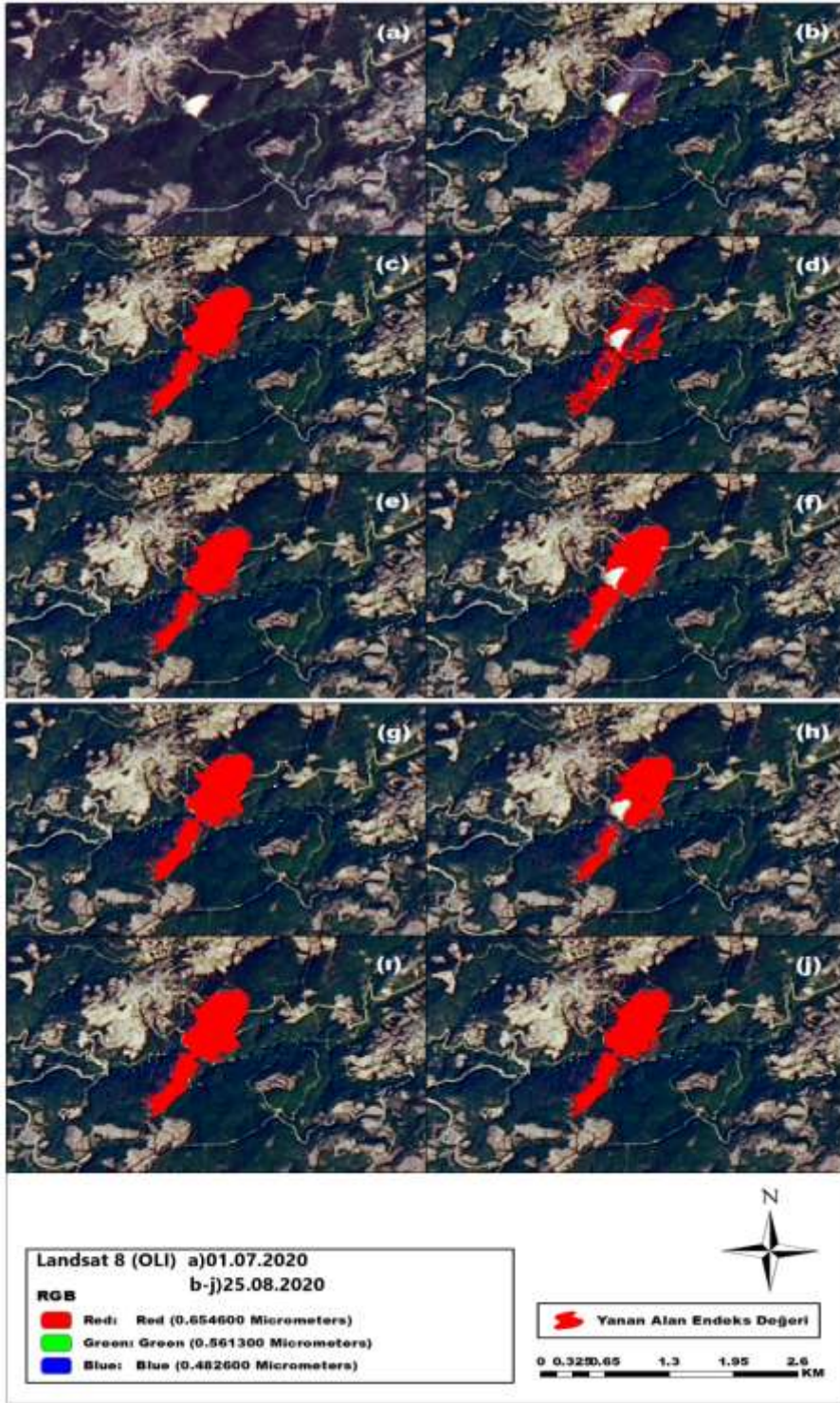
Şekil 35. Kemallı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



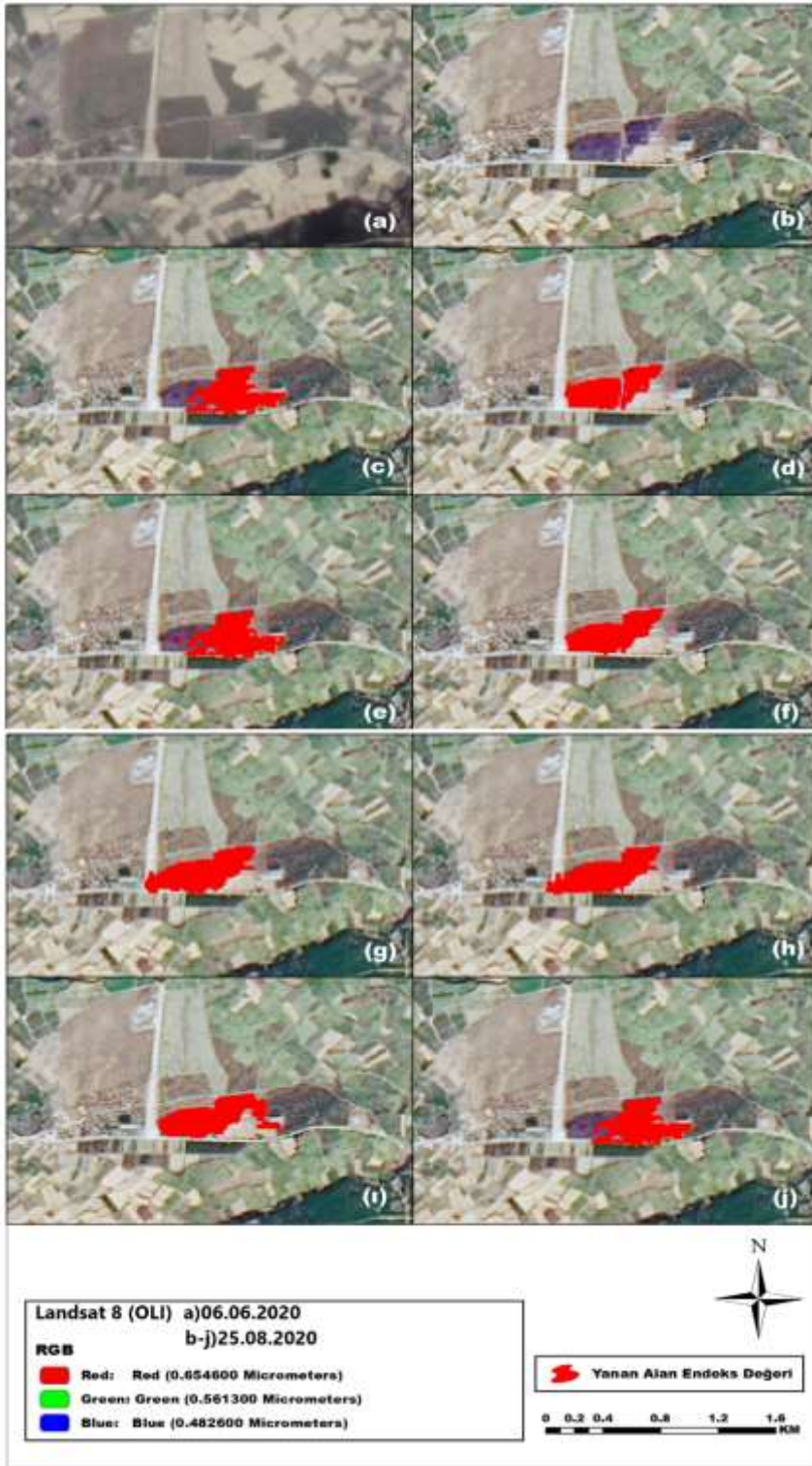
Şekil 36. Behramlı 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



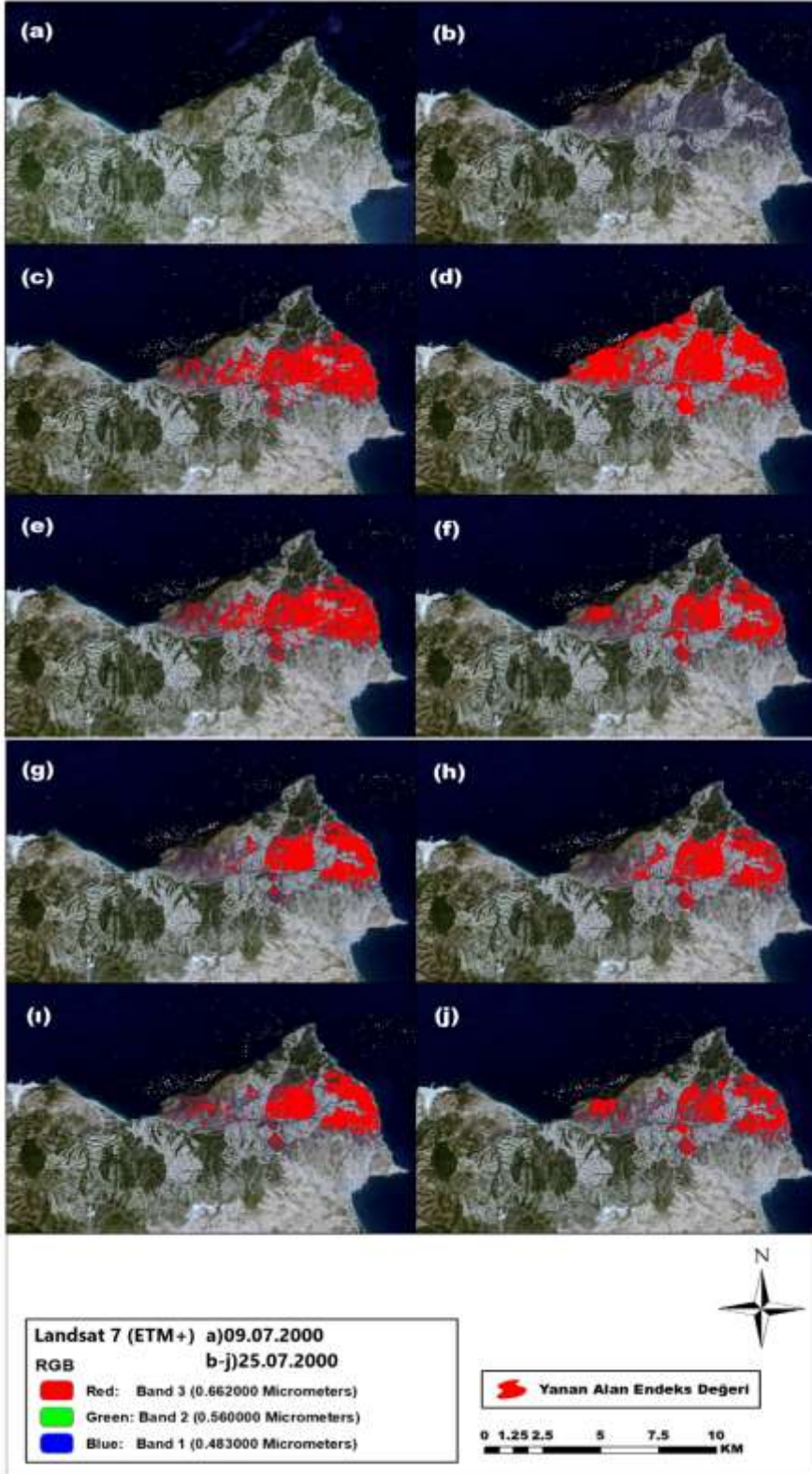
Şekil 37. Kumköy 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



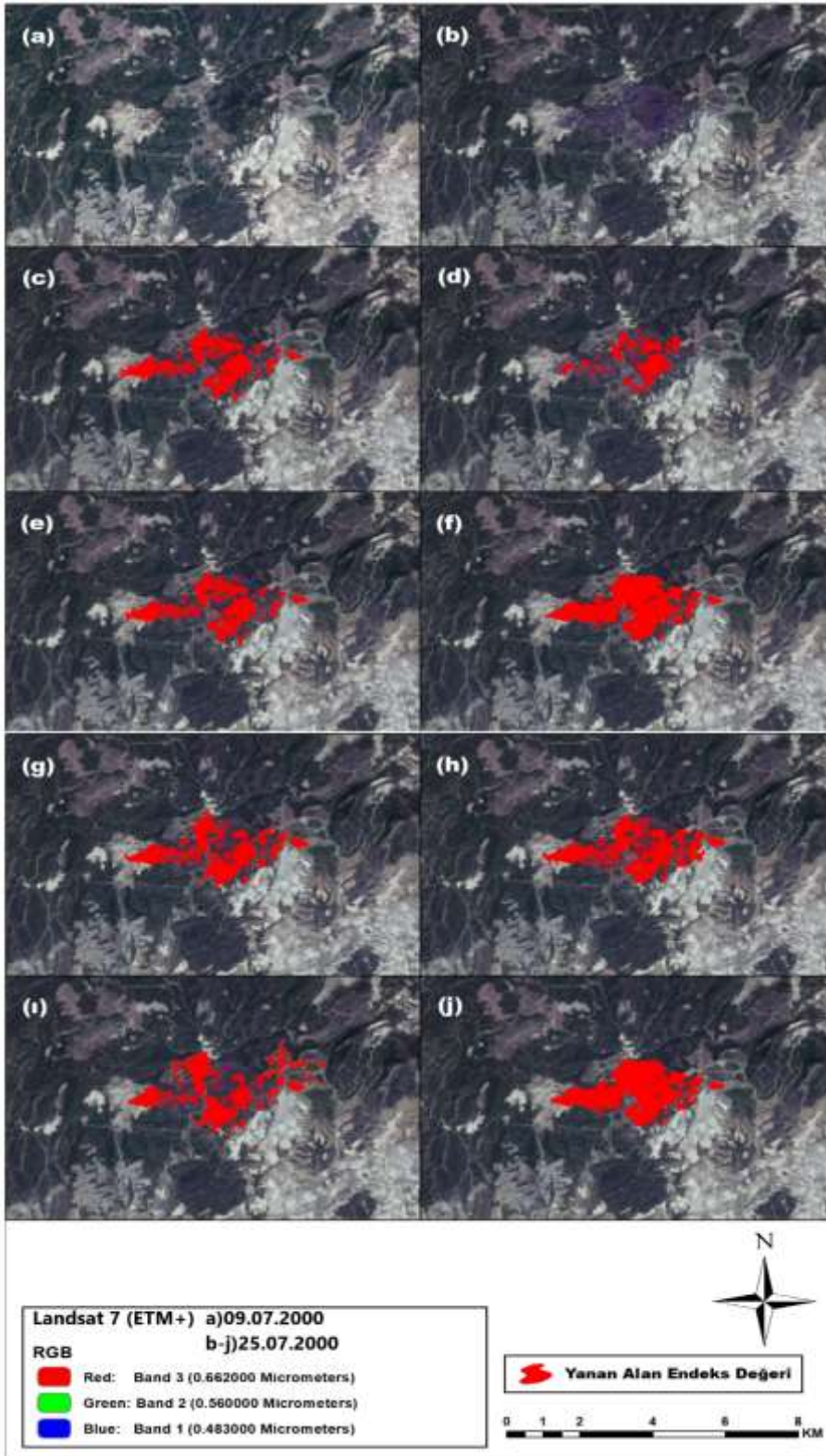
Şekil 38. Kızıldam 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



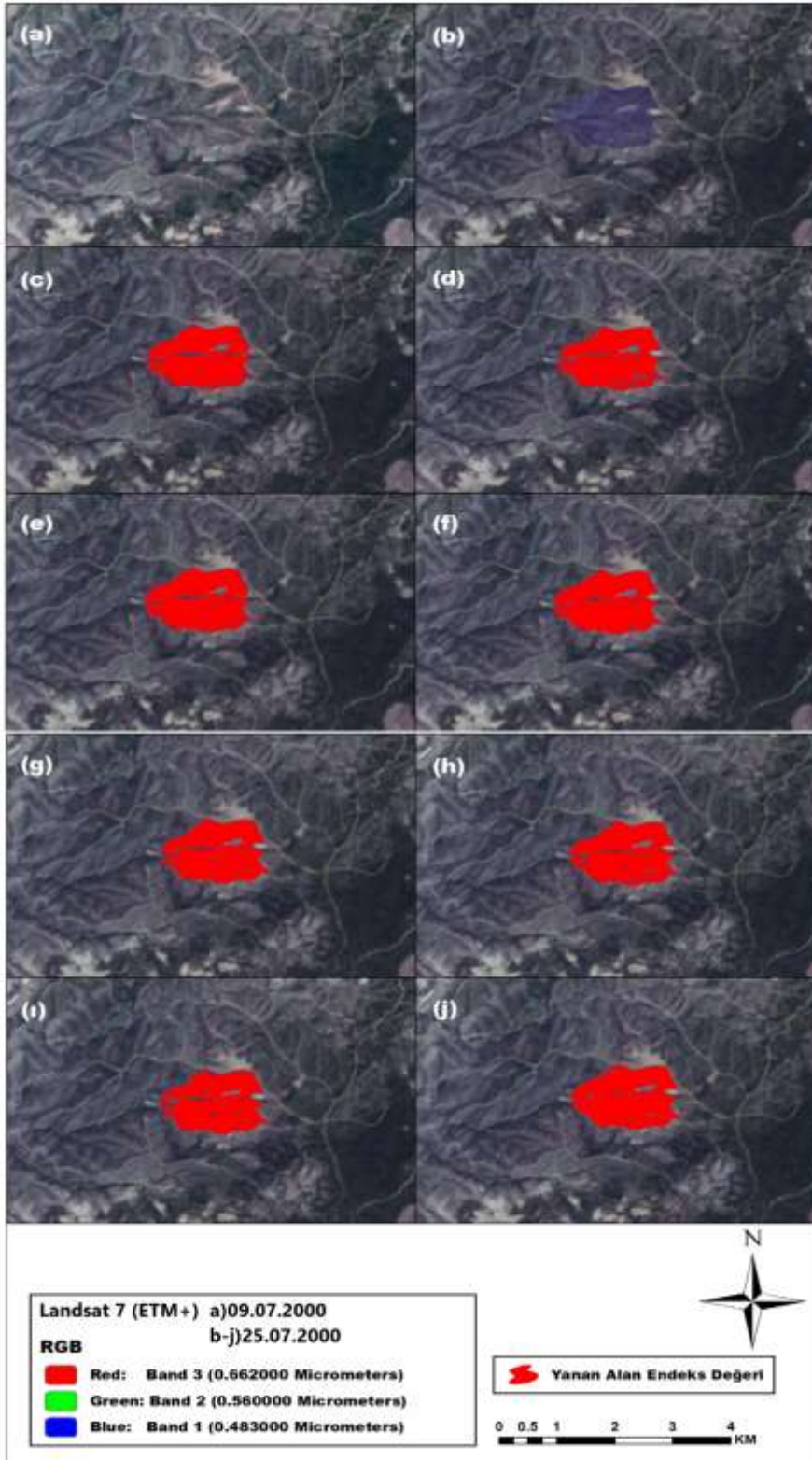
Şekil 39. Akçakoyun 15 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



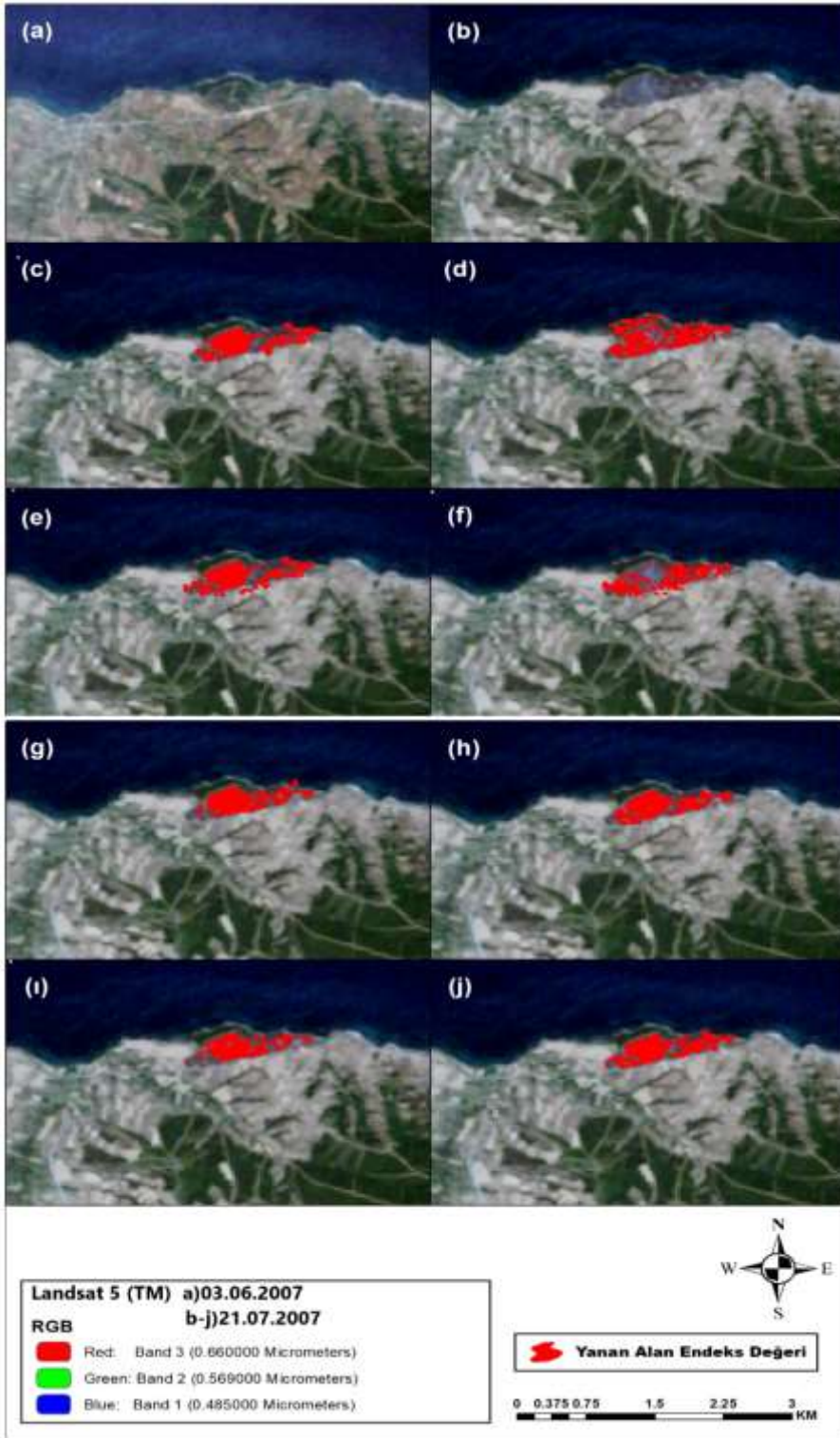
Şekil 40. Aksaz 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



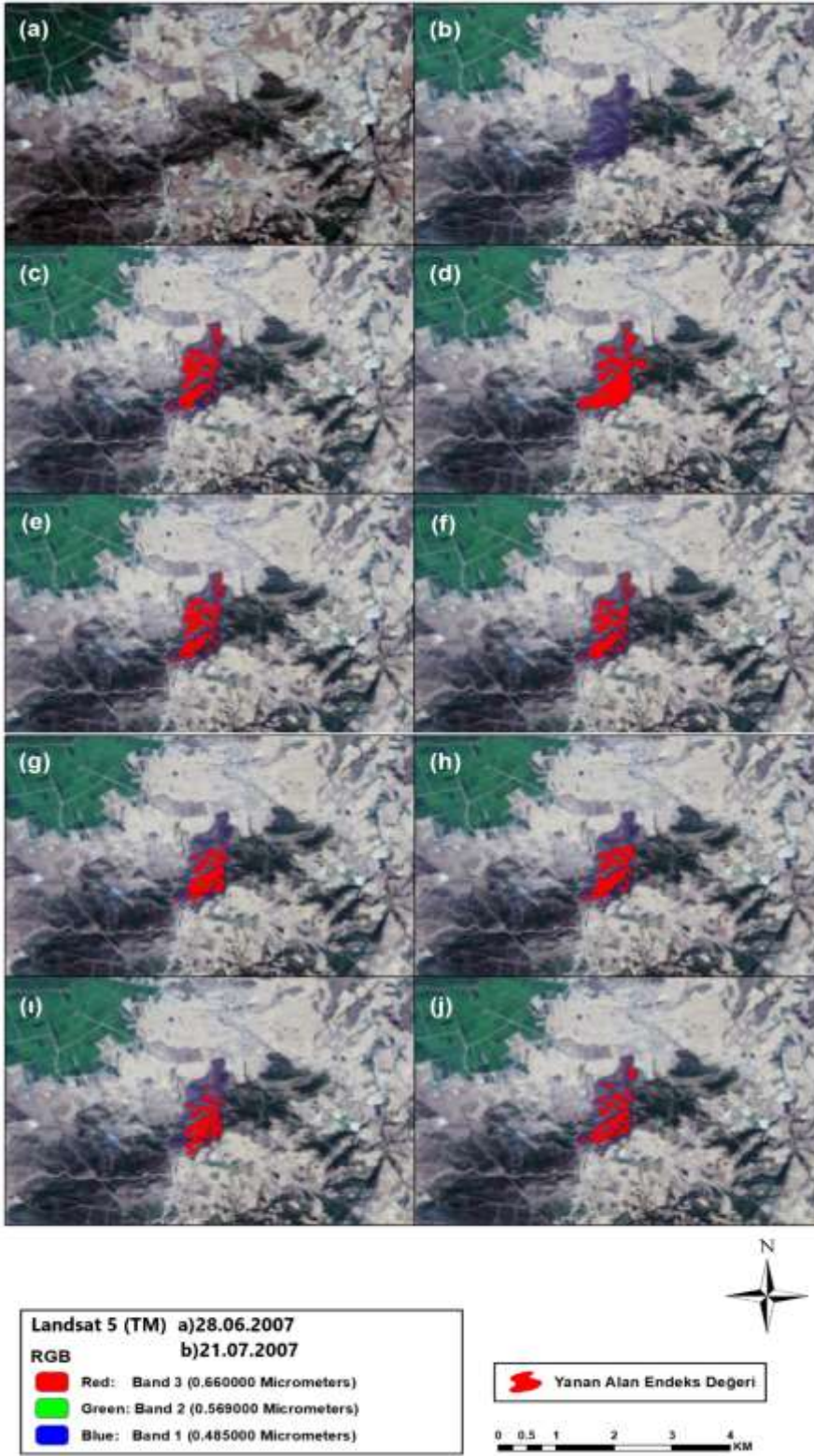
Şekil 41. Zerdalilik 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



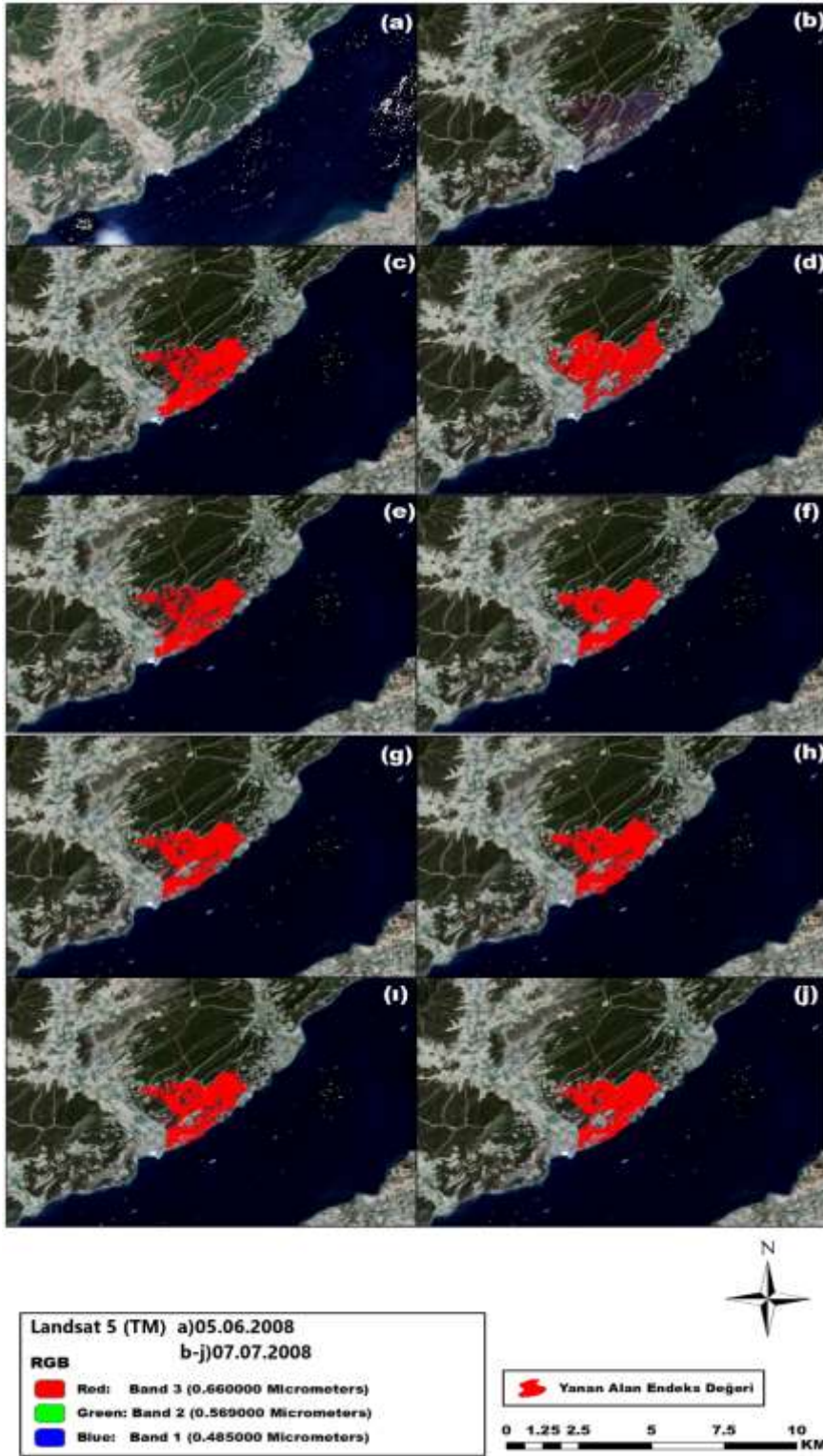
Şekil 42. Çamlıca 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



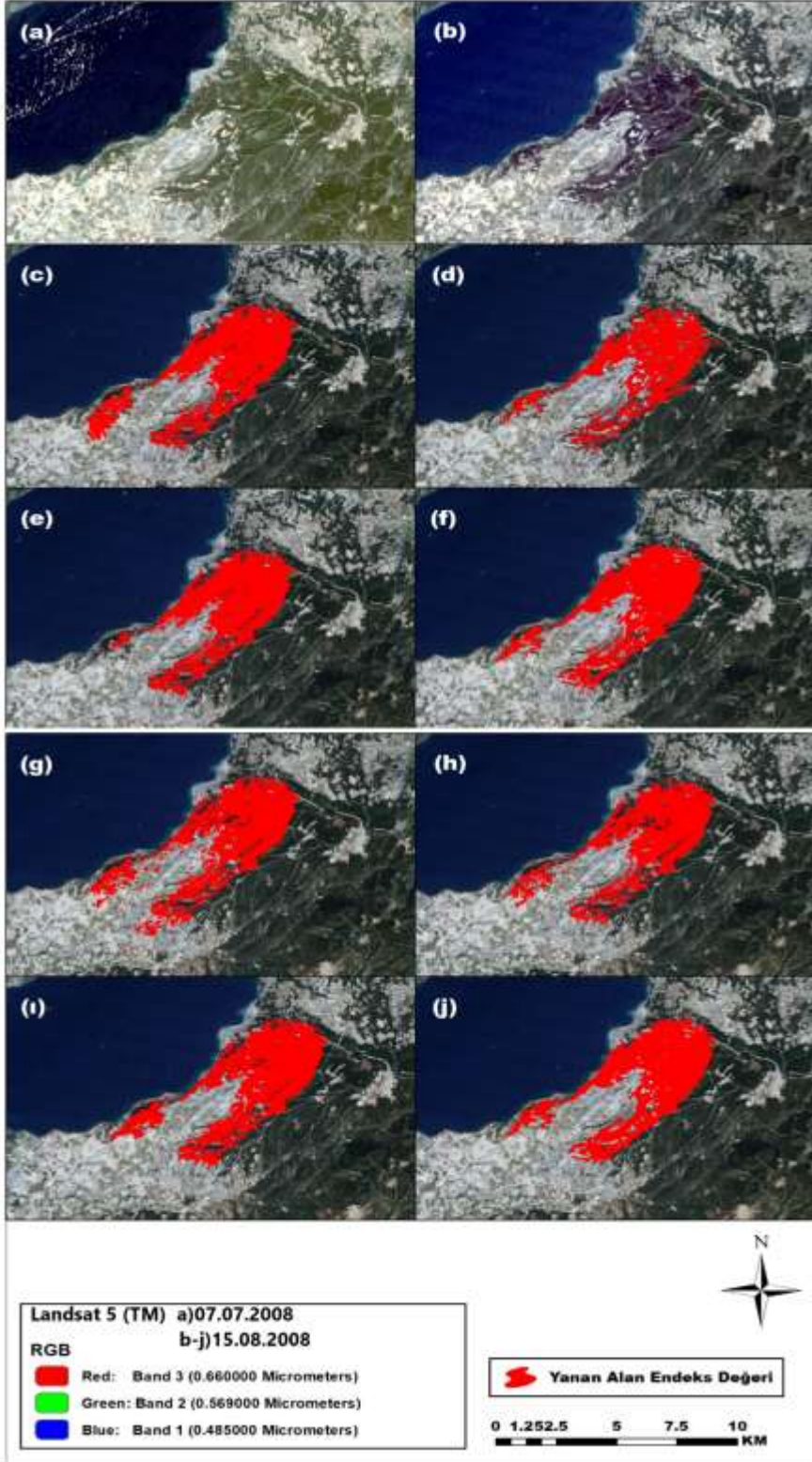
Şekil 43. Alpagut 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



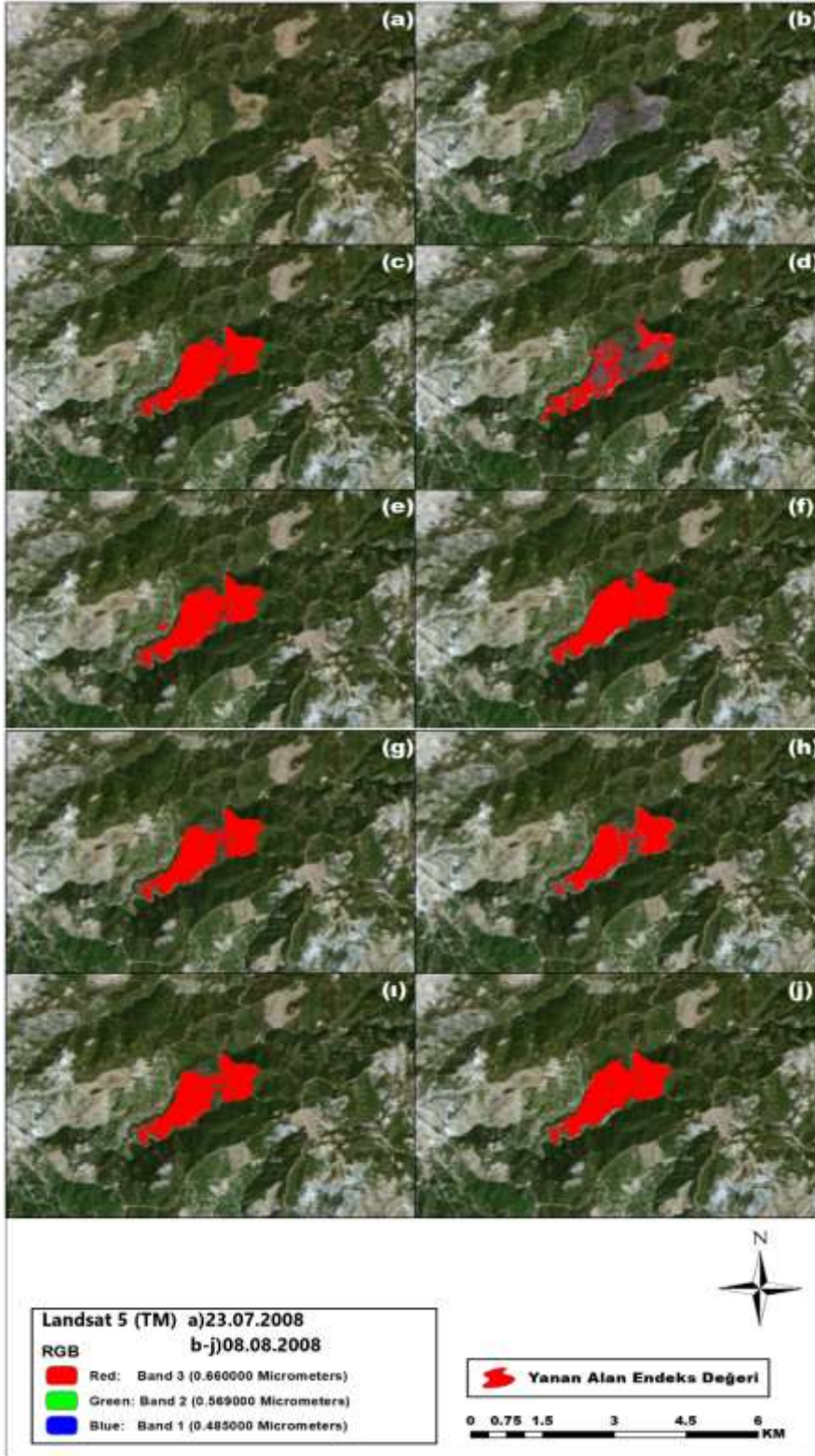
Şekil 44. Gökçe 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



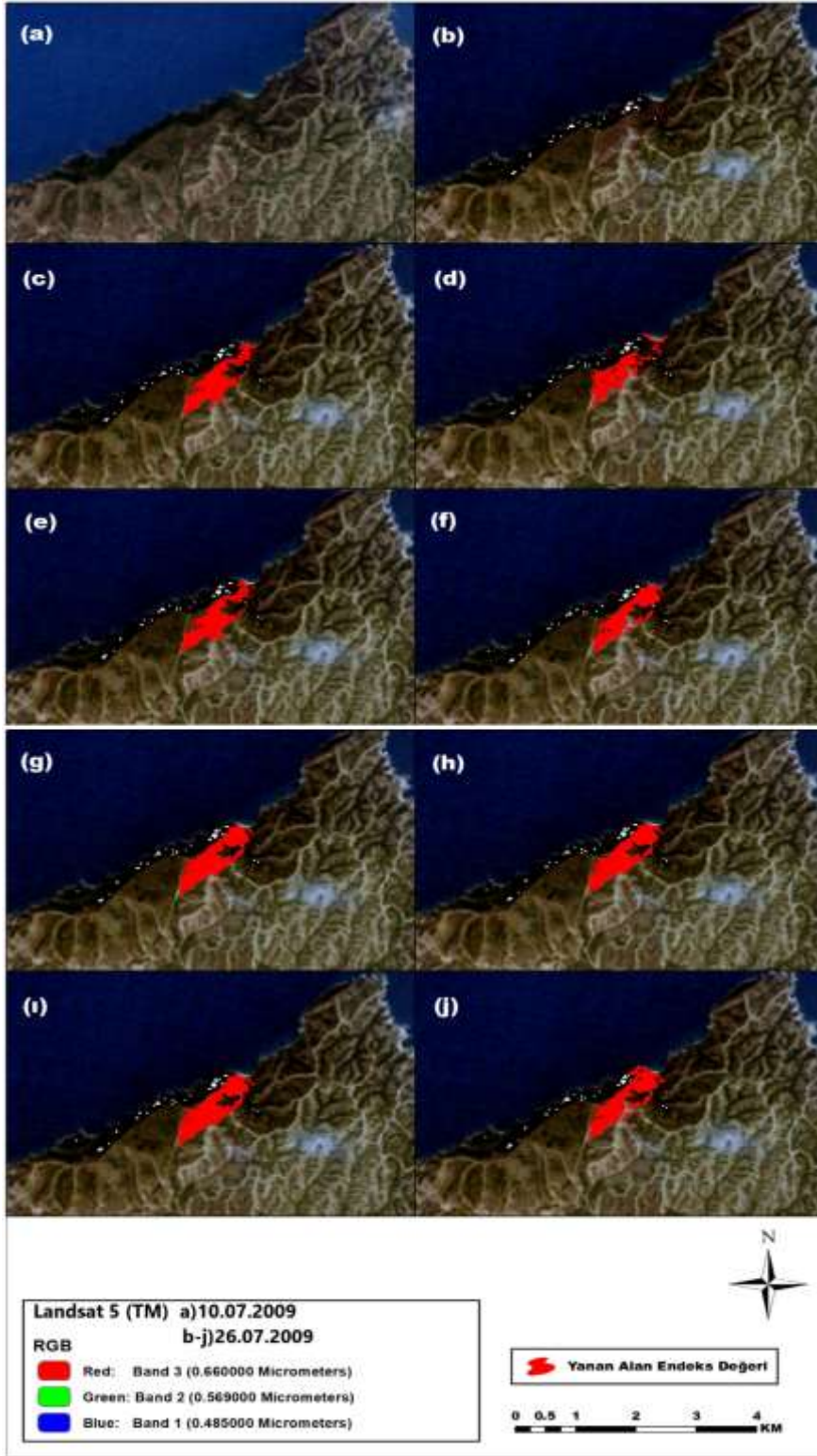
Şekil 45. Yalova 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



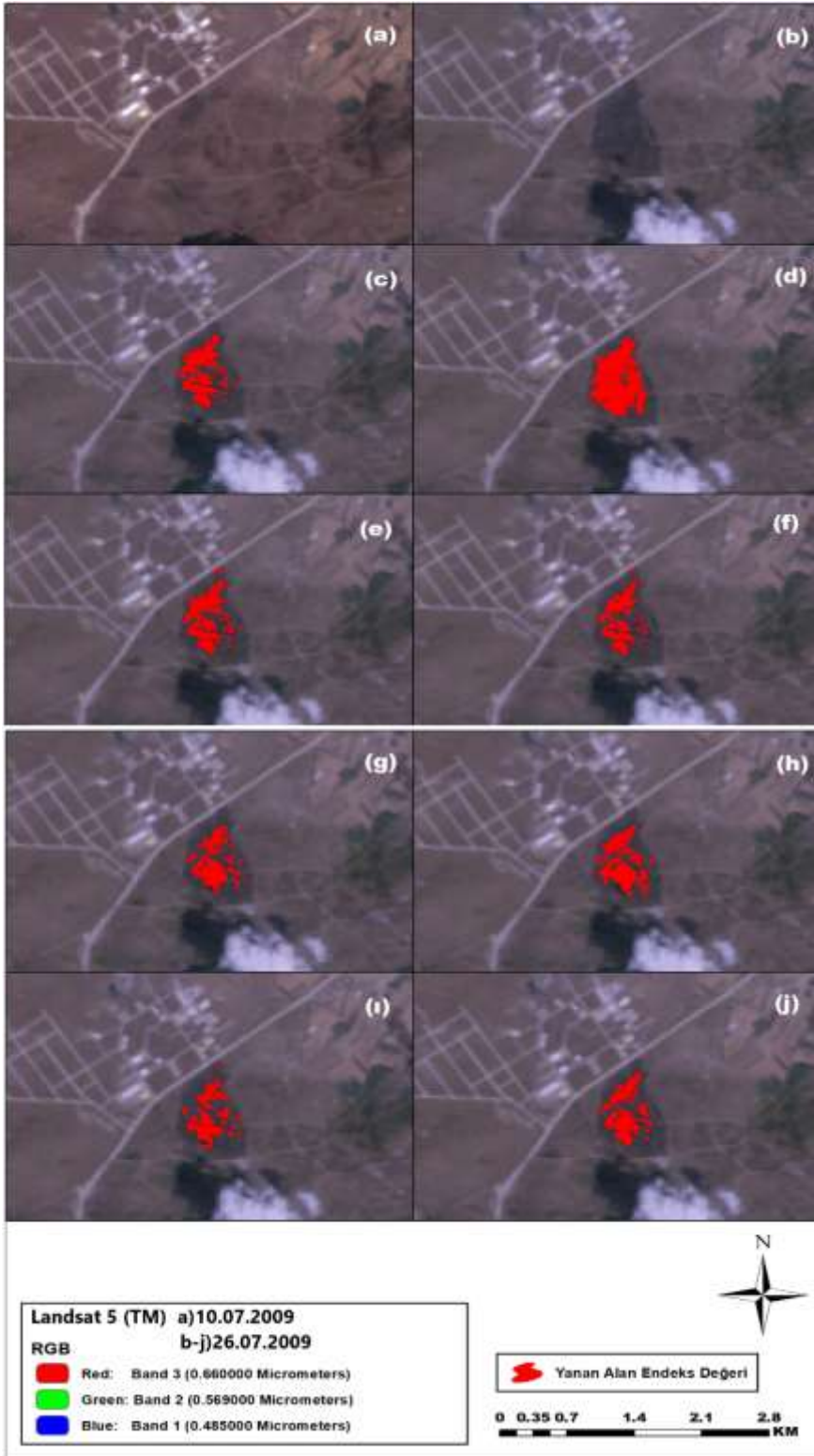
Şekil 46. Çınarlı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



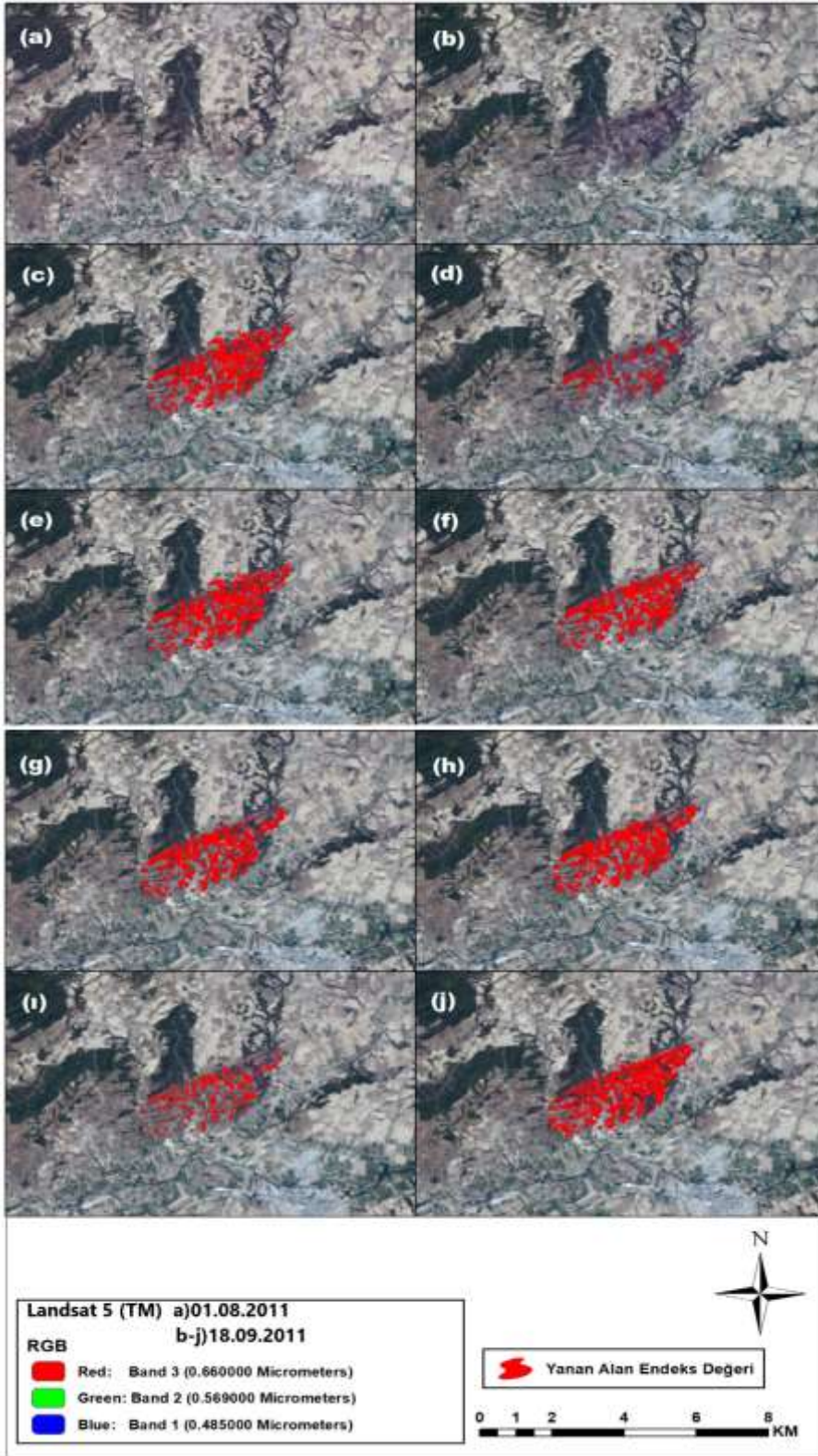
Şekil 47. Kırca 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



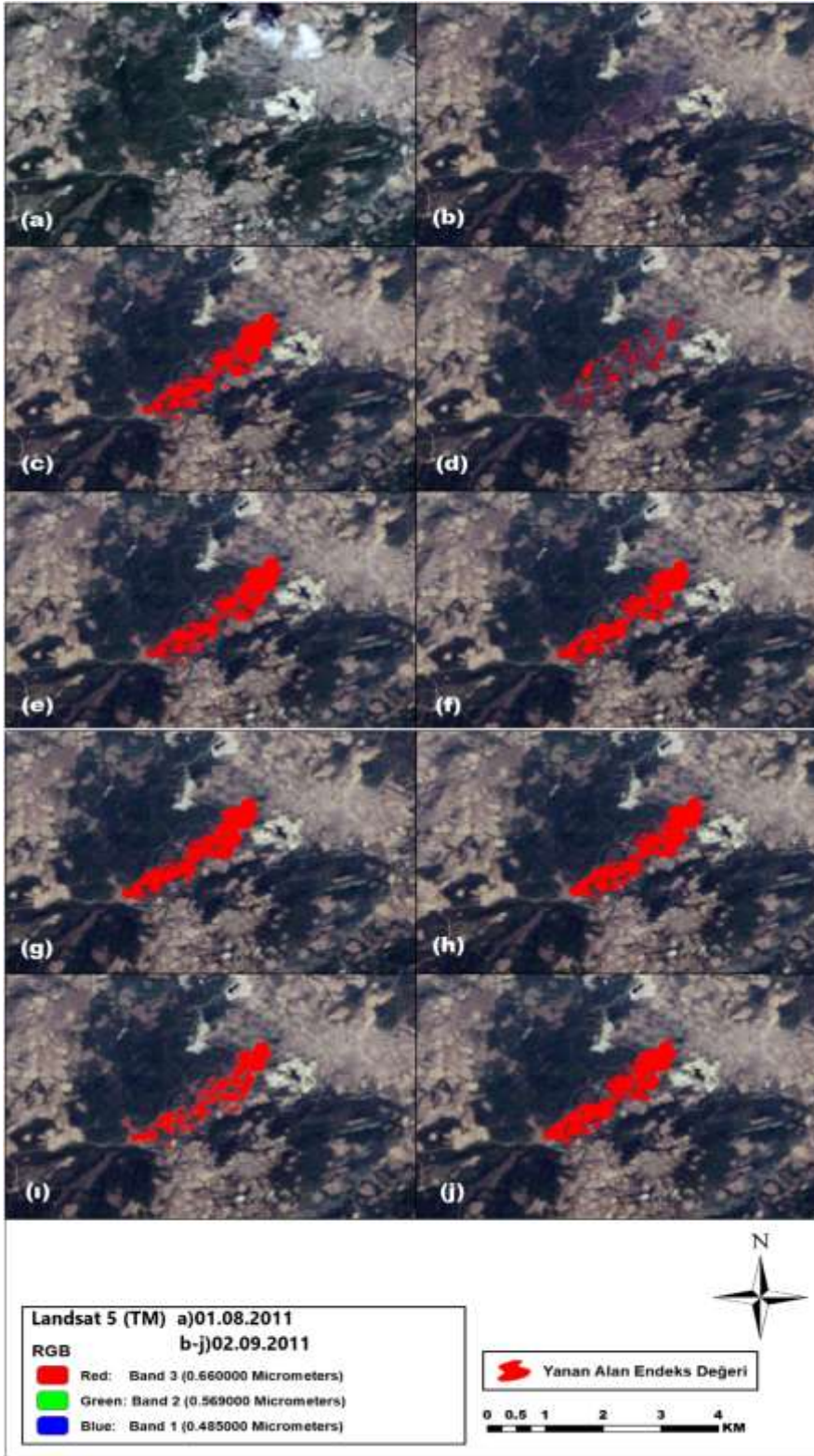
Şekil 48. Karabiga 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanar alan değeri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



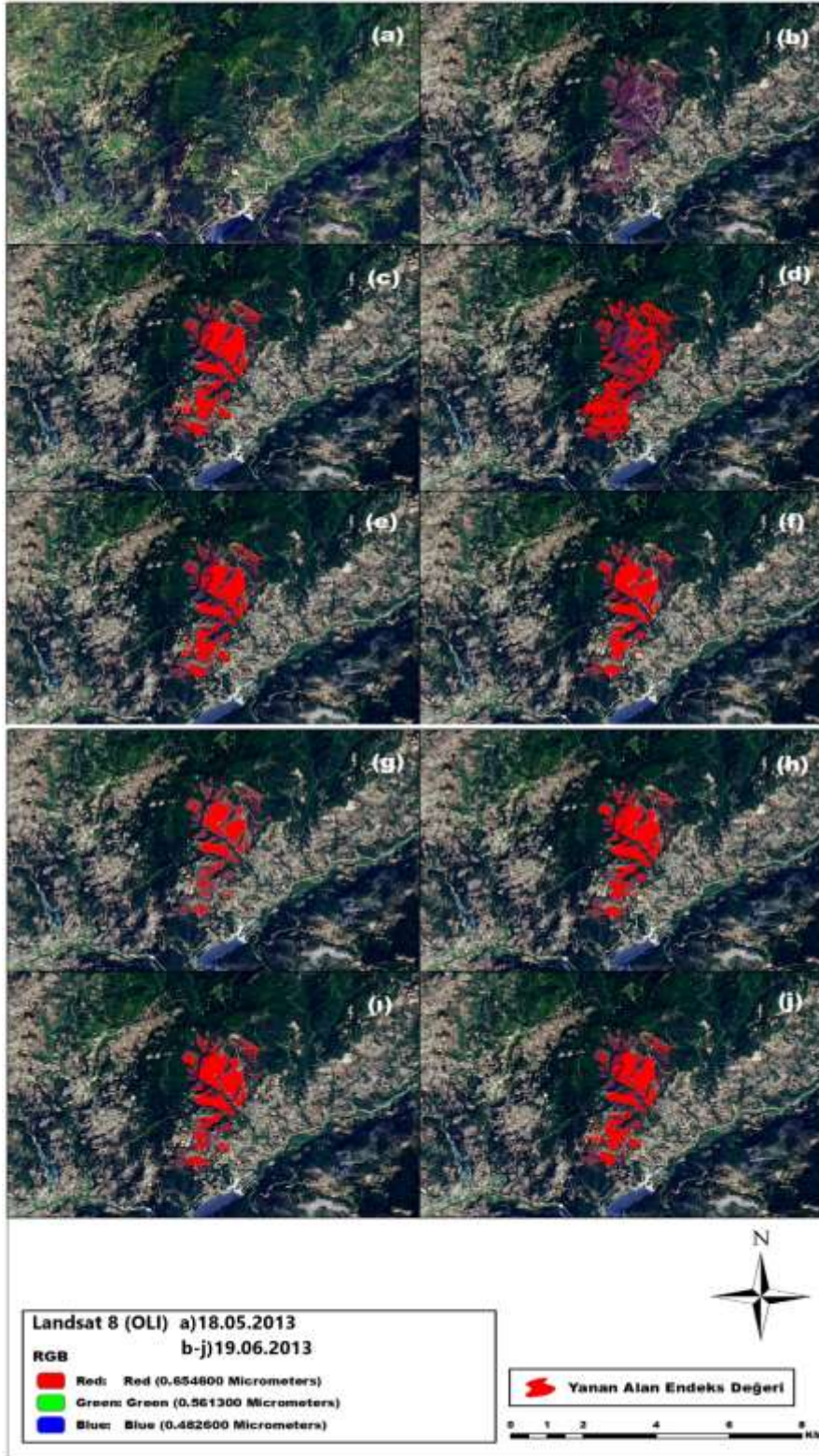
Şekil 49. Taştepe 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



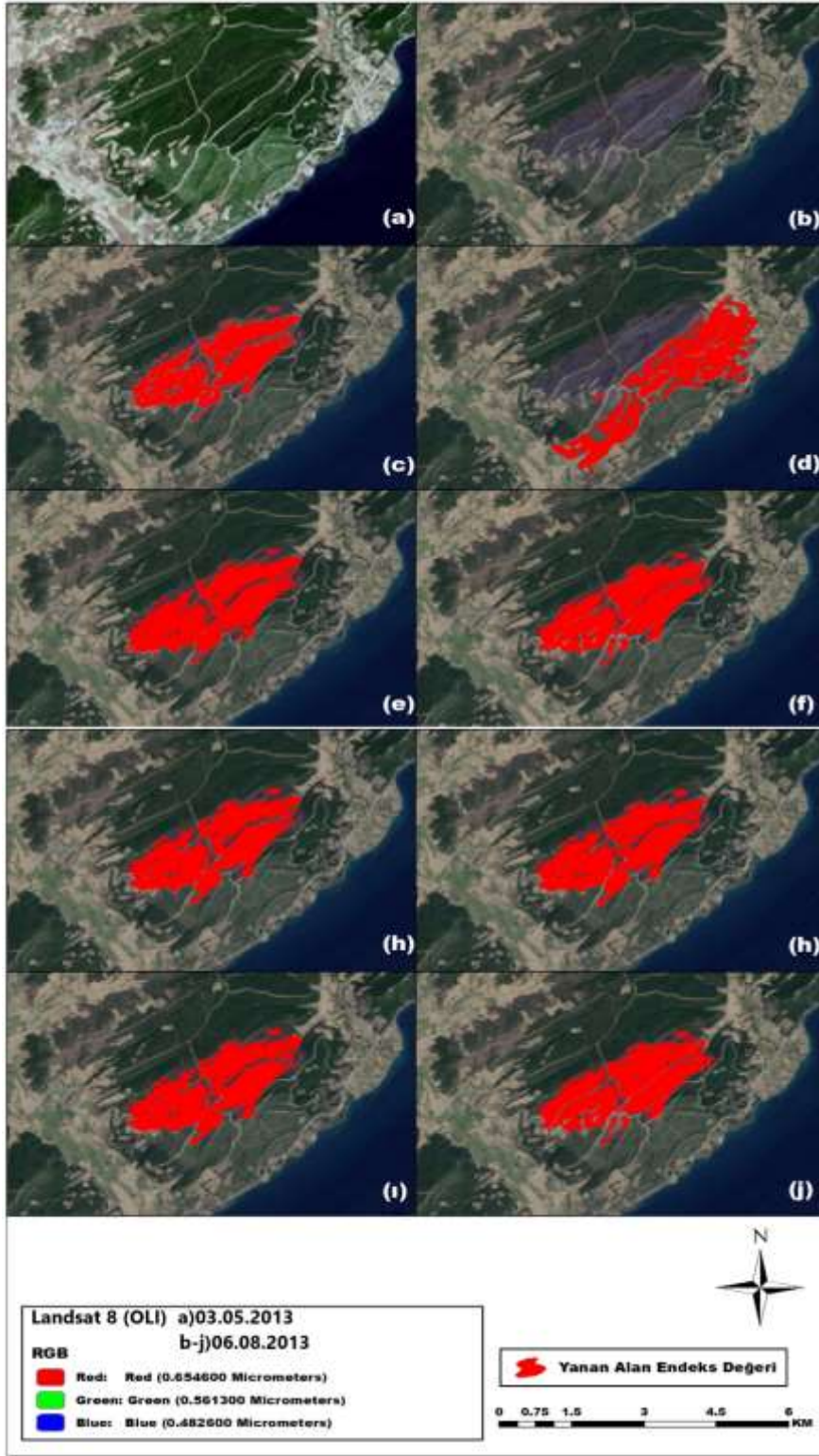
Şekil 50. Yiğitler 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



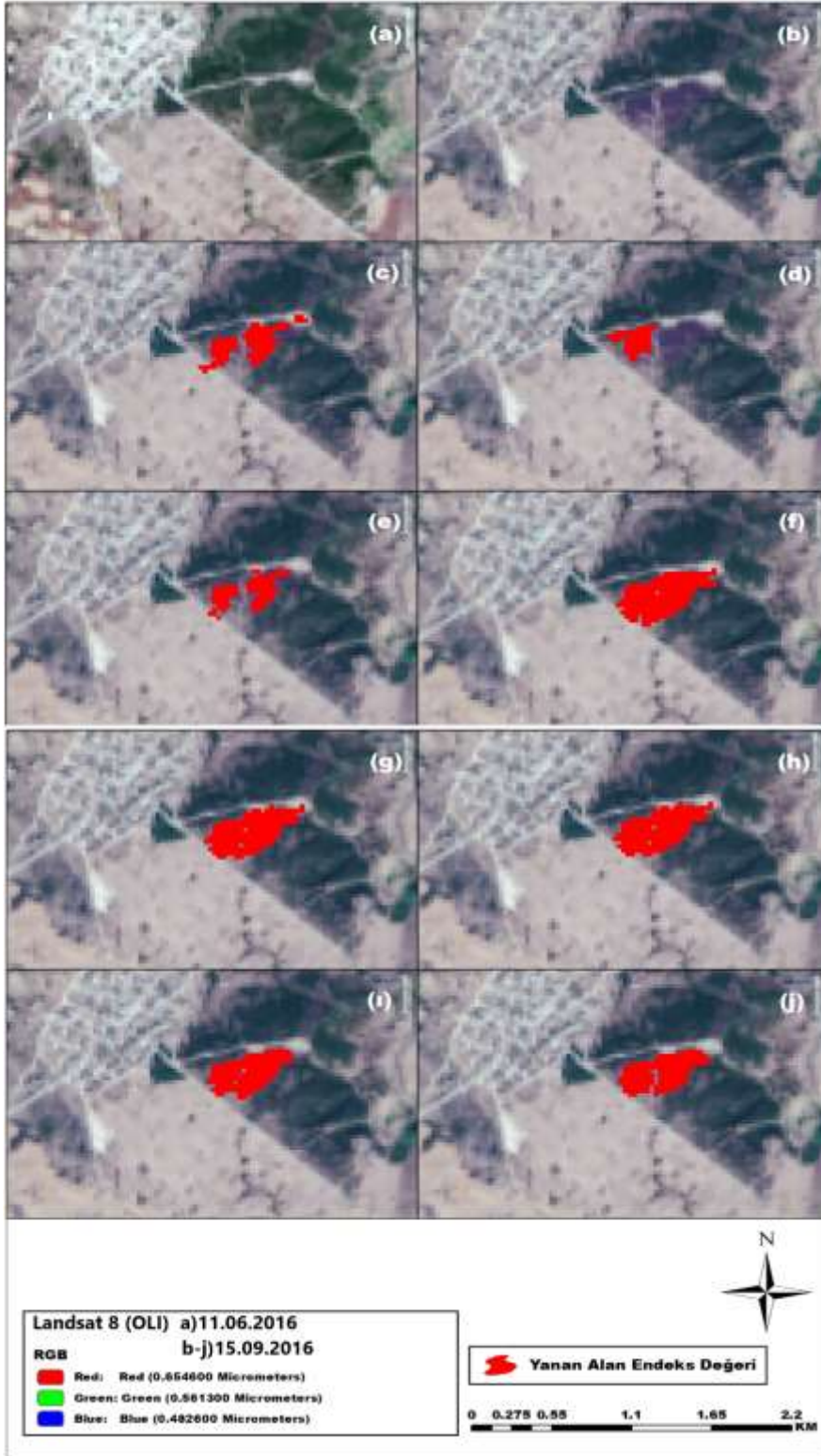
Şekil 51. Keçiagılı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



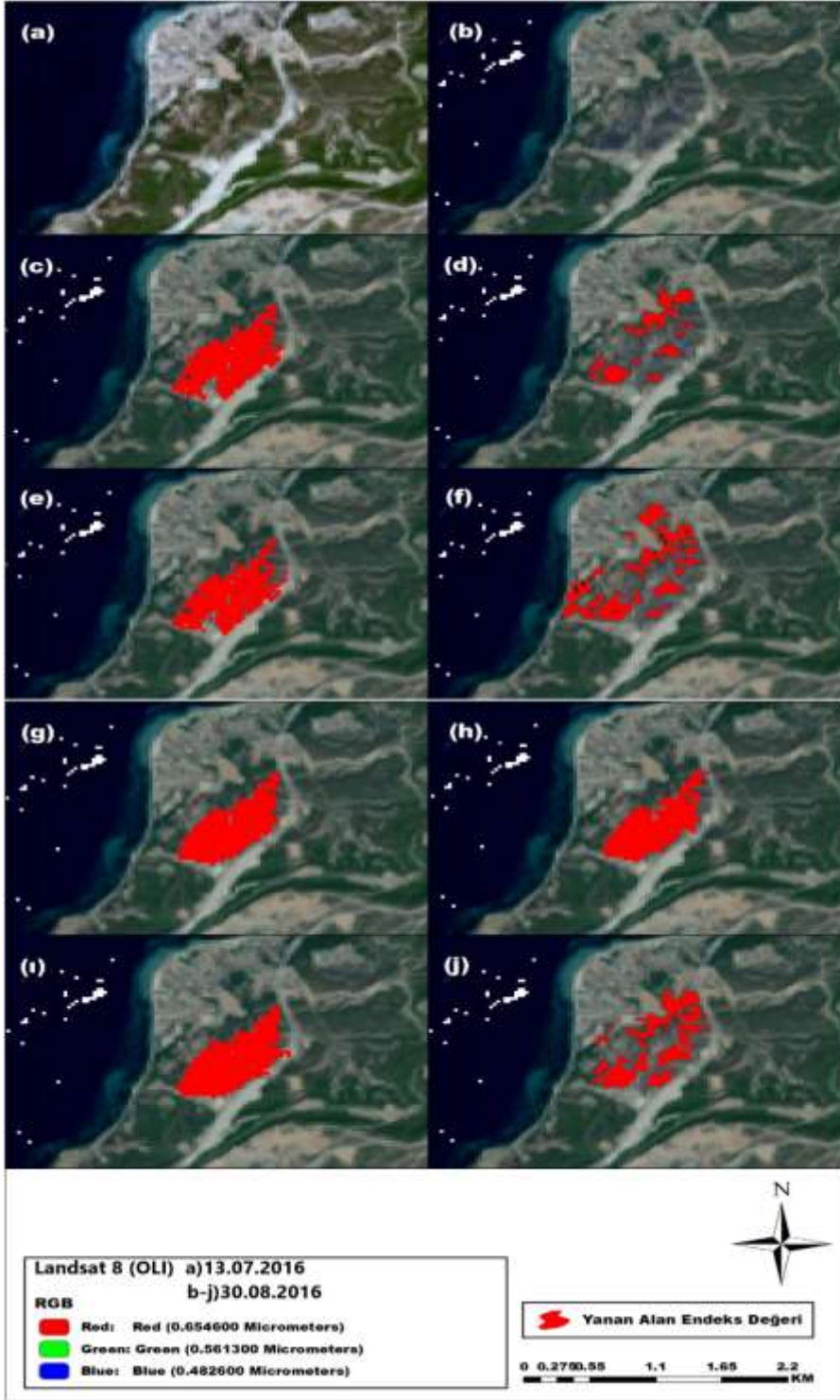
Şekil 52. Karasuçam 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a) Yangın öncesi b) Yangın sonrası c) NDVI değeri d) EVI değeri e) SAVI değeri f) MSAVI değeri g) NBR değeri h) NBR2 değeri i) NDMI değeri j) GEMI değeri



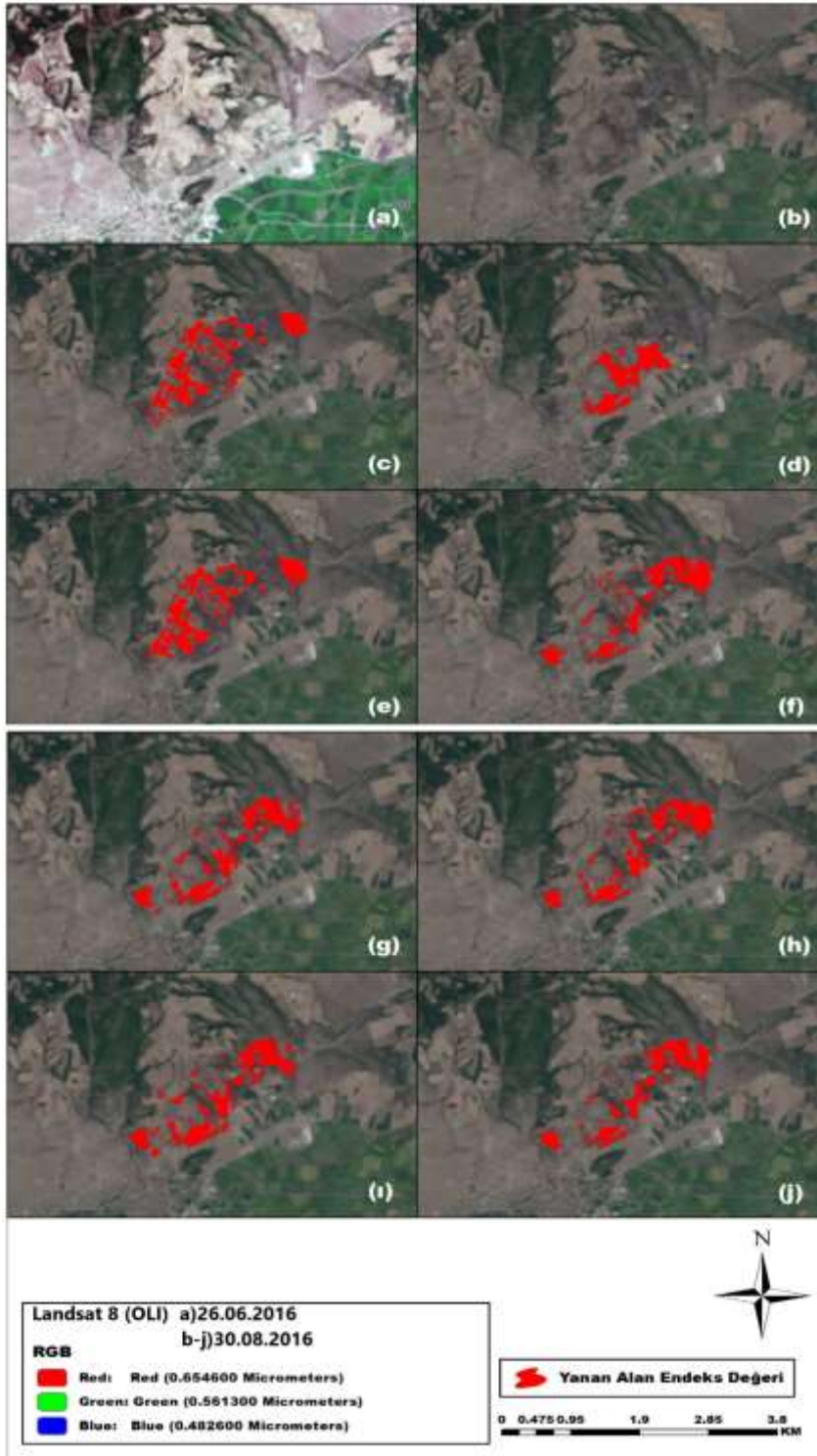
Şekil 53. Ilgardere 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



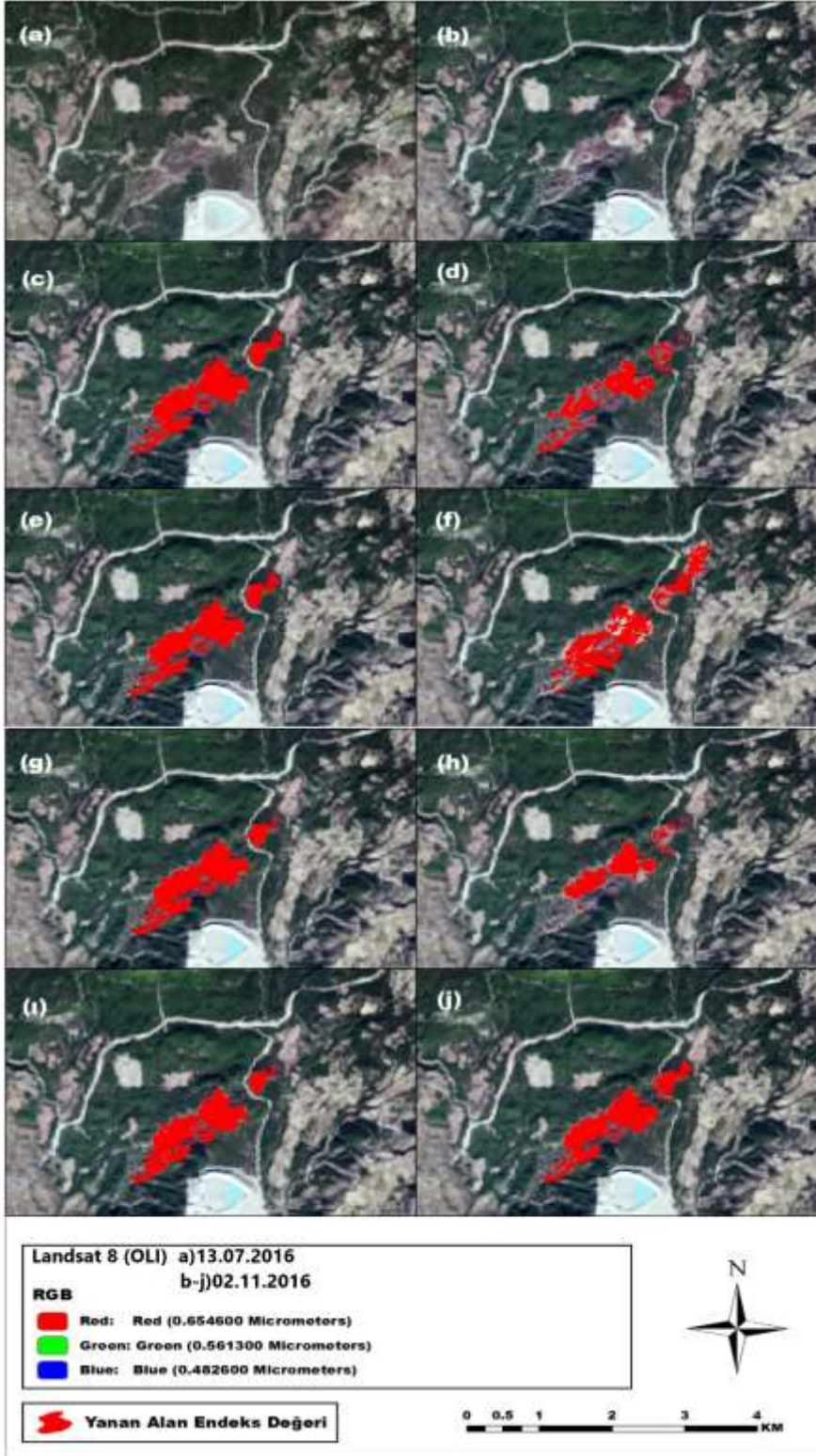
Şekil 54. Yeniçiftlik 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



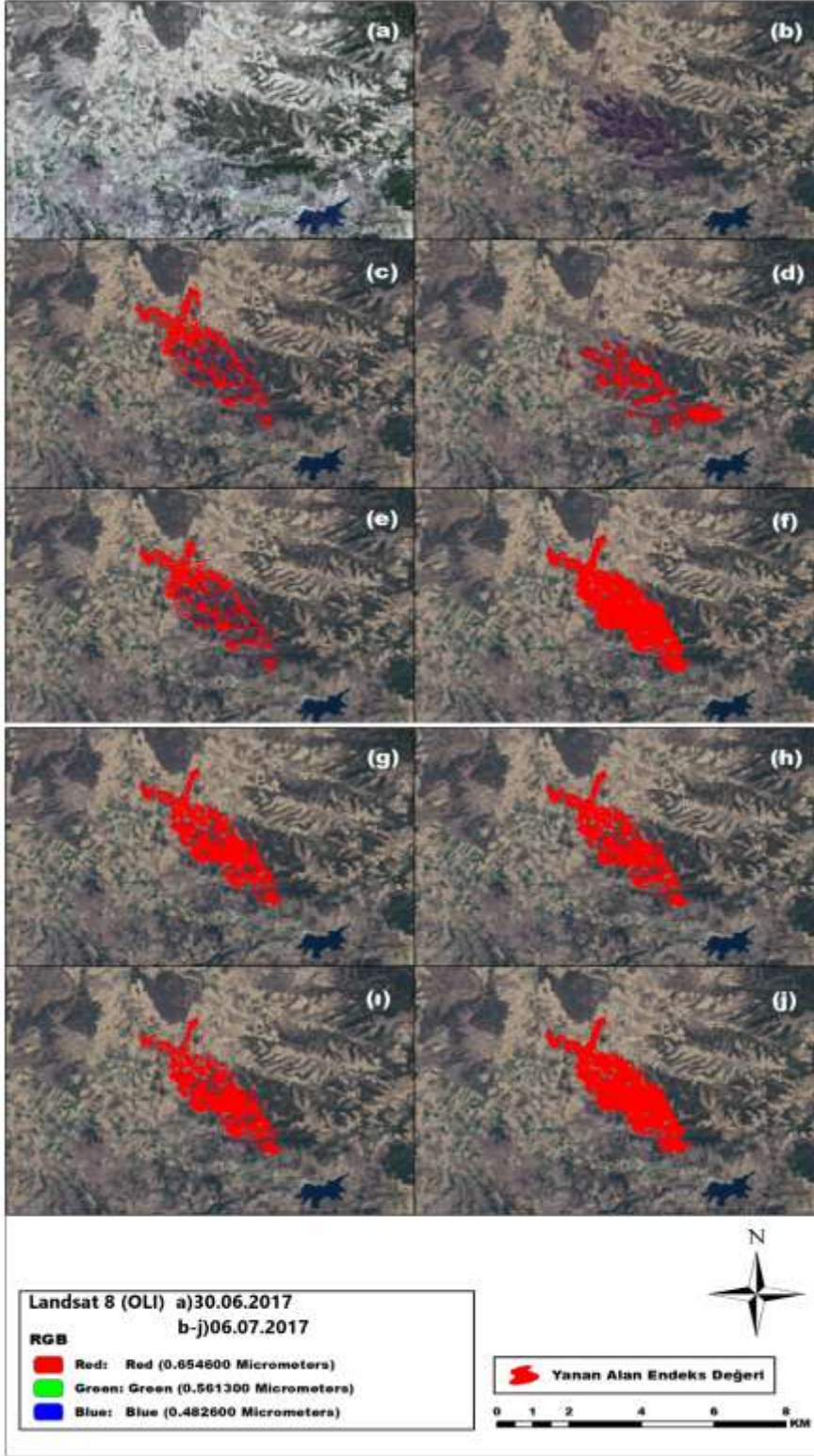
Şekil 55. Güzelyalı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



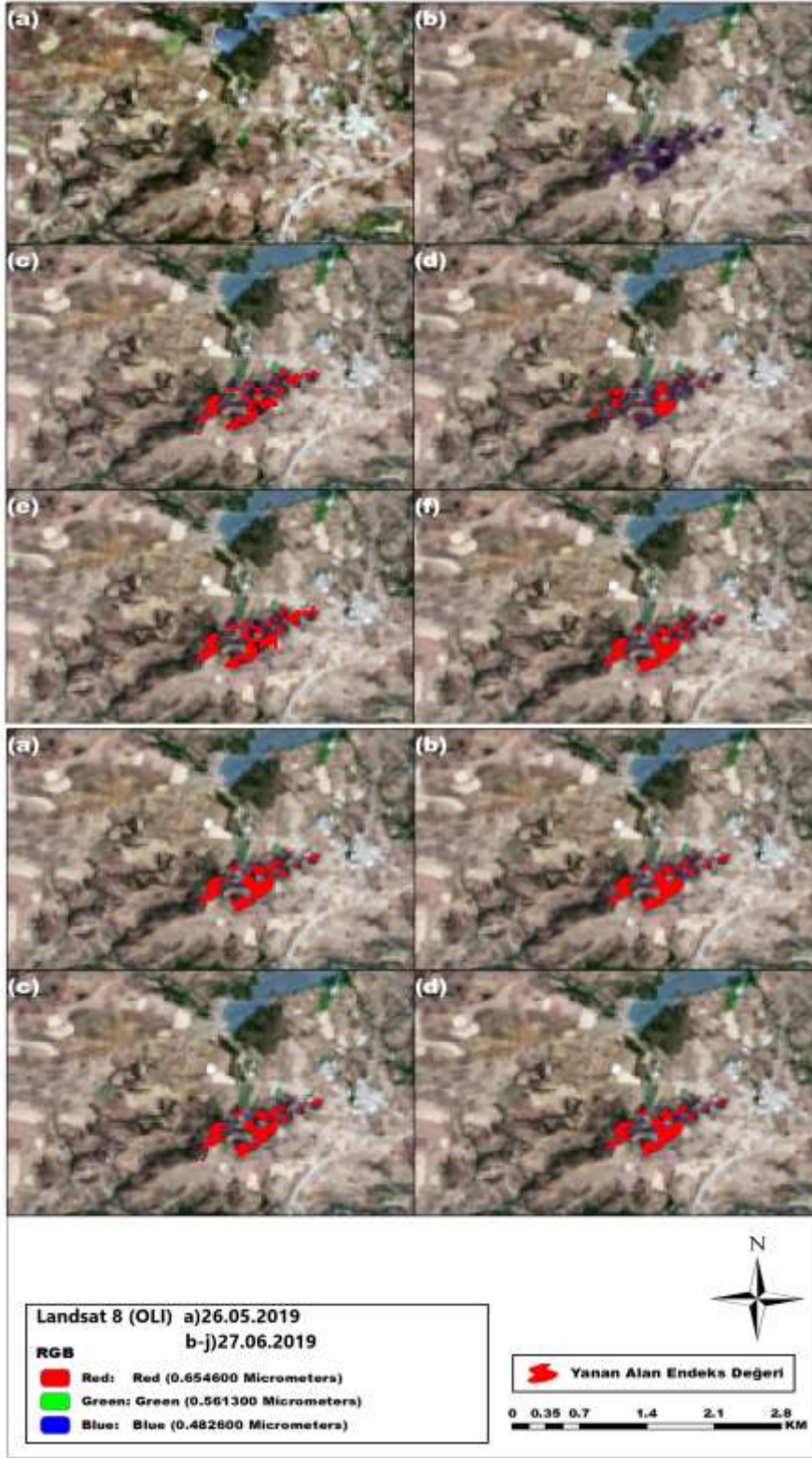
Şekil 56. Sarıköy 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



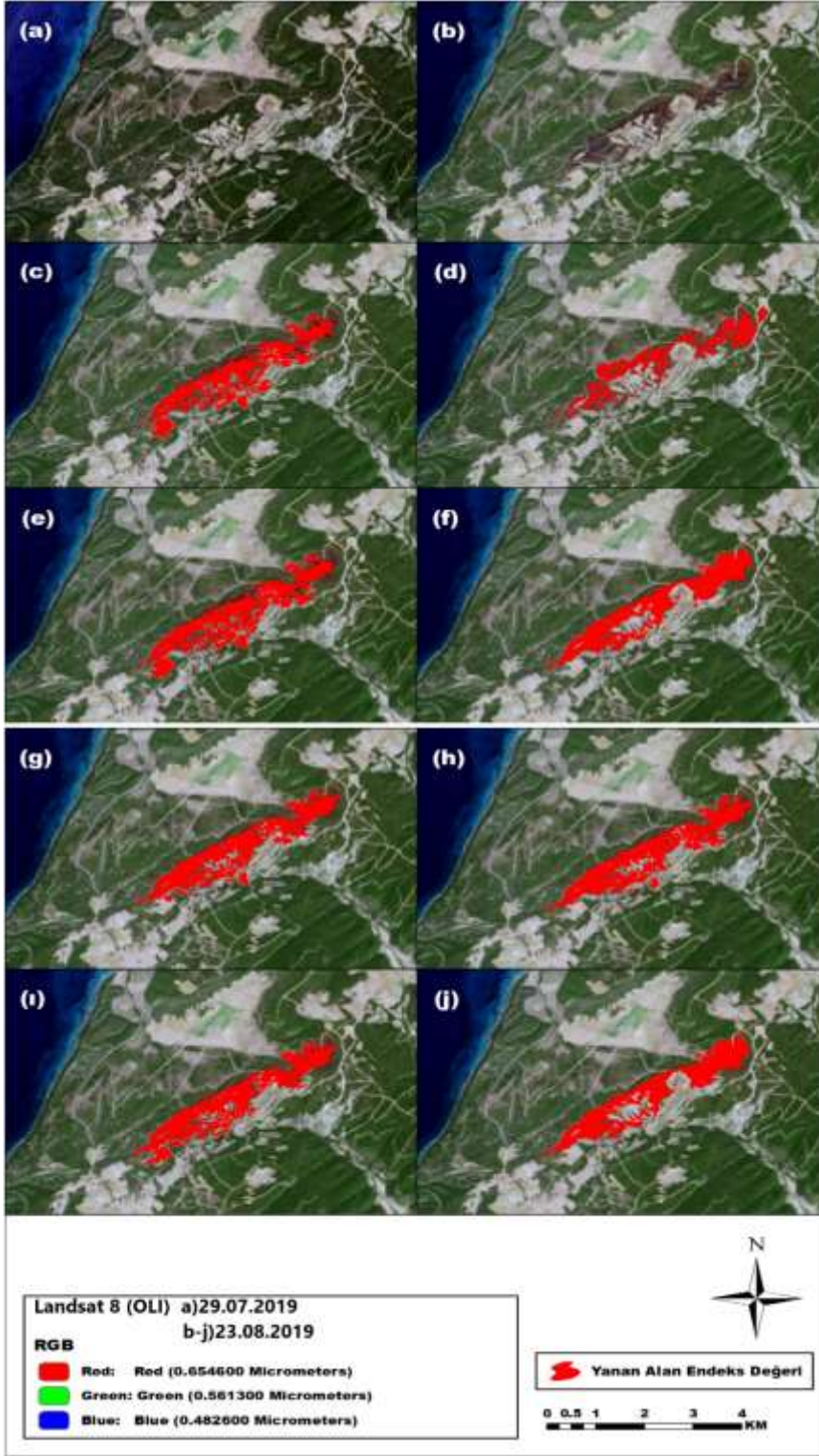
Şekil 57. Kazdağı Talim Alanı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



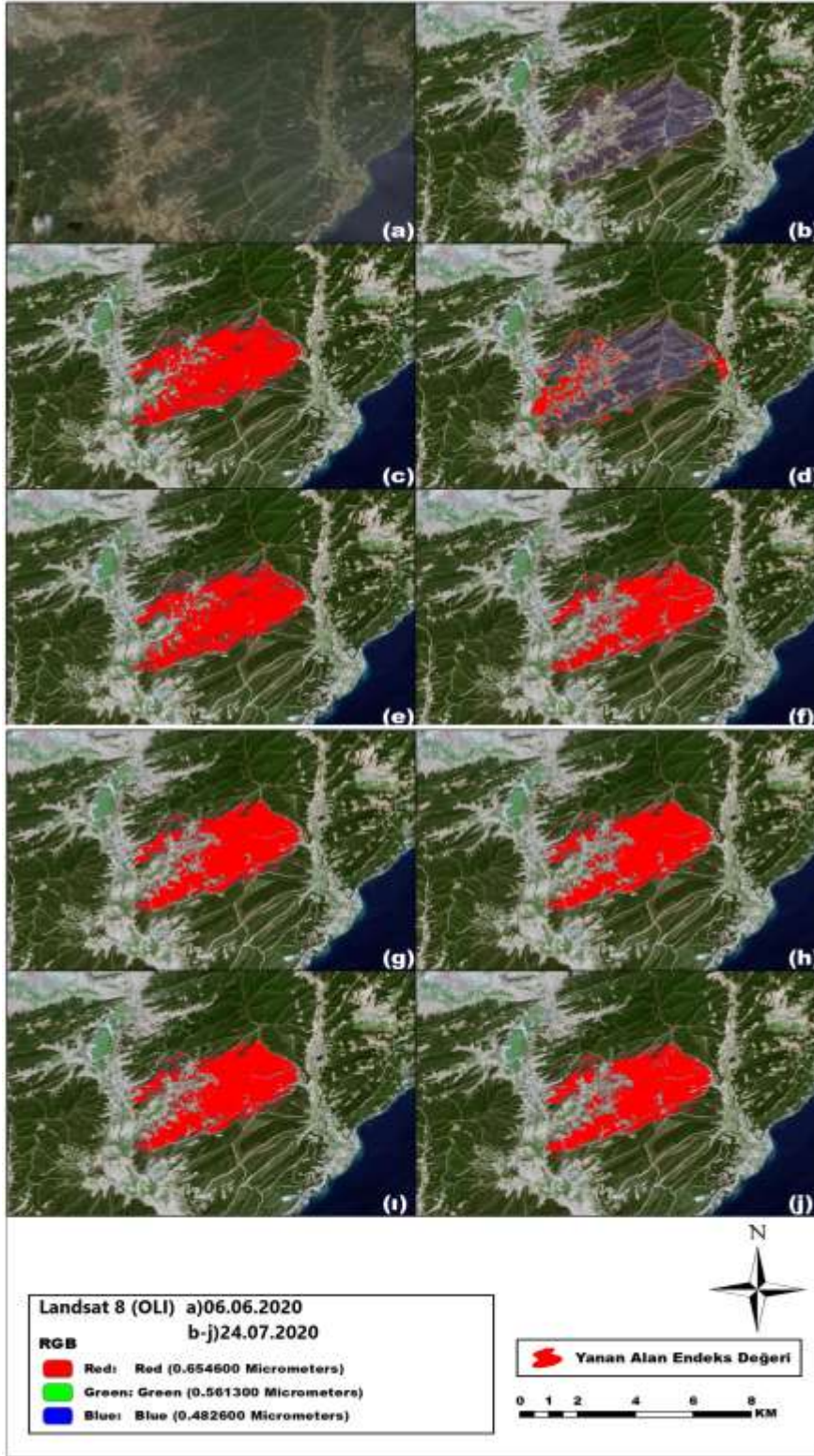
Şekil 58. Misvak 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



Şekil 59. Kemallı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri ı)NDMI değeri j)GEMI değeri



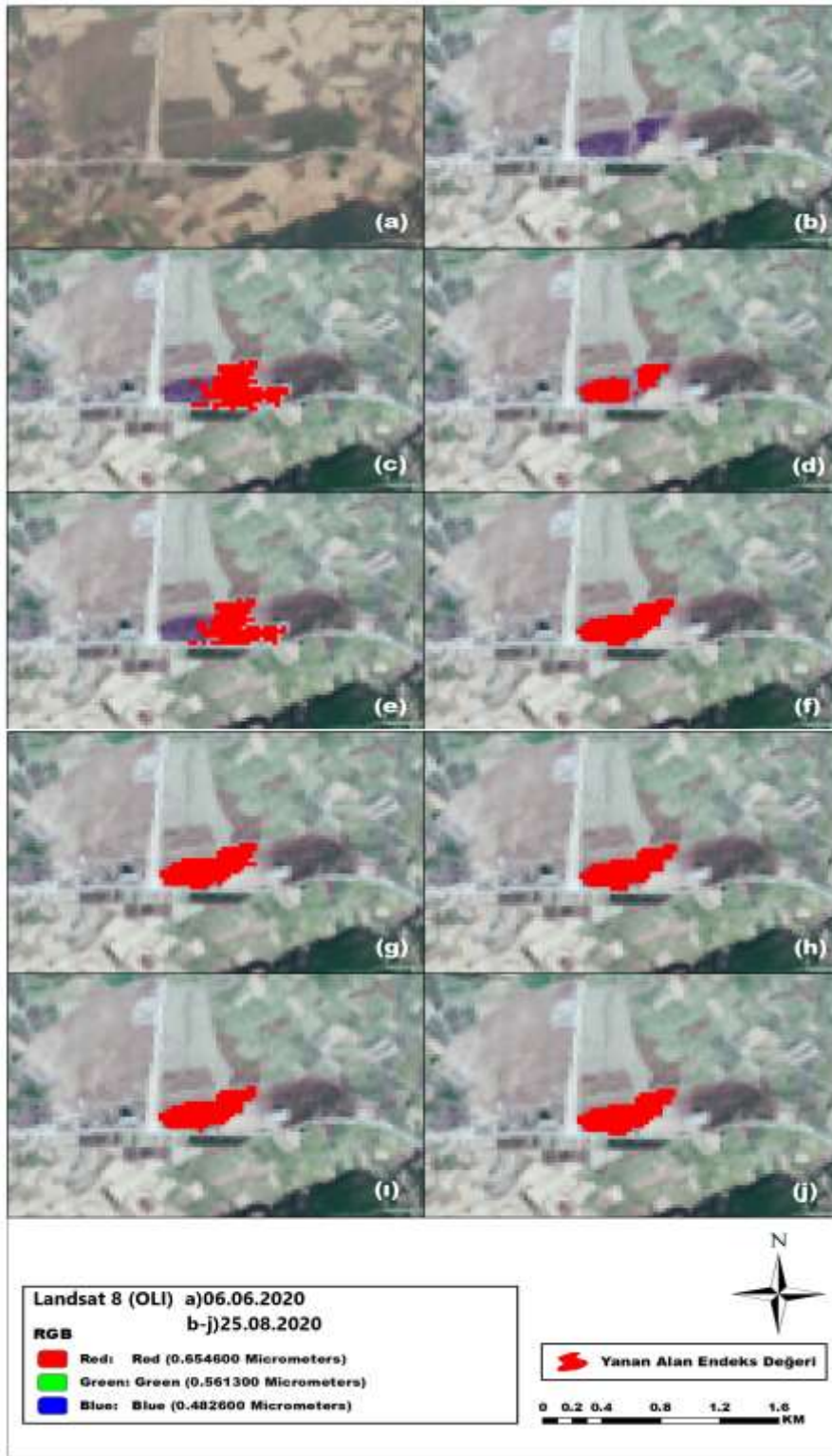
Şekil 60. Behramlı 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



Şekil 61. Kumköy 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



Şekil 62. Kızıldam 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri



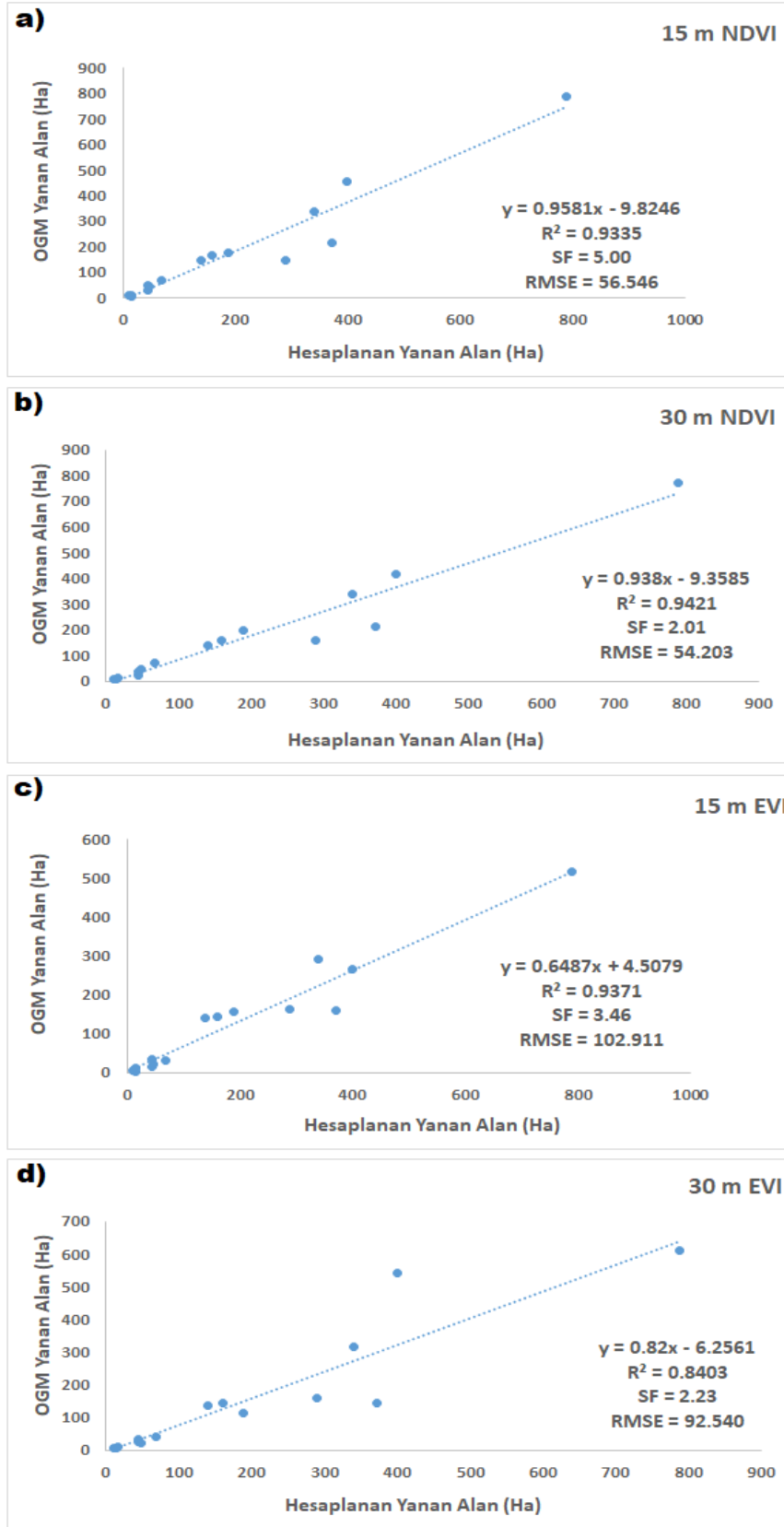
Şekil 63. Akçakoyun 30 metre mekânsal çözünürlüklü yanan alan değerleri a)Yangın öncesi b)Yangın sonrası c)NDVI değeri d)EVI değeri e)SAVI değeri f)MSAVI değeri g)NBR değeri h)NBR2 değeri i)NDMI değeri j)GEMI değeri

4.2. 15 ve 30 Metre Mekânsal Çözünürlükteki Görüntülerin Karşılaştırılması

Çalışmada üretilen sekiz endeks (NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, NBR, NBR2, NDMI, GEMI) değerlerinin hem 15 adet 15 m hem de 24 adet 30 m mekânsal çözünürlükteki yangın sonrası alan hesaplaması yapılmasının ve ilişkilerinin incelenmesinin yanı sıra, 15 ve 30 m mekânsal çözünürlükteki uydu görüntülerinin karşılaştırılması da yapılmıştır. Buradan hareketle çalışma alanında 2000-2020 yılları arasında meydana gelen 15 yangının Landsat 7 (ETM+) ve Landsat 8 (OLI) uydu görüntüleri hem NNDiffuse yöntemi kullanılarak 15 m mekânsal çözünürlüğe sahip olan yeni görüntüler hem de mevcut bu 15 yangın örneğinin 30 m mekânsal çözünürlükteki görüntüleri ile OGM'den alınan veriler arasında regresyon-korelasyon, ANOVA ve RMSE ilişkisi incelenmiştir.

Regresyon-korelasyon ilişkisi, ANOVA ve RMSE sonuçlarına göre, bitki klorofili tarafından kırmızı ışığın emilmesi ve su dolu yaprak hücreleri tarafından kızılötesi radyasyonun yansımaları ile değişen (Gandhi vd., 2015: 1201) NDVI değerleri 15 m çözünürlükte yüksek düzeyde ilişki olduğu görülürken ($R^2=0.9335$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 5.00$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 56.546$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 64a). 30 m çözünürlükte NDVI değeri ise nispeten daha yüksek düzeyde ilişki görülmüş ($R^2=0.9421$) gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış ($SF = 2.01$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 54.203$) ile hata oranı nispeten daha az hesaplanmıştır (Şekil 64b).

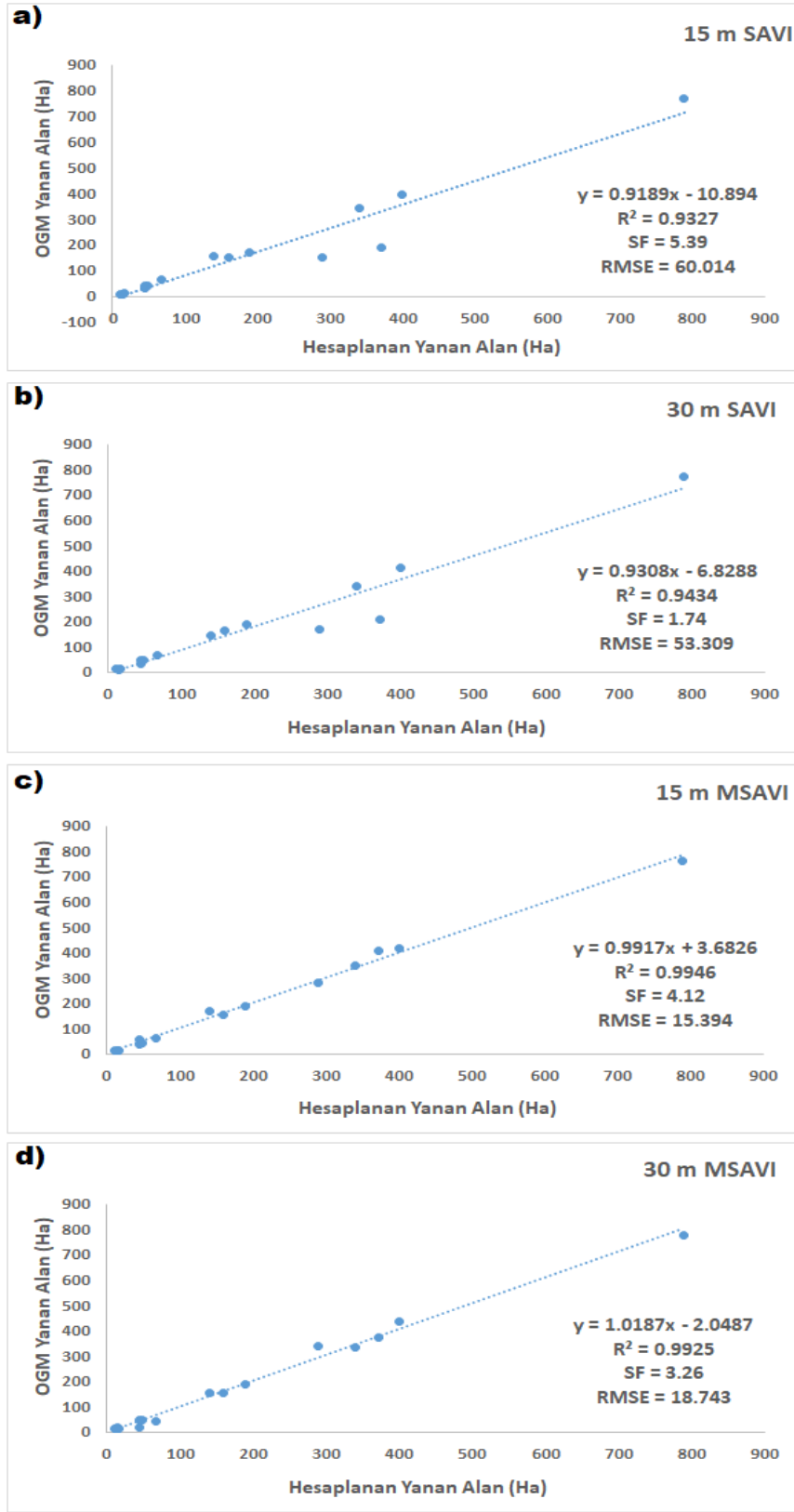
NIR'ye spektral olarak duyarlı olan ve yüksek NIR yansımalarıyla daha yakından değişkenlik gösteren EVI, 15 m çözünürlükte EVI değeri ile yüksek düzeyde ilişki yakalanmıştır ($R^2=0.9371$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 3.46$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 102.911$) olarak en yüksek hata oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 64c). 30 m çözünürlükte EVI değeri ise yüksek düzeyde ilişki göstermesine rağmen, tüm endekslere göre zayıf ilişki göstermiştir ($R^2=0.1442$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varılmış ($SF = 2.23$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 92.540$) nispeten daha düşük hata oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 64d).



Şekil 64. 15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki NDVI ve EVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

SAVI'da birinci dereceden toprak arka plan varyasyonlarını azaltmak için bir toprak ayar faktörü olan L'nin kullanılması ve bu 0,5 ile 1 arasındaki herhangi bir ayarlama faktörünün bir dizi bitki yoğunluğu üzerindeki arka plan etkilerini önemli ölçüde ortadan kaldırdığı göz önünde bulundurulduğunda (Veraverbeke vd., 2012: 32-33), 15 m çözünürlükte SAVI değeri yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2=0.9327$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı (SF = 5.39) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 60.014) olarak hesaplanmıştır (Şekil 65a). 30 m çözünürlükteki SAVI değeri ise nispeten daha yüksek düzede ilişki sağlanmış ($R^2=0.9434$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılmış (SF = 1.74) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 53.3099) ile daha düşük hata oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 65b).

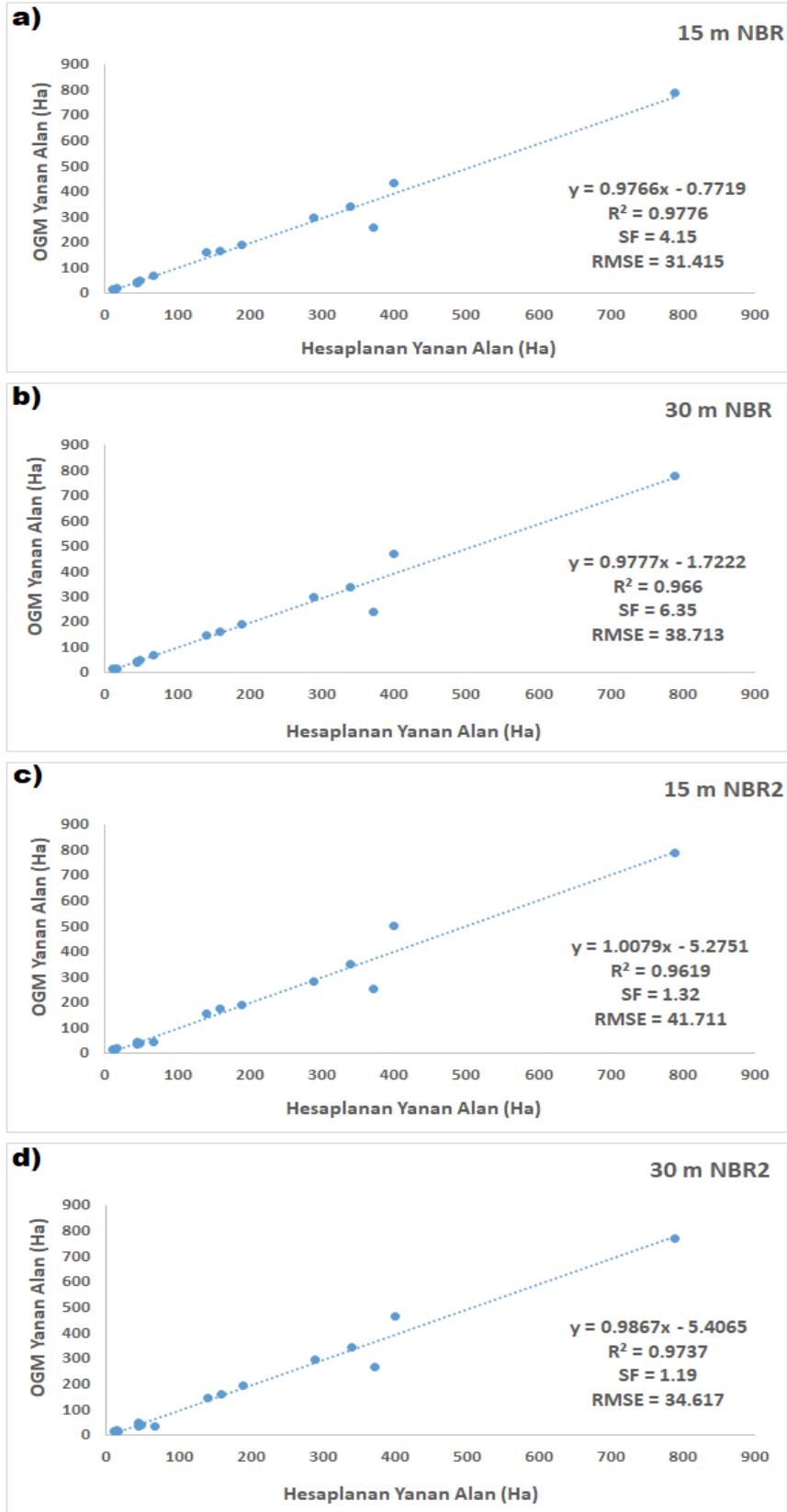
Diğer taraftan MSAVI'daki L ayarlama faktörü bitki örtüsü yoğunluğuna göre kendi kendine ayarlanan bir düzeltme özelliğine sahip olduğu için, 15 m çözünürlüklü MSAVI değeri diğer endekslere göre daha yüksek düzeyde ilişki sağlamıştır ($R^2=0.9946$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermiş (SF = 4.12) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 15.394) ile tüm endekslere oranla daha az hata oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 65c). 30 m çözünürlüklü MSAVI değeri ise daha az yüksek düzeyde ilişki göstermiştir ($R^2=0.9925$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı (SF = 3.26) ve ortalama karekök sapması (RMSE = 18.743) olarak hesaplanmıştır (Şekil 65d).



Şekil 65. 15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki SAVI ve MSAVI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

NBR, SWIR bandının bitki örtüsündeki yanan alandaki değişikliklerine karşı duyarlığından dolayı, 15 m çözünürlükte NBR değeri yüksek düzeyde ilişki sağlamıştır ($R^2=0.9776$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 4.15$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 31.415$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 66a). 30 m çözünürlükteki NBR değeri daha az yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2=0.966$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşmış ($SF = 6.35$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 38.713$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 66b).

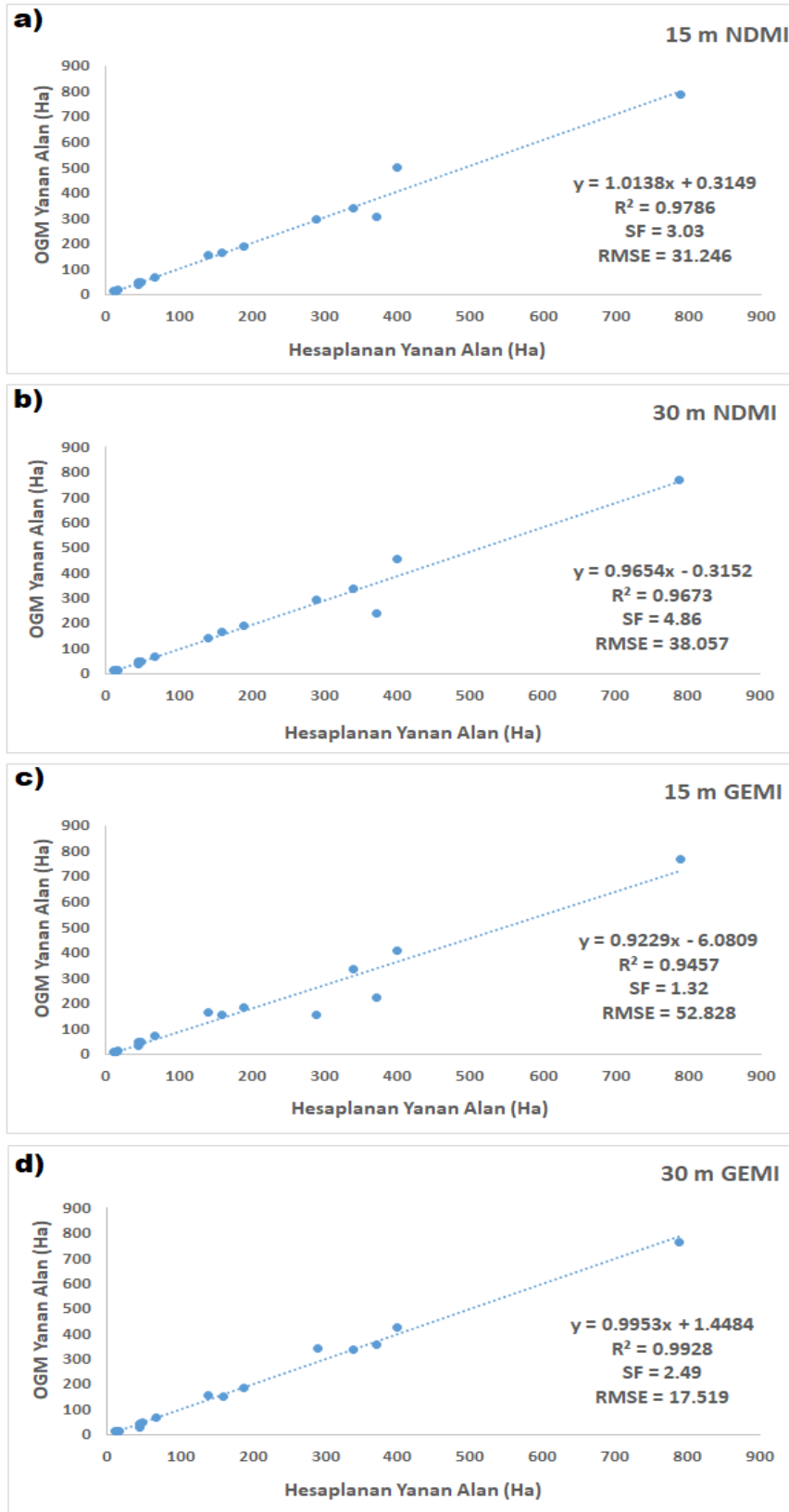
Öte yandan NBR ye benzer olarak NBR2, SWIR1 ve SWIR2 bandlarını üretilen ve yanan alanlara duyarlığından dolayı, 15 m çözünürlükte NBR2 değeri yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2=0.9619$), gruplara arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 1.32$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 41.711$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 66c). 30 m çözünürlükteki NBR2 değeri ise daha az yüksek düzeyde sağlamıştır ($R^2=0.9737$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 1.19$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 34.617$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 66d).



Şekil 66. 15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki NBR ve NBR2 değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

NIR ve SWIR bantlarından üretilen NDMI, NIR bandına oranla yanan alanlar gibi nem oranının az olduğu alanlarda hassasiyet gösterdiği için, 15 m çözünürlükte NDMI değeri yüksek düzeyde ilişki yakalanmıştır ($R^2 = 0.9786$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 3.03$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 31.246$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 67a). 30 m çözünürlükteki NDMI değeri ise daha az yüksek düzeyde ilişki göstermiş ($R^2=0.9673$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşmış ($SF = 3.03$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 38.057$) olarak daha yüksek bir hata oranı hesaplanmıştır (Şekil 67b).

Son olarak diğer endekslere göre doğrusal olmayan GEMI, atmosferi için bir düzeltmeye ve toprak yansıma değişikliklerine karşı en az duyarlılığa sahip olduğu için, 15 m çözünürlükte GEMI değeri ile yüksek düzeyde ilişki sağlanmış ($R^2=0.9457$) ancak NNDiffuse yöntemi kullanılarak 30 metreden 15 metreye yükseltelen endeks görüntüleri GEMI’de başarılı sonuçlar vermemiştir, gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı ($SF = 3.03$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 52.828$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 67c). 30 m çözünürlükte GEMI değeri ise 30 metrede diğer endekslere göre en yüksek düzeyde ilişki sağlamıştır ($R^2=0.9457$), gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşmış ($SF = 2.49$) ve ortalama karekök sapması ($RMSE = 17.519$) ile 30 metre de hata oranı en az olarak hesaplanmıştır (Şekil 67d).



Şekil 67. 15 ve 30 metre mekânsal çözünürlükteki NDMI ve GEMI değerleri ile OGM verileri arasındaki ilişki

Tablo 9

15 metre çözünürlükteki endekslerin analiz sonuçları

	R²	SF	RMSE (Ha)
NDVI	0.93	5.00	56.4
EVI	0.93	3.46	102.9
SAVI	0.93	5.39	60.0
MSAVI	0.99	4.12	15.3
NBR	0.97	4.15	31.4
NBR2	0.96	1.32	41.7
NDMI	0.97	3.03	31.2
GEMI	0.94	1.32	52.8

Tablo 10

30 metre çözünürlükteki endekslerin analiz sonuçları

	R²	SF	RMSE (Ha)
NDVI	0.94	2.01	54.2
EVI	0.84	2.23	92.5
SAVI	0.94	1.74	53.3
MSAVI	0.99	3.26	18.7
NBR	0.96	6.35	38.7
NBR2	0.97	1.19	34.6
NDMI	0.96	4.86	38.0
GEMI	0.99	2.49	17.5

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ormanlar ekolojik dengenin sağlanmasında önemli bir rol oynamasının yanı sıra, milyonlarca canlıyı barındıran en büyük doğal zenginliğimizdir. Bu ekolojik sistemin en büyük düşmanı orman yangınlarıdır. Meteorolojik karakterli bir afet olan ve aynı zamanda beşeri sebeplerden de meydana gelen orman yangınları dünyanın her yerinde olduğu gibi ülkemizde de en büyük sorunlardan biridir. Her yıl binlerce hektar ormanın tahrip olmasına neden olan orman yangınlarının olası zararlarını en aza indirmek için gerekli önlemler alarak koşullar ayrıntılı bir şekilde incellenmelidir. Aksi takdirde meydana gelen orman yangınları felaketlere yol açabilir. Uzaktan algılama orman yangınları için son derece önemli bir yöntem olup, uzaktan algılama teknikleriyle üretilen endeksler aracılığıyla orman yangının etkilerini belirleme çalışmaları mevcuttur.

Biga ve Gelibolu Yarımadasında 2000–2020 yılları arasında meydana gelen on hektar ve üzeri 24 orman yangını örneğinin uzaktan algılama teknikleriyle analiz edildiği bu çalışmada yangın sonrası uzaktan algılama görüntüleriyle NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, NBR, NBR2, NDMI ve GEMI endekslerinin 15 ve 30 m mekânsal çözünürlükteki görüntüler üretilmiştir. Üretilen endeks görüntülerinin yangın sonrası hasar tespitinde yanan alan hesaplaması yapılmış ve Orman Genel Müdürlüğünden alınan arazide tespit edilmiş veriler ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada yangın sonrası alan hesaplaması ile elde edilen değerler ile Orman Genel Müdürlüğünden alınan veriler tutarlıdır. Bu sonuçlar yangının neden olduğu kayıpları daha doğru ve açık bir şekilde anlaşılmasını sağlar ve orman yangınları sonrası hasar konusunda önemli bilgiler vermektedir.

Çalışma sonuçlarına göre;

- Orman yangını çalışmalarında sıklıkla kullanılan NDVI, yeşil bitki örtüsünün kırmızı ışığı absorbe edip yakın kızılötesi dalga boylarını yansıttığı için hem 15 m hem de 30 m mekânsal çözünürlükte yüksek düzeyde ilişki yakalanmıştır ama 30 m çözünürlükte yapılan alan hesaplamaları gerçeğe daha yakın sonuç vermiştir.

- EVI’de kullanılan mavi bandın yanık alanları belirlemede yetersiz kalması ve gölgelik değişiklerine karşı hassas olmasından dolayı yangın sonrası görsel yorumlamada zayıf kalmıştır. 15 m mekânsal çözünürlükte yüksek düzeyde ilişki sağlarken 30 m mekânsal çözünürlükte ise nispeten daha zayıf yüksek düzeyde ilişki sağlanmıştır. Ayrıca çalışmada en zayıf sonuçlara EVI ile ulaşılmıştır.
- SAVI, ($L = 0.5$) ayar faktörünün etkisiyle seyrek bitki örtüsünün olduğu alanlarda daha iyi sonuçlar verdiği görmesine rağmen hem 15 m hem de 30 m çözünürlükte de NDVI’ya benzer sonuçlarla yüksek düzeyde ilişki sağlanmıştır. Ancak en iyi ilişki 30 m çözünürlükte sağlanmıştır.
- 15 m çözünürlükte gerçeğe en yakın sonucu veren MSAVI, formülündeki L otomatik ayarlama faktörü ile bitki örtüsü ve toprak arka plan etkisine karşı duyarlından dolayı 30 m çözünürlükte de yüksek düzeyde ilişki sağlamıştır. Ayrıca görsel yorumlamada MSAVI etkilidir.
- Görsel yorumlamada etkili olan bir başka endeks NBR, yangın sonrası yakın kızılötesi yansımının azalması ve kızılötesi yansımalarının artmasına bağlı olarak 15 ve 30 m çözünürlükte yüksek düzeyde ilişki sağlamıştır ama en iyi sonuca 15 m çözünürlük ile ulaşılmıştır.
- Aynı şekilde görsel yorumlama için kullanılabilir endekslerden biri olan NBR2, yakın kızılötesinde düşük yansıtma ve orta kızılötesinde yüksek yansıtma ile hem 15 m hem de 30 m de yüksek düzeyde ilişki göstermiştir ancak 30 m de daha etkili bir sonuç vermiştir.
- Çalışmada en iyi sonuçlar veren endekslerden biri olan NDMI, yakın kızıl ötesi bölgedeki düşük yansıtma değerleri ile kısa kızılötesinde yüksek yansıtma değerlerinin sonucu olarak suya karşı duyarlılığından dolayı 15 ve 30 m çözünürlükte de yüksek düzeyde ilişki sağlayan gerçeğe en yakın sonuç veren en iyi ikinci endekstir. En etkili sonuca 15 m çözünürlükte sağlanmıştır ve görsel yorumlama için kullanılacak endeksler arasındadır.
- GEMI ise yine aynı şekilde orman yangını çalışmalarında görsel yorumlama da etkili olan endeksler arasındadır. Hem atmosferik hem de toprak arka

planını etkileyen faktörlere karşı özel olarak geliştirilen GEMI, 30 m çözünürlükte gerçeğe en yakın sonucu veren endeks olmuştur. 15 m çözünürlükte de ise yüksek düzeyde ilişki göstermesine rağmen, özel bir endeks olduğu için 15 m mekânsal çözünürlüğe yükseltilmesi etkisini azaltmıştır.

- Genel olarak çalışma sonuçlarına bakarsak, yangın sonrası yanan alanda üretilen endekslerden gerçeğe en yakın sonucu 15 m mekânsal çözünürlükte MSAVI sağlarken, 30 m mekânsal çözünürlükte de GEMI sağlamıştır. Ancak NDMI'da da hem 15 m hem de 30 m çözünürlükte her iki endekse yakın başarı sağlanmıştır. Çalışmada ayrıca 15 m ve 30 m mekânsal çözünürlükteki uydu görüntülerin kıyaslandığı sonuçlarına bakarsak 15 m de EVI, MSAVI, NBR ve NDMI en iyi sonucu verirken, 30 m de NDVI, SAVI, NBR2 ve GEMI en iyi sonuçlar vermiştir.

Landsat uydusu 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip 40 yıllık gözlemleri kapsayan benzersiz bir özelliğe sahip olduğu için orman değişimlerinin izlenmesi için yararlıdır. Çalışmanın sonuçları uzaktan algılamada kullanılan yöntemlerin orman yangını çalışmalarında başarılı ve etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar yangının neden olduğu kayıpları daha doğru ve açık bir şekilde anlaşılmasını ve orman yangınları sonrası hasar konusunda diğer bir değişle afet yönetiminde hasar tespitinde önemli bilgiler sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbulak, C., Tatlı, H., Aygün, G., Sağlam, B. (2018). Forest fire risk analysis via integration of GIS, RS and AHP: The Case of Çanakkale, Turkey. *HumanSciences* 15 (4), s. 2127-2143. DOI: 10.14687/jhs.v15i4.5491.
- Aksoy, T. ve Çabuk, A. (2018). Orman Yangını Sonrası Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Yangın Şiddetinin Tespiti İzmir Menderes Orman Yangını Örneklemi. *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi 2018 Bildiriler Kitabı*, s. 1221–1226.
- Al-doski, J., Mansor, S. B., Shafri, H. Z. M. (2013). NDVI Differencing and Post-classification to Detect Vegetation Changes in Halabja City, Iraq. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics* 1(2), s. 1–10.
- Allak, S. (2017). Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Çanakkale Merkez İlçe Coğrafi Özelliklerinin Zamansal Değişiminin İncelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknoloji Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale
- Arıca, B., Enez, K., Küçük, Ö. (2012). Uydu Görüntüsü Kullanarak Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, s. 220–225.
- Ateşoğlu, A., Melemez, K., Uğur, B. (2015). Orman yangınına hassas bölgelerde arazöz ile müdahale oranının belirlenmesi (Bartın Orman İşletmesi örneği). *AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (2), s. 132–143. DOI: 10.17474/acuofd.24014.
- Atesoglu, A., Tunay, M., Simsek, H. (2016). The Investigation Of The Relation Between Ndvı Image And Forest Management-Site Index Data, The Case Of Bartın Region Of Forestry, Turkey. *The Online Journal of Science and Technology* 6(1), s. 71–76.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A. R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews* 13 (1-2), s. 95–120. DOI: 10.1080/02757259509532298.
- Bannari, A., Huete, A., R., Morin, D., Zagolski, F. (1996). Effets de la couleur et de la brillance du sol sur les indices de végétation. *International Journal of Remote Sensing* 17 (10), s. 1885–1906. DOI: 10.1080/01431169608948745.

- Bonneau, L. R., Shields, K. S., Civco, D. L. (1999). Using satellite images to classify and analyze the health of hemlock forests infested by the hemlock woolly adelgid. *Biological Invasions* 1 (2/3), s. 255–267. DOI: 10.1023/A:1010021629127.
- Chen, W., Moriya, K., Sakai, T., Koyama, L., Cao, C. X. (2016). Mapping a burned forest area from Landsat TM data by multiple methods. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 7 (1), s. 384–402. DOI: 10.1080/19475705.2014.925982.
- Chowdhury, E. H., Hassan, Q. K. (2015). Operational perspective of remote sensing-based forest fire danger forecasting systems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 104, s. 224–236. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2014.03.011.
- Chuvieco, E. ve Congalton, R. G. (1989). Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment* 29 (2), s. 147–159. DOI: 10.1016/0034-4257(89)90023-0.
- Chuvieco, E., Martín, M. P., Palacios, A. (2002). Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing* 23 (23), s. 5103–5110. DOI: 10.1080/01431160210153129.
- Chuvieco, E., Riaño, D., Danson, F. M., Martin, P. (2006). Use of a radiative transfer model to simulate the postfire spectral response to burn severity. *J. Geophys. Res.* 111 (G4). DOI: 10.1029/2005JG000143.
- Chuvieco, E. (2014). Remote Sensing of Large Wildfires. *The European Mediterranean Basin: Springer Verlag*.
- Çağlak, E. ve Özelkan, E. (2019). Güvenilir Haber Almada Uydudan Uzaktan Algılamanın Kullanımı. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, DOI: 10.18506/anemon.454498.
- Çakır, G., Köse, S., Başkent, E. Z. (2007). Konumsal Orman Envanteri için Farklı Uzaktan Algılama Verilerinin Artvin Merkez Planlama Biriminde Karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi* 3(2), s. 75–83.
- Çolak, E. ve Sunar, F. (2018). Yüzey Sıcaklığı Ve Spektral Yanma İndekslerinin Orman Yangını Analizinde Kullanımı. *Vu. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2018), 18-21 Eylül 2018, Eskişehir*. DOI: 10.15659/uzalcbs2018.6119.

- Danelichen, V. H. dM., Biudes, M. S., Souza, M. C., Machado, N. G., Nogueira, J. dS. (2016). Relations of vegetation and water indices to volumetric soil water content in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *International Journal of Remote Sensing* 37 (18), s. 4261–4275. DOI: 10.1080/01431161.2016.1213921.
- Doğan, H. M., Celep, F., Karaer, F. (2009). Evaluation of the NDVI in plant community composition mapping: a case study of Tersakan Valley, Amasya County, Turkey. *International Journal of Remote Sensing* 30 (14), s. 3769–3798. DOI: 10.1080/01431160902918381.
- Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, S., Lei, T., Hui, W. (2005). Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research* 16 (3), s. 169–174. DOI: 10.1007/BF02856809.
- Elvidge, C. D. ve Chen, Z. (1995): Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. *In Remote Sensing of Environment* 54 (1), s. 38–48. DOI: 10.1016/0034-4257(95)00132-K.
- Erener, A. ve Sarp, G. (2017) Barajların Çevresel Etkilerinin Zamansal Ve Mekânsal Olarak Uzaktan Algılama İle Değerlendirilmesi: Atatürk Barajı Örneği. *Geomatik* 2 (1), s. 1–10. DOI: 10.29128/geomatik.300012.
- Erten, E., Kurgun V., Musaoğlu, N. (2005). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Ertuğrul, M. (2005). Orman Yangınlarının Dünyadaki ve Türkiye’deki Durumu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 7(7), s. 43–50.
- Escuin, S., Navarro, R., Fernández, P. (2008). Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing* 29 (4), s. 1053–1073. DOI: 10.1080/01431160701281072.
- Esemen, K. (2011). Forest Fire Analysis Using Satellite Imagery. İstanbul Technical University, Institute Of Informatics, M.Sc. Thesis, İstanbul, Turkey, s. 1–78.
- Esendal Bozkurt, N., Zontul, M., Aslan, Z. (2018). Uydu Verilerine Dayalı Olarak Bitki Örtüsü Analizi. *Aurum Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi* 2, s. 75–82.

- Fung, T. ve Siu, W. (2000). Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI. *International Journal of Remote Sensing* 21 (5), s. 1011–1024. DOI: 10.1080/014311600210407.
- Gai, C., Weng, W., Yuan, H. (2011) GIS-Based Forest Fire Risk Assessment and Mapping. *In 2011 Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization (CSO)*, s. 1240–1244. DOI: 10.1109/CSO.2011.140.
- Gandhi, G. M., Parthiban, S., Thummalu, N., Christy, A. (2015). Ndvi: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis – A Case Study of Vellore District. *Procedia Computer Science* 57, s. 1199–1210. DOI: 10.1016/j.procs.2015.07.415.
- García, M. LJ. ve Caselles, V. (1991). Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. *Geocarto International* 6 (1), s. 31–37. DOI: 10.1080/10106049109354290.
- Garcia-Llamas, P., Suarez-Seoane, S., Fernandez-Guisuraga, J. M., Fernandez-Garcia, V., Fernandez-Manso, A., Quintano, C., Taboada, A., Marcos, E., Calvo, L. (2019). Evaluation and comparison of Landsat 8, Sentinel-2 and Deimos-1 remote sensing indices for assessing burn severity in Mediterranean fire-prone ecosystems. *Internatinonal Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation Volume 80*, s. 137-144. DOI:10.1016/j.jag.2019.04.006
- Ghobadi G. J., Gholizadeh, B., Dashliburun, O. M. (2012). Forest Fire Risk Zone Mapping From Geographic Information System in Northern Forests of Iran (Case study, Golestan province). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4 (12), s. 818–824.
- Hardisky, M. A., Klemas, V., Smart, R. M. (1983). The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 49, s. 77–83.
- Hatfield, J. L., Kanemasu, E. T., Asrar, G., Jackson, R. D., Pinter Jr. P. J., Regnato R.J., Idso, S. B. (1985). Leaf-area estimates from spectral measurements over various planting dates of wheat†. *International Journal of Remote Sensing* 6 (1), s. 167–175. DOI: 10.1080/01431168508948432.

- Hernandez-Leal, P. A., Arbelo, M., Gonzalez-Calvo, A. (2006): Fire risk assessment using satellite data. *Advances in Space Research* 37 (4), s. 741–746. DOI: 10.1016/j.asr.2004.12.053.
- Horler, D. N. H. ve Ahern, F. J. (1986). Forestry information content of Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing* 7 (3), s. 405–428. DOI: 10.1080/01431168608954695.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25 (3), s. 295–309. DOI: 10.1016/0034-4257(88)90106-X.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. (2002): Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83 (1-2), s. 195–213. DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2.
- Huete, A. R. (2012): Vegetation Indices, Remote Sensing and Forest Monitoring. *Geography Compass* 6 (9), s. 513–532. DOI: 10.1111/j.1749-8198.2012.00507.x.
- Jackson, R. D. ve Huete, A. R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine* 11, s. 185–200.
- Jaiswal, R. K., Mukherjee, S., Raju, K. D., Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 4 (1), s. 1–10. DOI: 10.1016/S0303-2434(02)00006-5.
- Jiang, Z., Huete, A., Didan, K., Miura, T. (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment* 112 (10), s. 3833–3845. DOI: 10.1016/j.rse.2008.06.006.
- Jin, S. ve Sader, S. A. (2005): Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment* 94 (3), s. 364–372. DOI: 10.1016/j.rse.2004.10.012.
- Kadioğulları, A. İ. ve Başkent, E. Z. (2006). Orman Kaynaklarının Konumsal ve Zamansal Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi: İnayet ve Yenice Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 10-3, s. 378–390.

- Karaca, A. C. ve Güllü, M. K. (2019). Menderes ilçesindeki orman yangınının süperpiksel bölütleme temelli arama yöntemiyle tespiti. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 34-2 (18-2), DOI: 10.17341/gazimmfd.460503.
- Koç, T. (2007). Kaz Dağı Kuzey Kesiminin (Bayramiç-Çanakkale) Jeomorfolojisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 5(2), s. 27–53. DOI: 10.1501/Cogbil_0000000076.
- Koç, T. (2008). Biga Yarımadasında Altın Madenciligi İle Bitki Örtüsü İlişkisi. *Çanakkale Merkezi Değerleri Sempozyumu (25-26 Ağustos 2008)*, s. 71–84.
- Leblon, B. (2005). Monitoring Forest Fire Danger with Remote Sensing. *Nat Hazards* 35 (3), s. 343–359. DOI: 10.1007/s11069-004-1796-3.
- Leprieur, C., Verstraete, M. M., Pinty, B. (1994). Evaluation of the performance of various vegetation indices to retrieve vegetation cover from AVHRR data. *Remote Sensing Reviews* 10 (4), s. 265–284. DOI: 10.1080/02757259409532250.
- Leprieur, C., Kerr, Y. H., Pichon, J. M. (1996). Critical assessment of vegetation indices from AVHRR in a semi-arid environment. *International Journal of Remote Sensing* 17 (13), s. 2549–2563. DOI: 10.1080/01431169608949092.
- Liu, H. Q. ve Huete, A. R. (1995). A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 33 (2), s. 457–465. DOI: 10.1109/TGRS.1995.8746027.
- Loehman, R. A., Clark, J. A., Keane, R. E. (2011). Modeling Effects of Climate Change and Fire Management on Western White Pine (*Pinus monticola*) in the Northern Rocky Mountains, USA. *Forests* 2 (4), s. 832–860. DOI: 10.3390/f2040832.
- Lozano, F. J., Suárez-Seoane, S., Luis, Ed. (2007). Assessment of several spectral indices derived from multi-temporal Landsat data for fire occurrence probability modelling. *Remote Sensing of Environment* 107 (4), s. 533–544. DOI: 10.1016/j.rse.2006.10.001.
- Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing* 25 (12), s. 2365–2401. DOI: 10.1080/0143116031000139863.

- Lyon, J. G., Yuan, D., Lunetta, R. S., Elvidge, C. D. (1998). A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 64(2), s. 143–150.
- Malik, T., Rabbani, G., Farooq, M. (2013). Forest Fire Risk Zonation Using Remote Sensing and GIS Technology in Kansrao Forest Range of Rajaji National Park, Uttarakhand, India. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS* 2(1), s. 86–95.
- Mallinis, G., Mitsopoulos, I., Chrysafi, I. (2018). Evaluating and comparing Sentinel 2A and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) spectral indices for estimating fire severity in a Mediterranean pine ecosystem of Greece. *GIScience & Remote Sensing* 55 (1), s. 1–18. DOI: 10.1080/15481603.2017.1354803.
- Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., Qiu, G. (2007). Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-density Cypress Forest. *Sensors (Basel, Switzerland)* 7 (11), s. 2636–2651. DOI: 10.3390/s7112636.
- Ozelkan, E. ve Ormeci, C. (2008). Risk assessment of forest fires by using satellite data with remote sensing techniques. *Remote Sensing for a Changing Europe Proceedings of the 28th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories, Istanbul, Turkey, 2-5 June 2008*, s. 53–60.
- Ozelkan, E., Papila, İ., Uca Avcı, Z. D., Karaman, M. (2015). Drought determination by using land surface temperature and normalized difference vegetation index. *Istanbul Technical University, Center for Satellite Communications and Remote Sensing*.
- Özdemir, M., Akbulak, C., Yıldırım, H. H. (2010). Görüntü Farkı Alma Metodu Ve Beklenti Maksimizasyonu Algoritması İle Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı Orman Alanlarındaki Mekânsal Değişimin Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 20(1), s. 115–138.
- Özelkan, E. (2008). Uydu Görüntüleri Kullanarak Yangın Riski Değerlendirilmesi Kaş Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Mühendislikte İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

- Özelkan, E. ve Karaman, M. (2018). Baraj Göllerindeki Meteorolojik Ve Hidrolojik Kuraklığın Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Analizi: Atikhisar Barajı (Çanakkale) Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, DOI: 10.28948/ngumuh.443230.
- Özelkan, E., Sağlık, A., Sümer, S. K., Bedir, M. Kelkit, A. (2018). Kentleşmenin Tarım Alanları Üzerine Etkisinin Uzaktan Algılama ile İncelenmesi – Çanakkale Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 6(1), s. 123–134.
- Özelkan, E. (2019a) Comparison of Remote Sensing Classification Techniques for Water Body Detection: A Case Study in Atikhisar Dam Lake (Çanakkale). *Cumhuriyet Science Journal* 40 (3), s. 650–661. DOI: 10.17776/csj.556440.
- Özelkan, E. (2019b). Uzaktan Algılama ile Belirlenen Baraj Gölü Alanının Zamansal Değişiminin Meteorolojik Kuraklık ile Değerlendirilmesi: Atikhisar Barajı (Çanakkale) Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, s. 904–916. DOI: 10.30910/turkjans.633634.
- Özözen-Kahraman, S. ve Kahraman, İ. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gelibolu Yarımadası Tarihi Milli Parkı'nda Arazi Kullanım Analizi. *Akademik Bilişim 2008*, s. 99–106.
- Özşahin, E. (2014). CBS ve AHS kullanılarak Orman Yangın Duyarlılık Analizi: Antakya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *Raute Educational and Social Science Journal*, Volume 1(3), s.50-57
- Pausas, J. G. ve Paula, S. (2012). Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography* 21 (11), s. 1074–1082. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2012.00769.x.
- Pektezel, H. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak Gelibolu Yarımadası'nda Heyelana. *Jtst* 10 (Volume 10 Issue 6), s. 789. DOI: 10.7827/TurkishStudies.8182.
- Pereira, Jose M.C. (1999). A comparative evaluation of NOAA/AVHRR vegetation indexes for burned surface detection and mapping. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 37 (1), s. 217–226. DOI: 10.1109/36.739156.

- Pinty, B. ve Verstraete, M. M. (1992). GEMI: a non-linear index to monitor global vegetation from satellites. *Vegetatio* 101 (1), s. 15–20. DOI: 10.1007/BF00031911.
- Purevdorj, T. S., Tateishi, R., Ishiyama, T., Honda, Y. (1998). Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing* 19 (18), s. 3519–3535. DOI: 10.1080/014311698213795.
- Riano, D., Chuvieco, E., Ustin, S., Zomer, R., Dennison, P., Roberts, D., Salas, J. A. (2002). Assessment of vegetation regeneration after fire through multitemporal analysis of AVIRIS images in the Santa Monica Mountains. *Remote Sensing of Environment* 79 (1), s. 60–71. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00239-5.
- Rondeaux, G., Steven, M., Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 55 (2), s. 95–107. DOI: 10.1016/0034-4257(95)00186-7.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. Deering, D. W. (1973). Monitoring Vegetation Systems In The Great Plains With ERTS. *Remote Sensing Center*, s. 309–317.
- Roy, D. P., Boschetti, L., Trigg, S. N. (2006). Remote Sensing of Fire Severity: Assessing the Performance of the Normalized Burn Ratio. *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.* 3 (1), s. 112–116. DOI: 10.1109/LGRS.2005.858485.
- Rulli, M. C. ve Rosso, R. (2007). Hydrologic response of upland catchments to wildfires. *Advances in Water Resources* 30 (10), s. 2072–2086. DOI:10.1016/j.advwatres.2006.10.012.
- Ruokolainen, L. ve Salo, K. (2009). The Effect of Fire Intensity on Vegetation Succession on a Sub-Xeric Heath during Ten Years after Wildfire. *Annales Botanici Fennici* 46 (1), s. 30–42. DOI: 10.5735/085.046.0103.
- Sabuncu, A. ve Özener, H. (2019). Uzaktan Algılama Teknikleri ile Yanmış Alanların Tespiti: İzmir Seferihisar Orman Yangını Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, s. 1–9. DOI: 10.21324/dacd.511688.
- Sarp, G., Temurçin, K., Aldırmaz, Y., Baydoğan, E. (2018). Uzaktan Algılama Teknolojileri Kullanarak Orman Yangınlarının Mekânsal Analizi; 2017 Mersin-Anamur Orman Yangını Örneği. *Innovation And Global Issues Congress*, s. 300–308.

- Schmidt, H. ve Karnieli, A. (2001). Sensitivity of vegetation indices to substrate brightness in hyper-arid environment: The Makhtesh Ramon Crater (Israel) case study. *International Journal of Remote Sensing* 22 (17), s. 3503–3520. DOI: 10.1080/01431160110063779.
- Storey, E. A., Lee West, K. R., Stow, D. A. (2021). Utility and optimization of LANDSAT-derived burned area maps for southern California. *International Journal of Remote Sensing* 42 (2), s. 486–505. DOI: 10.1080/01431161.2020.1809741.
- Stroppiana, D., Bordogna, G., Carrara, P., Boschetti, M., Boschetti, L., Brivio, P. A. (2012). A method for extracting burned areas from Landsat TM/ETM+ images by soft aggregation of multiple Spectral Indices and a region growing algorithm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 69, s. 88–102. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2012.03.001.
- Taloor, A. K., Manhas, D. S., Chandra Kothiyari, G. (2021). Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. *Applied Computing and Geosciences* 9, s. 100051. DOI: 10.1016/j.acags.2020.100051.
- Veraverbeke, S., Gitas, I., Katagis, T., Polychronaki, A., Somers, B., Goossens, R. (2012). Assessing post-fire vegetation recovery using red–near infrared vegetation indices: Accounting for background and vegetation variability. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 68, s. 28–39. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2011.12.007.
- Vogelmann, J. E. ve Rock, B. N. (1988). Assessing forest damage in high-elevation coniferous forests in Vermont and New Hampshire using thematic mapper data. *Remote Sensing of Environment* 24 (2), s. 227–246. DOI: 10.1016/0034-4257(88)90027-2.
- Yener, H., Koç, A., Çoban, H. O. (2006). Uzaktan Algılama Verileri ve Teknik Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 56(1), s. 33–48.
- Yıldız, H., Mermer, A., Ünal, E., Akbaş, F. (2012). Türkiye Bitki Örtüsünün NDVI Verileri ile Zamansal ve Mekânsal Analizi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 21 (2), s. 50–56.

- Xie, Y., Sha, Z., Yu, M. (2008). Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology* 1 (1), s. 9–23. DOI: 10.1093/jpe/rtm005.
- Wilson, E. H., Sader, S. A. (2002). Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment* 80 (3), s. 385– 396. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00318-2.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H.; Sorooshian, Soroosh (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment* 48 (2), s. 119–126. DOI: 10.1016/0034-4257(94)90134-1.
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Optical Remote Sensing 2021 Principles of Remote Sensing - Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing, CRISP (nus.edu.sg)
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Change detection Paul Aplin, ppt video online download (slideplayer.com)
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Uzaktan Algılamaya giriş, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_3fc8b.pdf
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Uzaktan Algılamaya giriş, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_3fc8b.pdf
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Uzaktan Algılamaya giriş, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_3fc8b.pdf
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Gis Database Design (n.d). Retrieved from <https://giscommons.org/chapter-2-input/>
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Unite2_Uzaktan_Algilama_veri, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_4d6cb.pdf
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Unite2_Uzaktan_Algilama_veri, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_4d6cb.pdf
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). Unite2_Uzaktan_Algilama_veri, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_4d6cb.pdf
- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG). https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_09c24.pdf

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG). https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_09c24.pdf

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG). https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_09c24.pdf

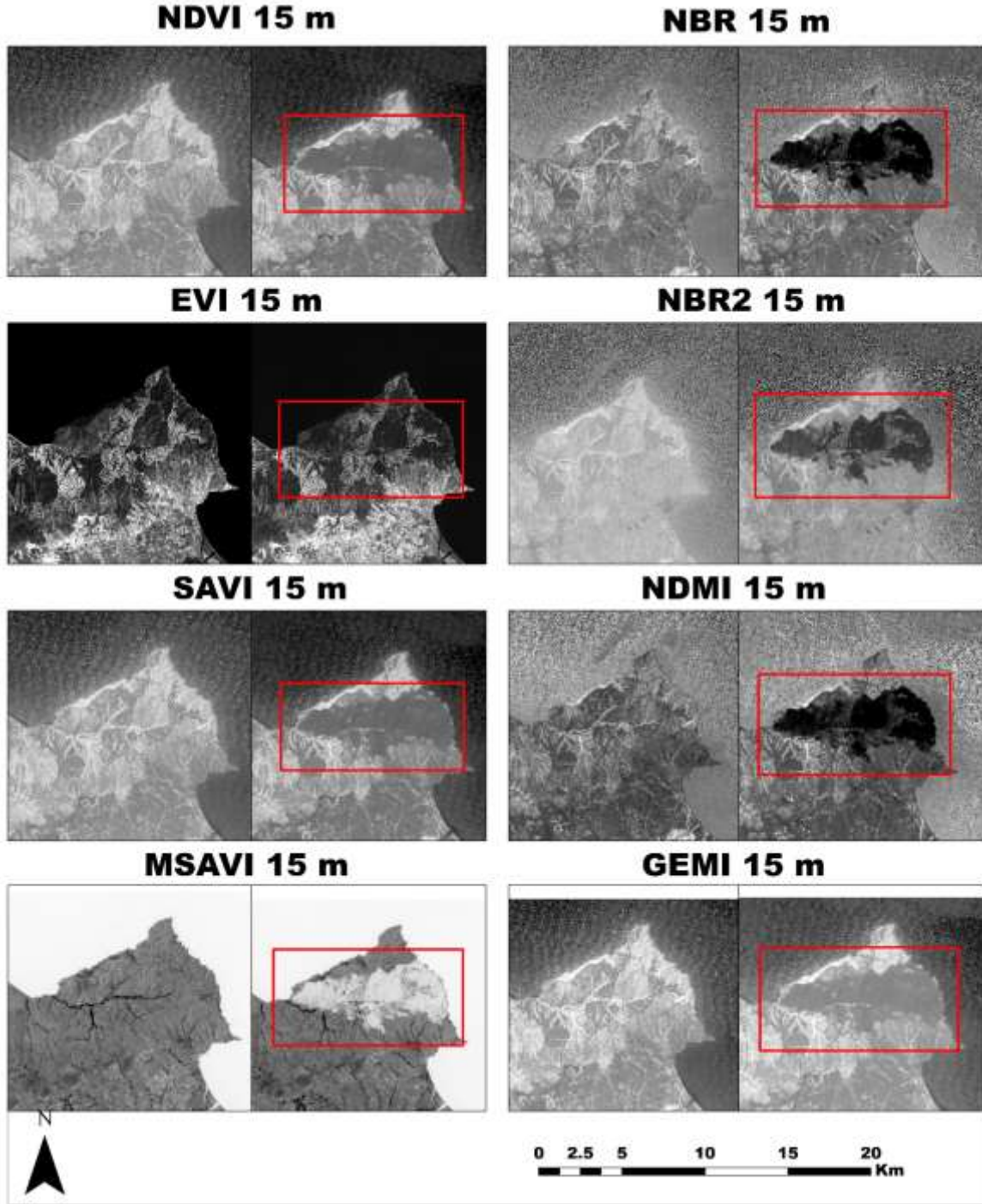
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSİNG). https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_09c24.pdf

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. (t.y.). USGS (United States Geological Survey). <https://earthexplorer.usgs.gov/>

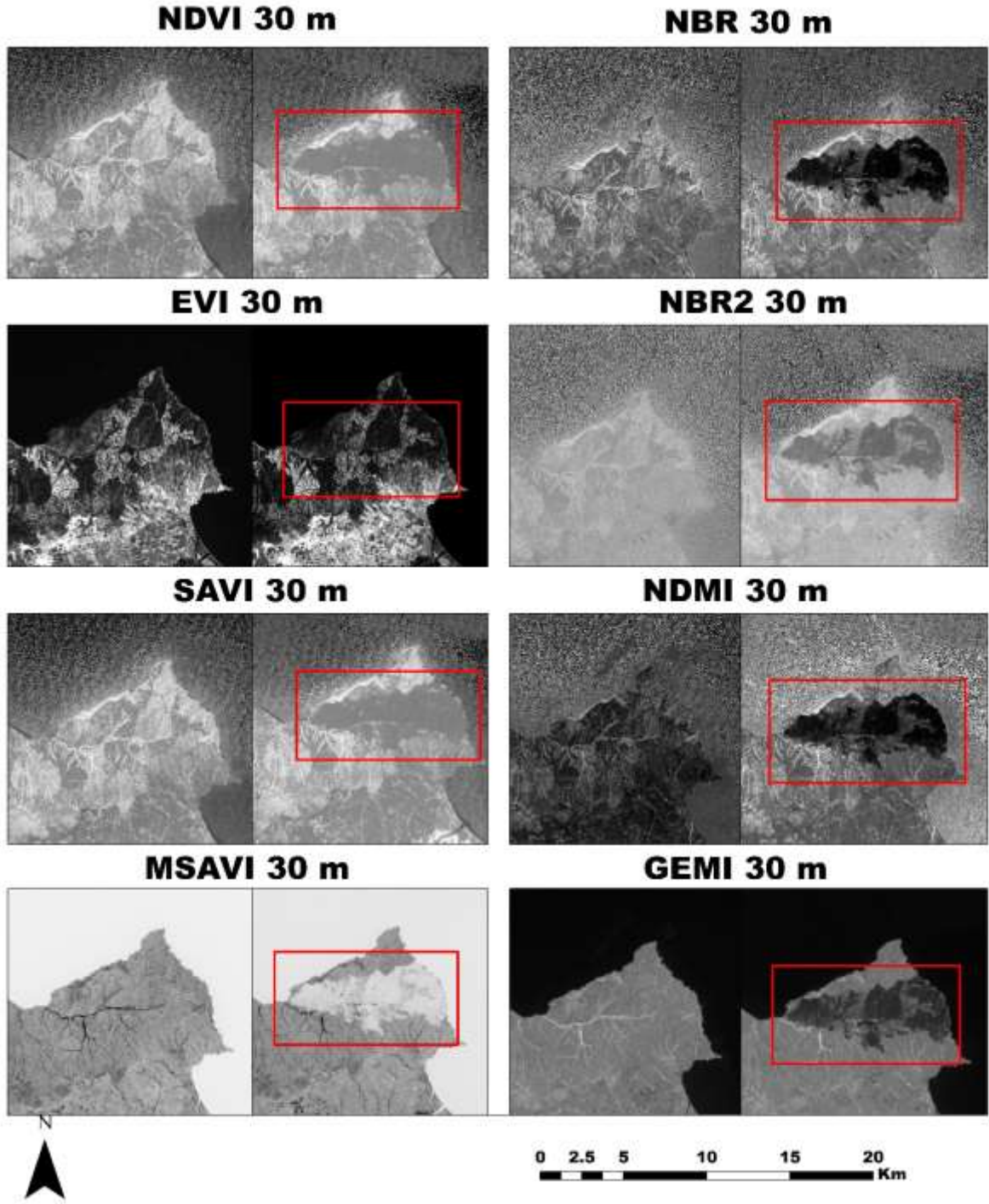


EKLER

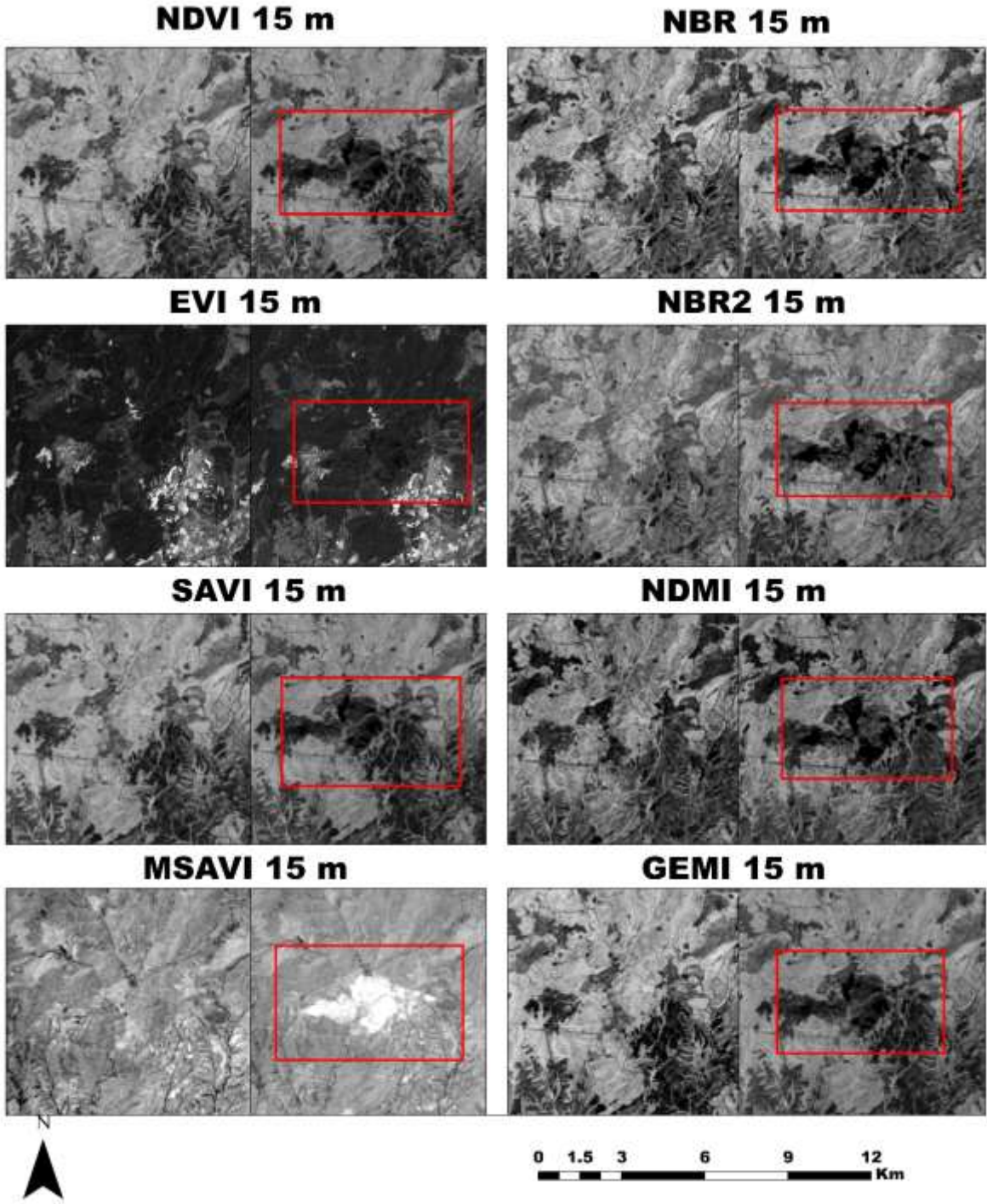
EK 1. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Aksaz yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



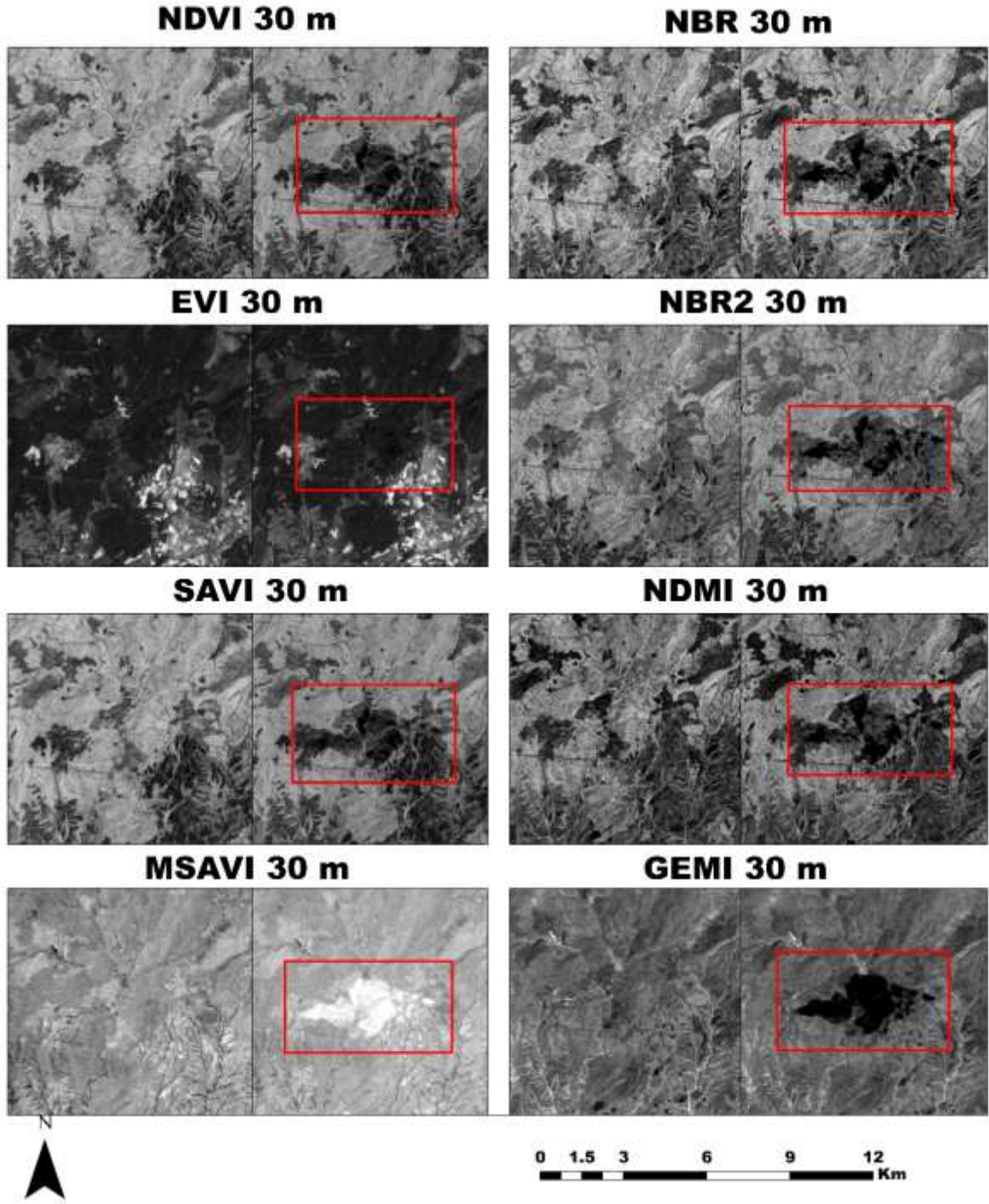
EK 2. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Aksaz yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



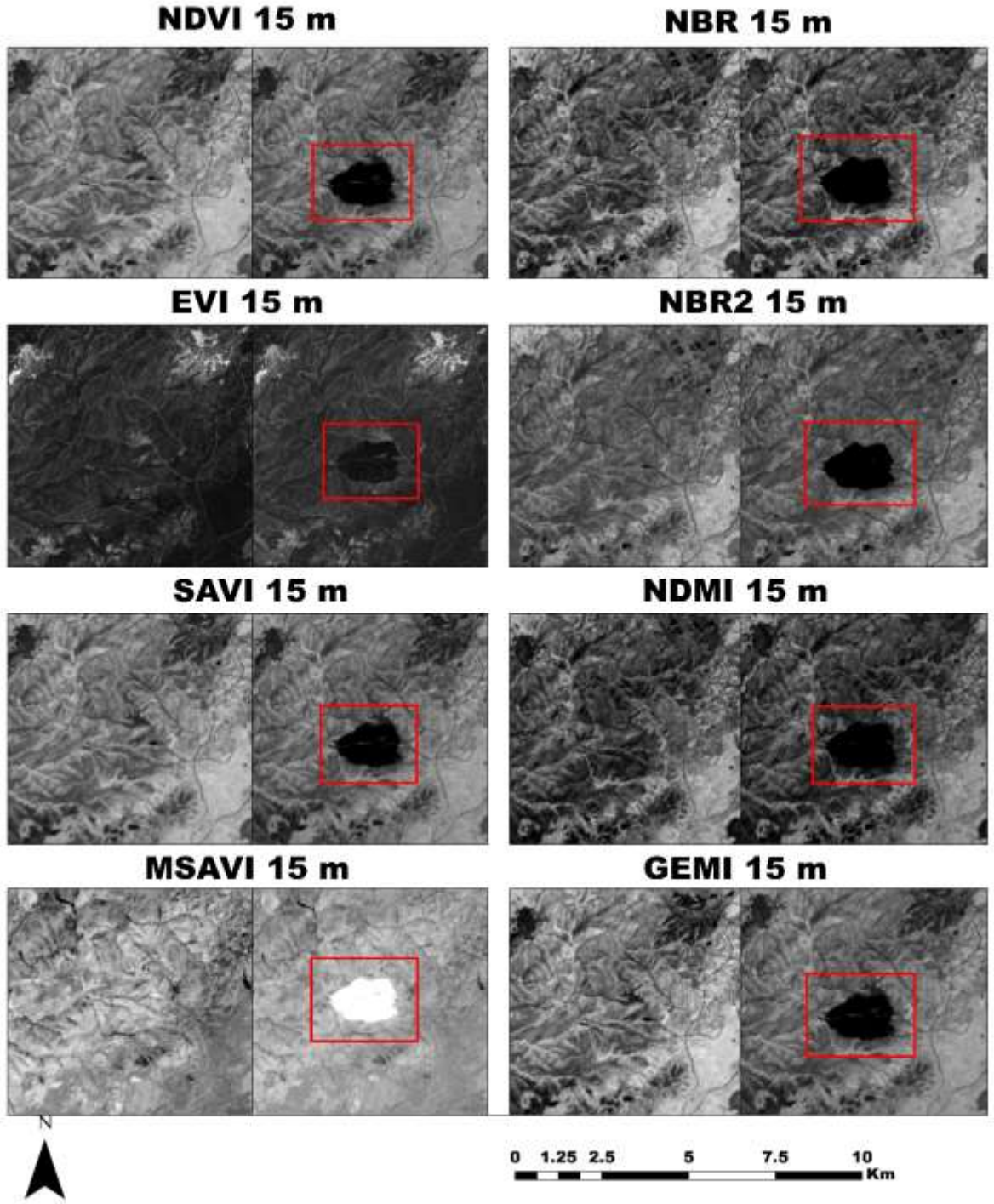
EK 3. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Zerdalilik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



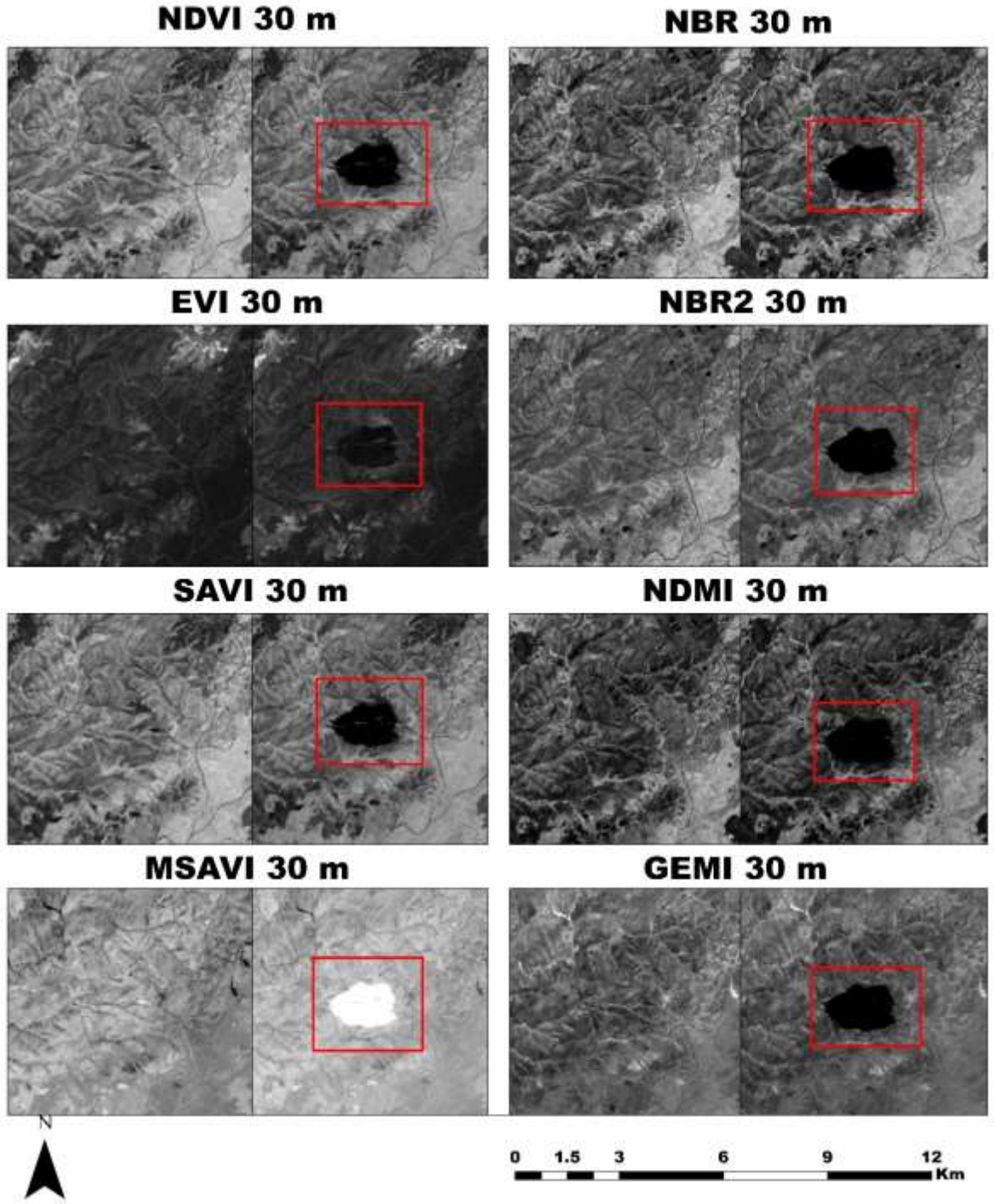
EK 4. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Zerdalilik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



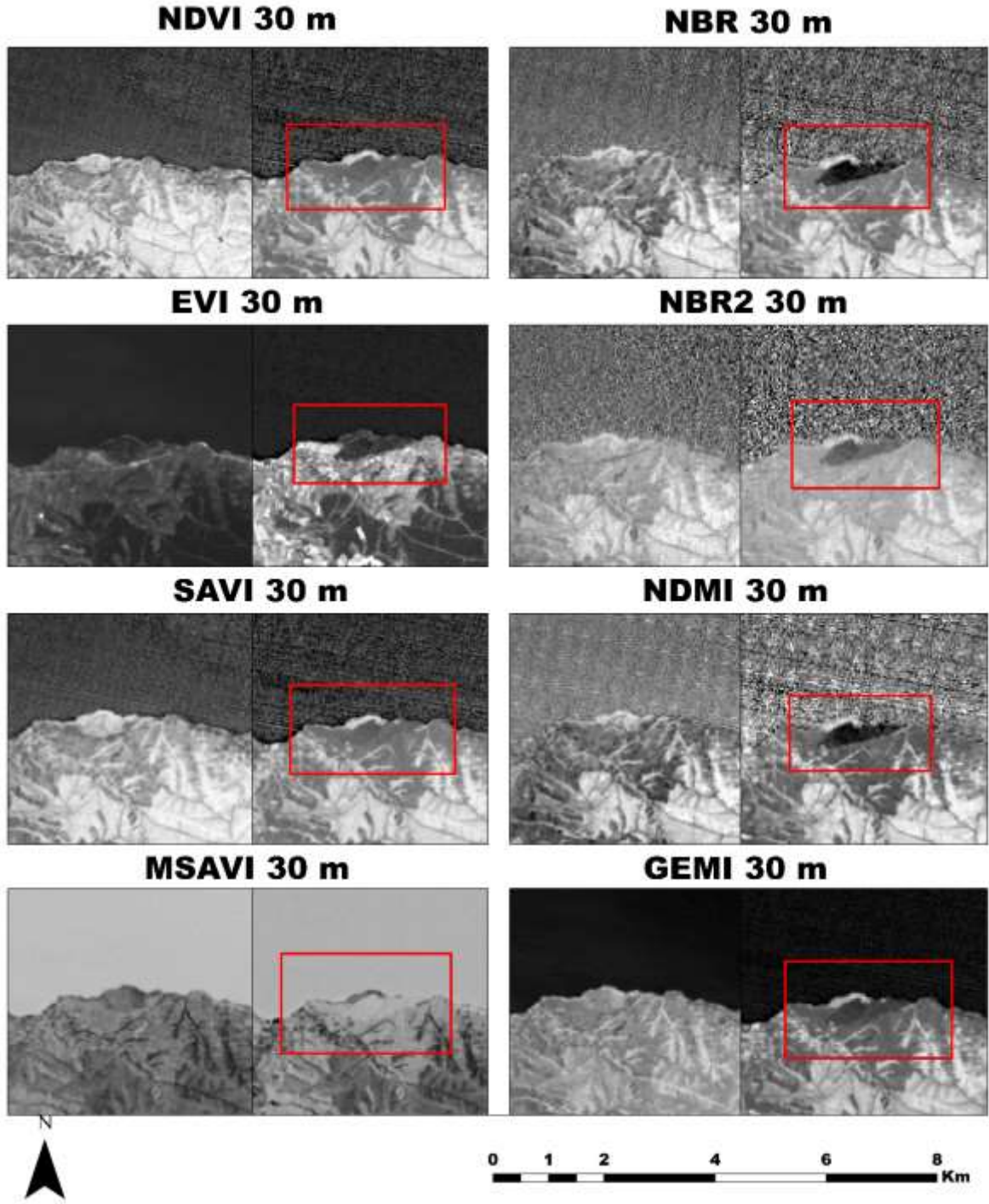
EK 5. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Çamlıca yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



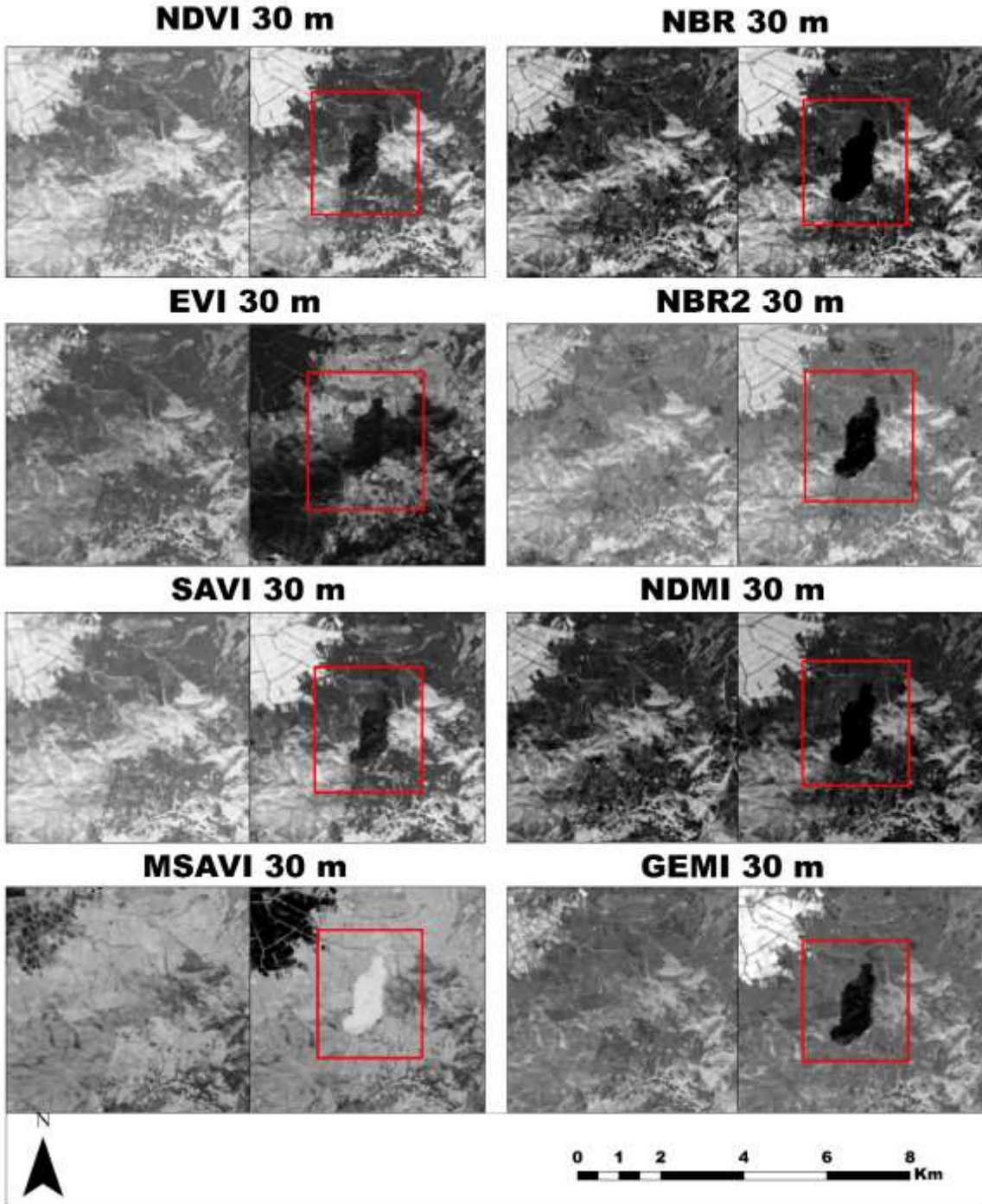
EK 6. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Çamlıca yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



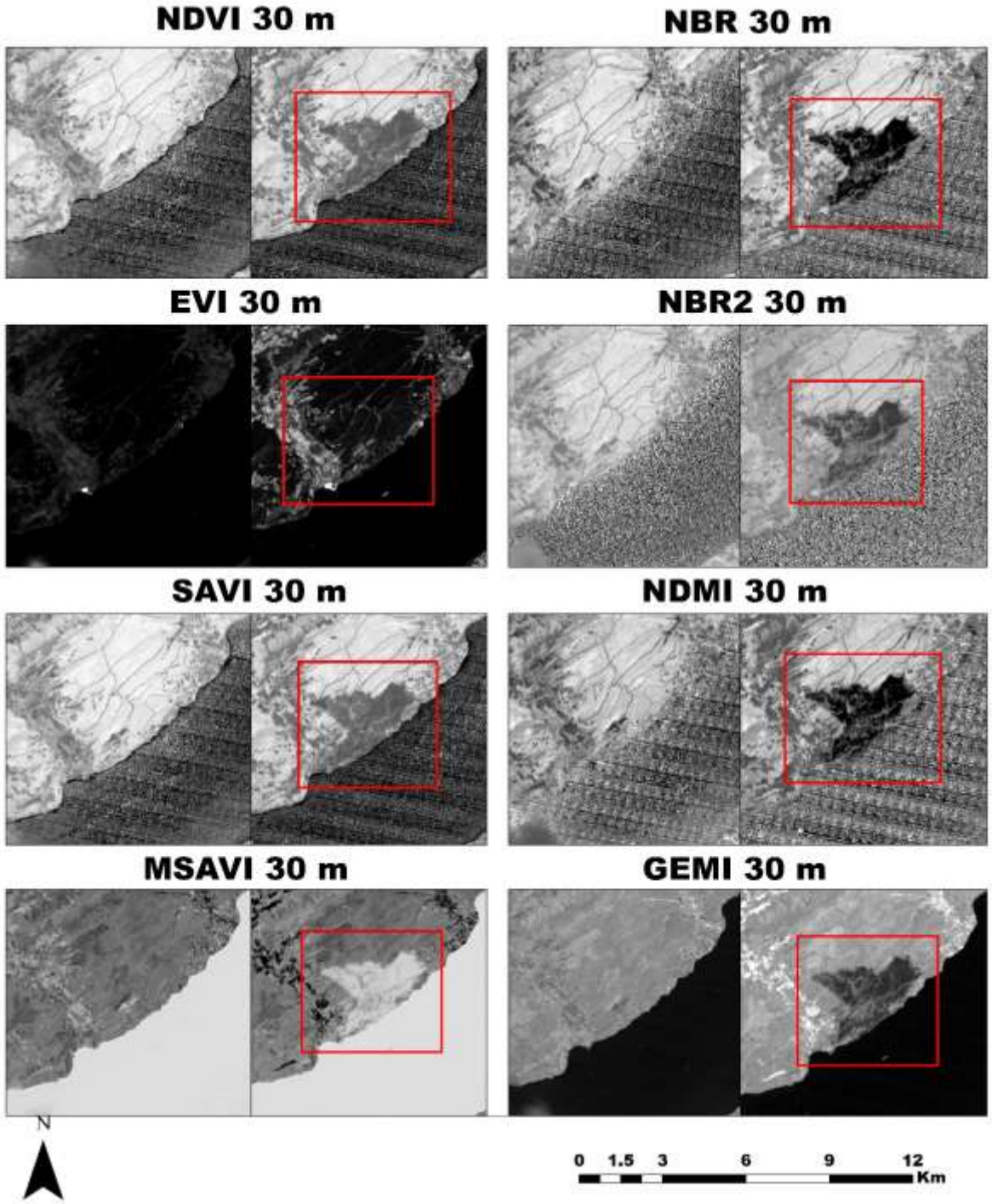
EK 7. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Alpagut yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



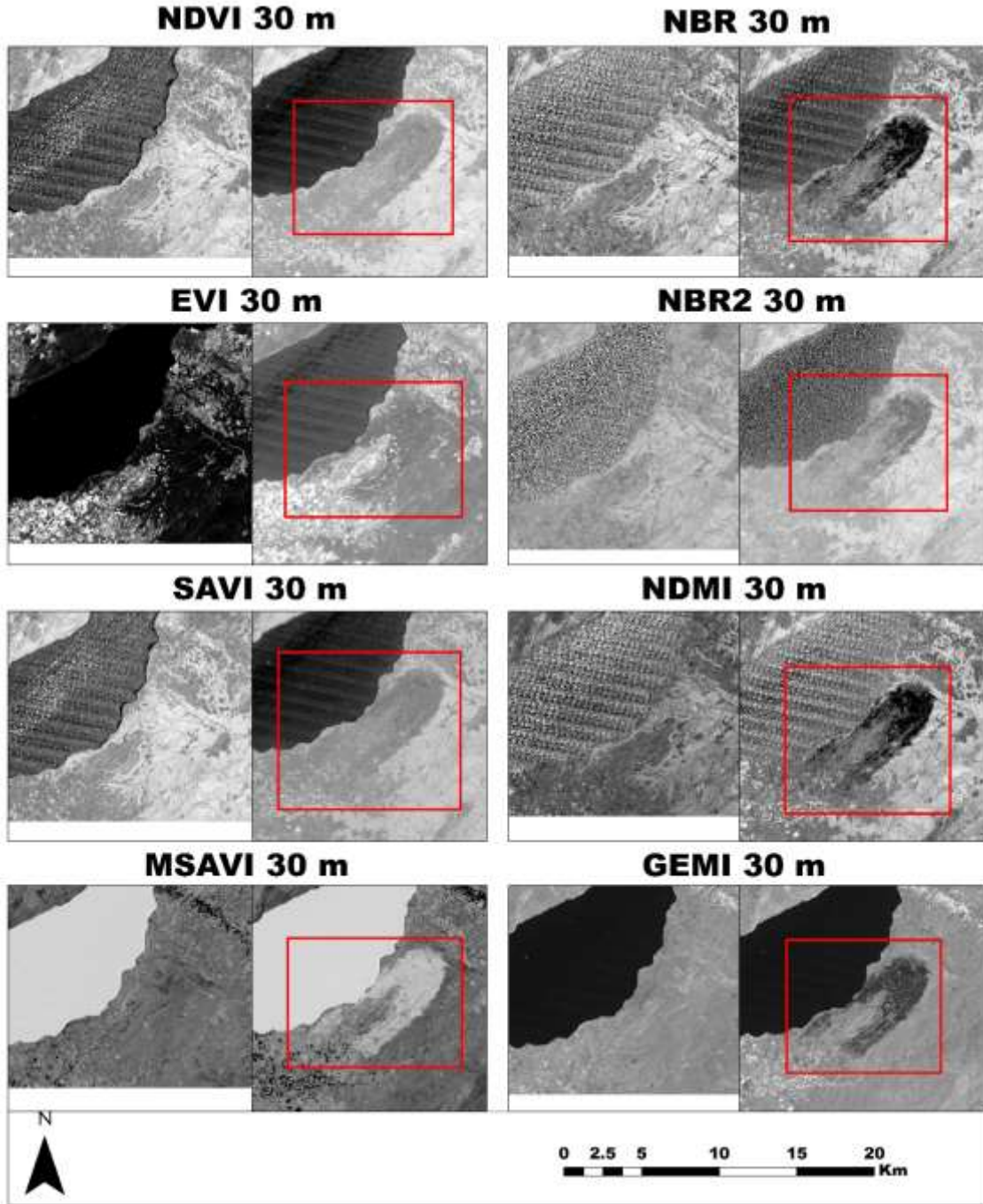
EK 8. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Gökçe yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



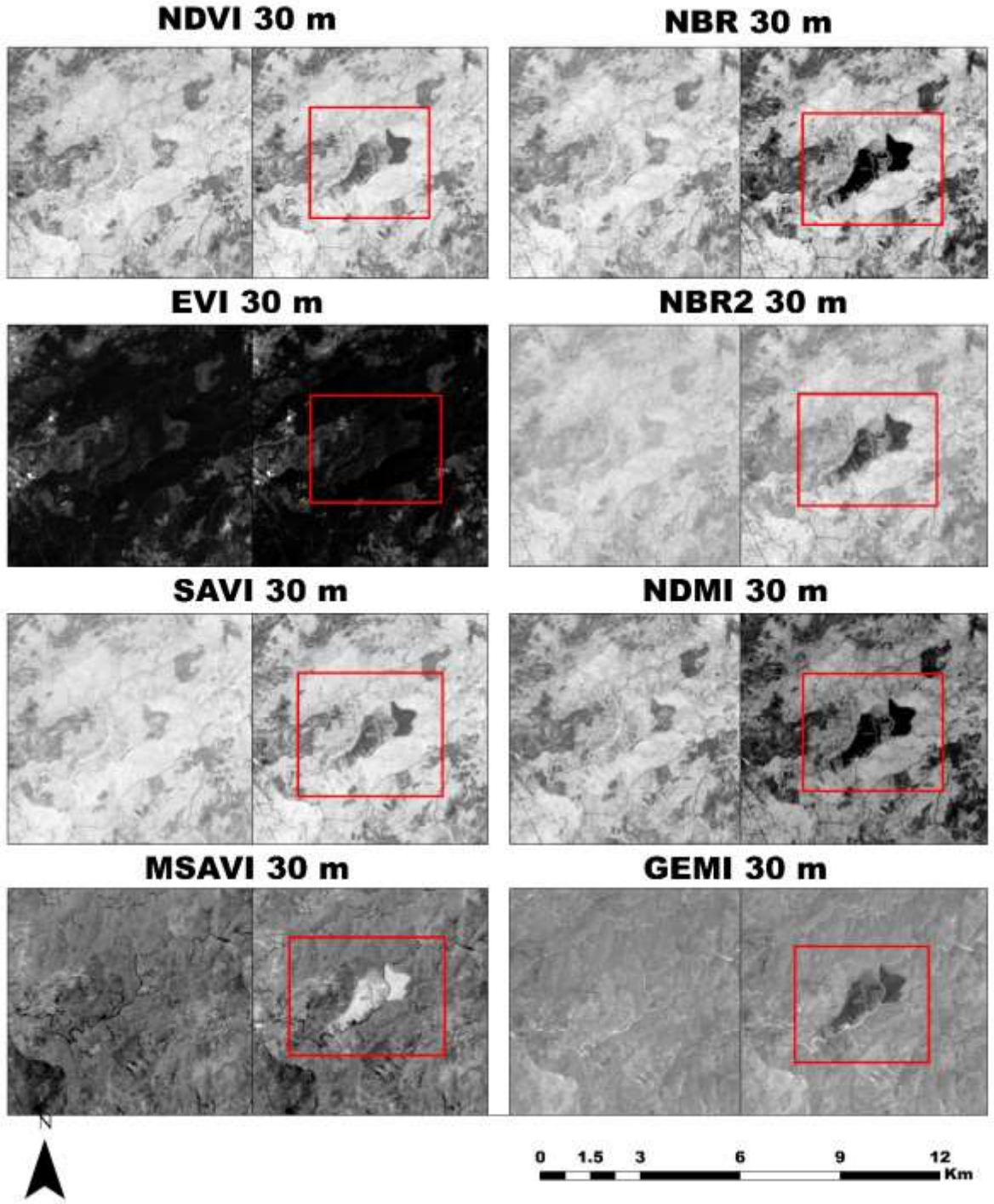
EK 9. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Yalova yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



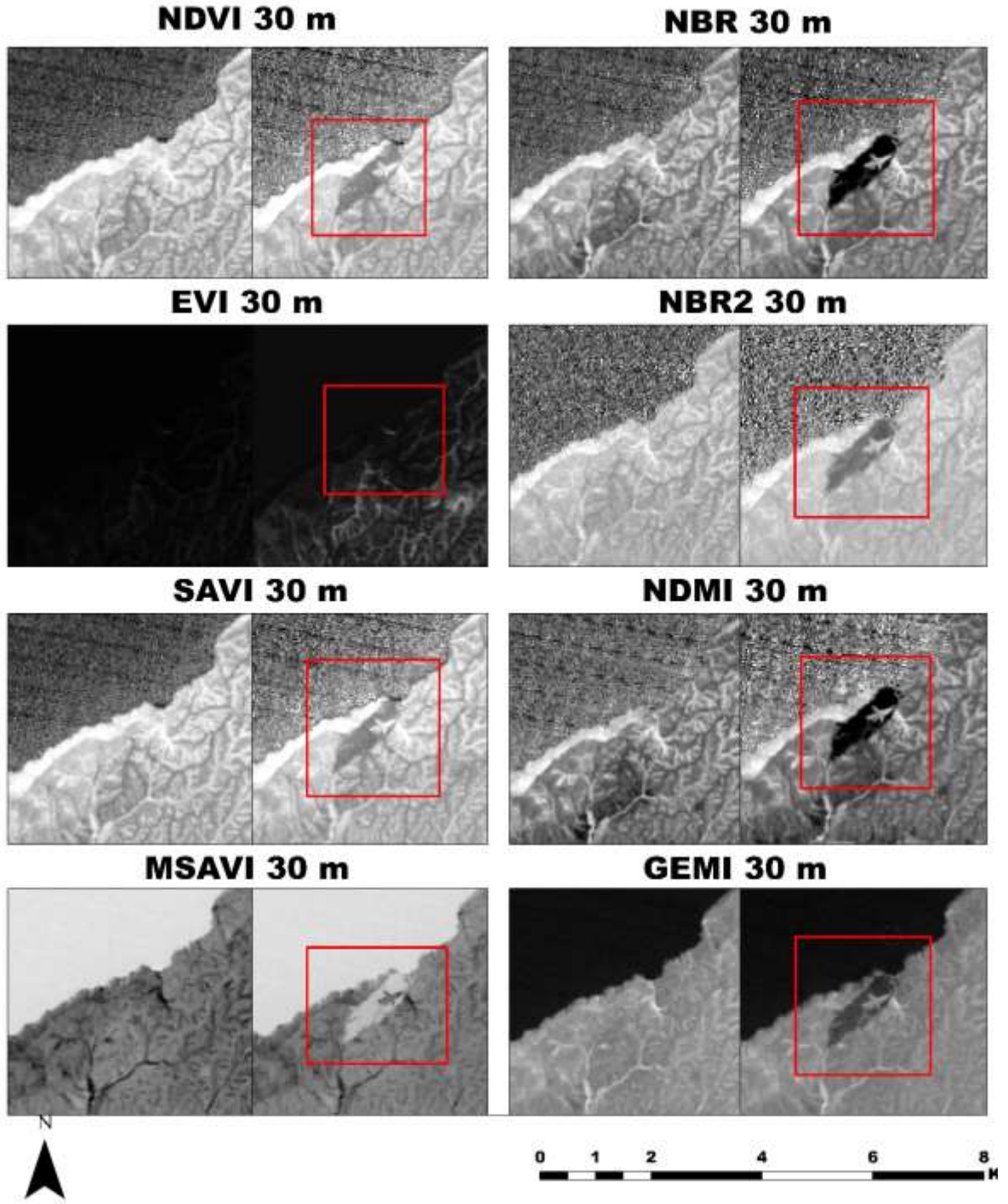
EK 10. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Çınarlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



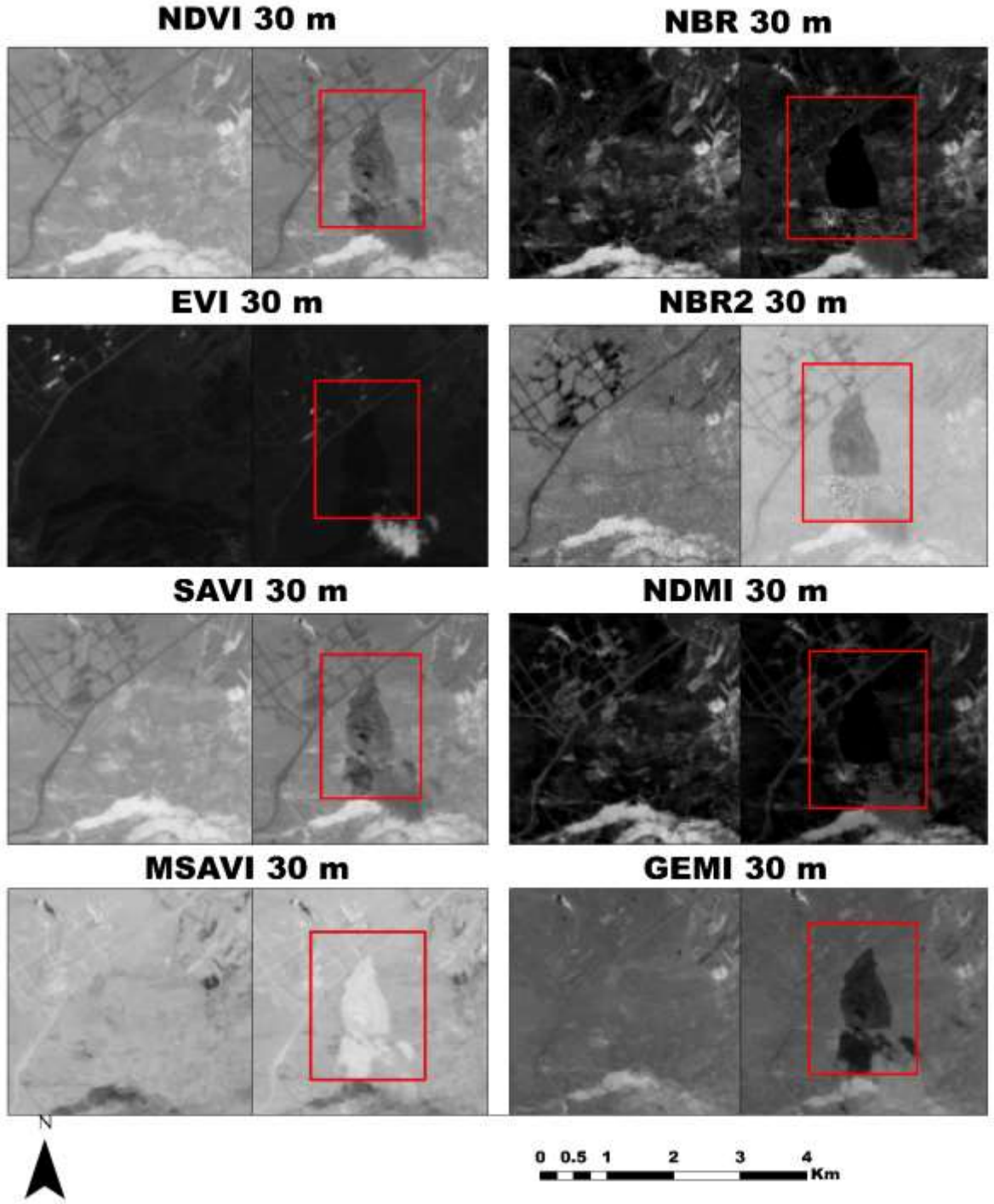
EK 11. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kırca yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



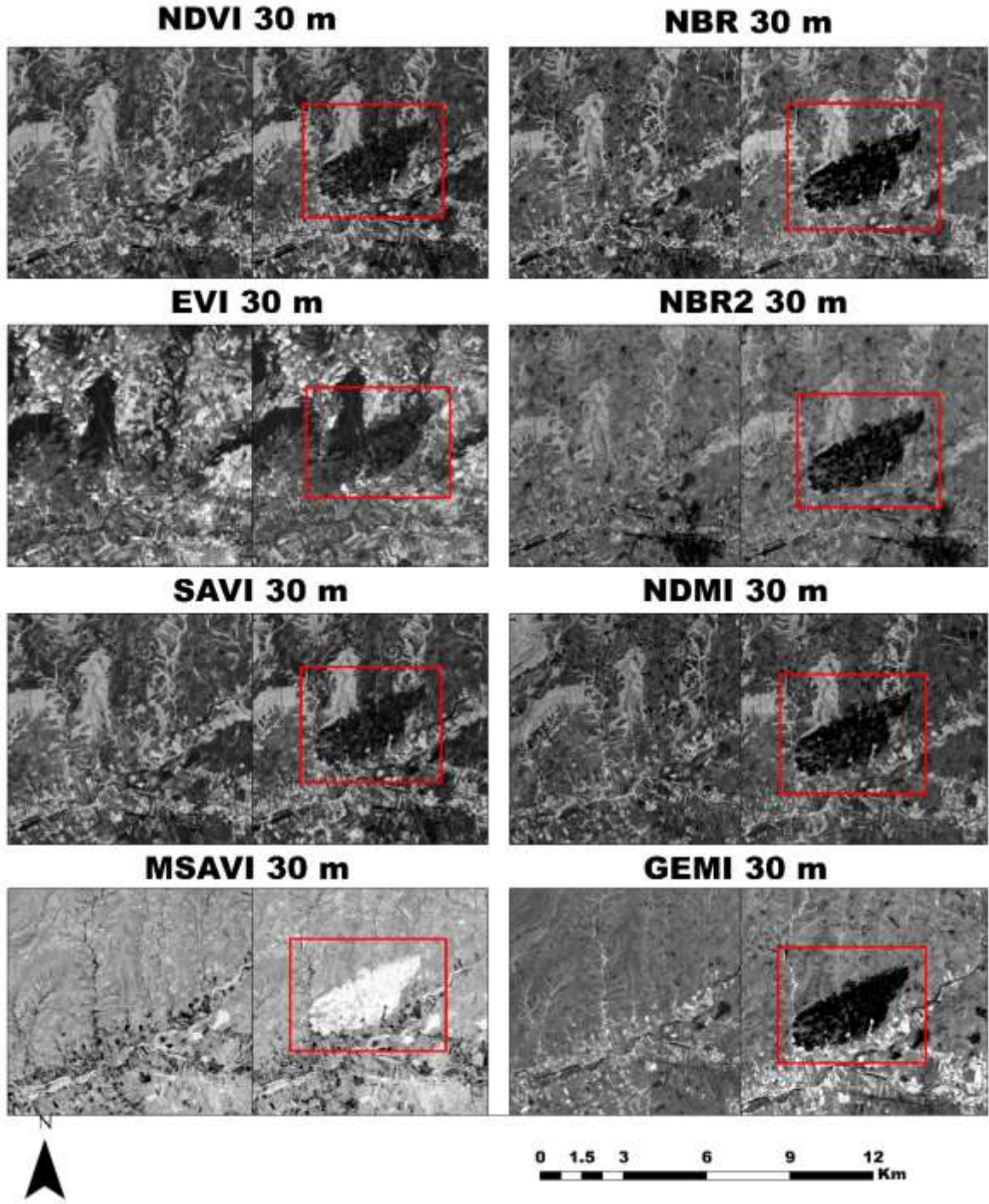
EK 12. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Karabiga yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



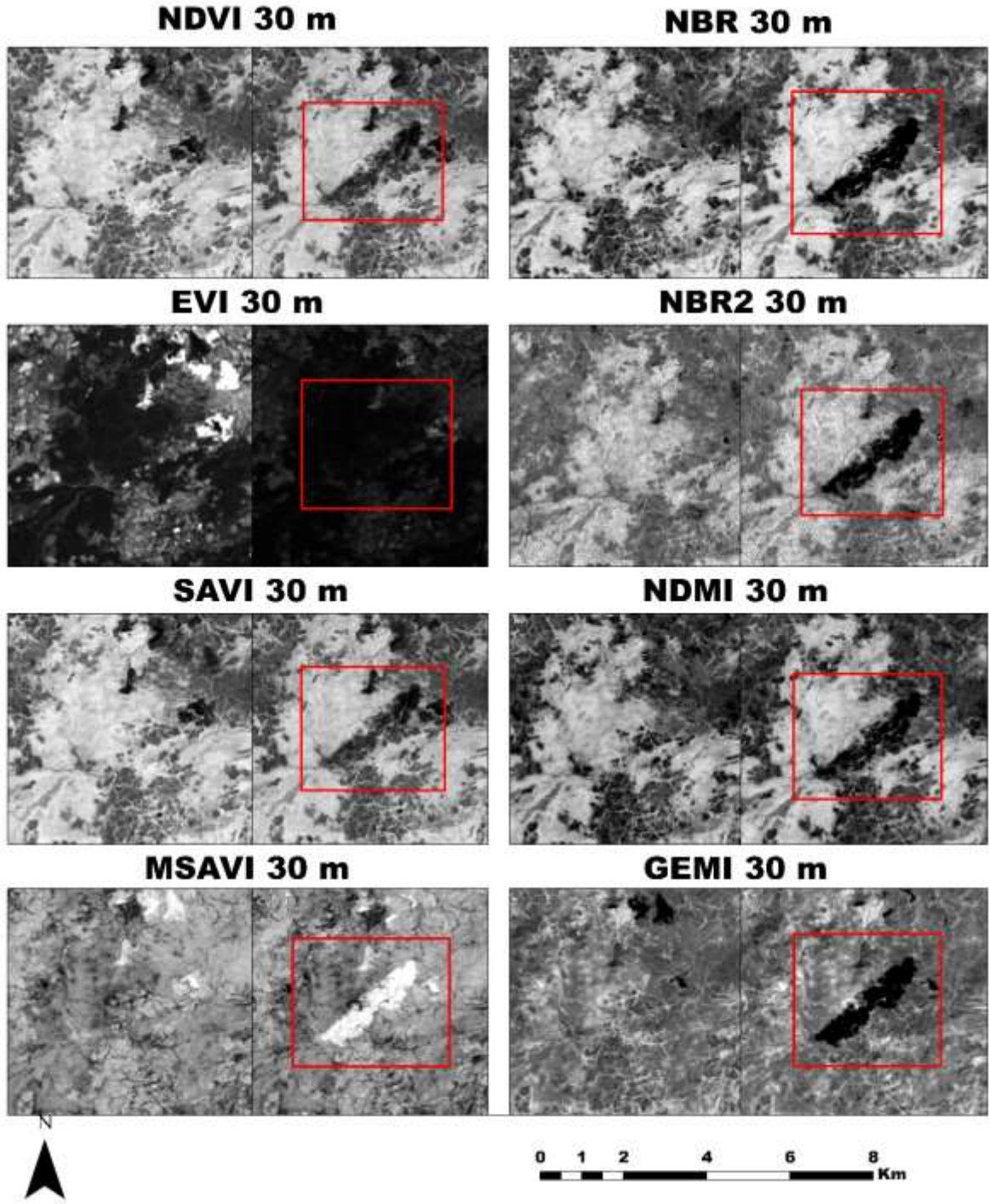
EK 13. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Taştepe yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



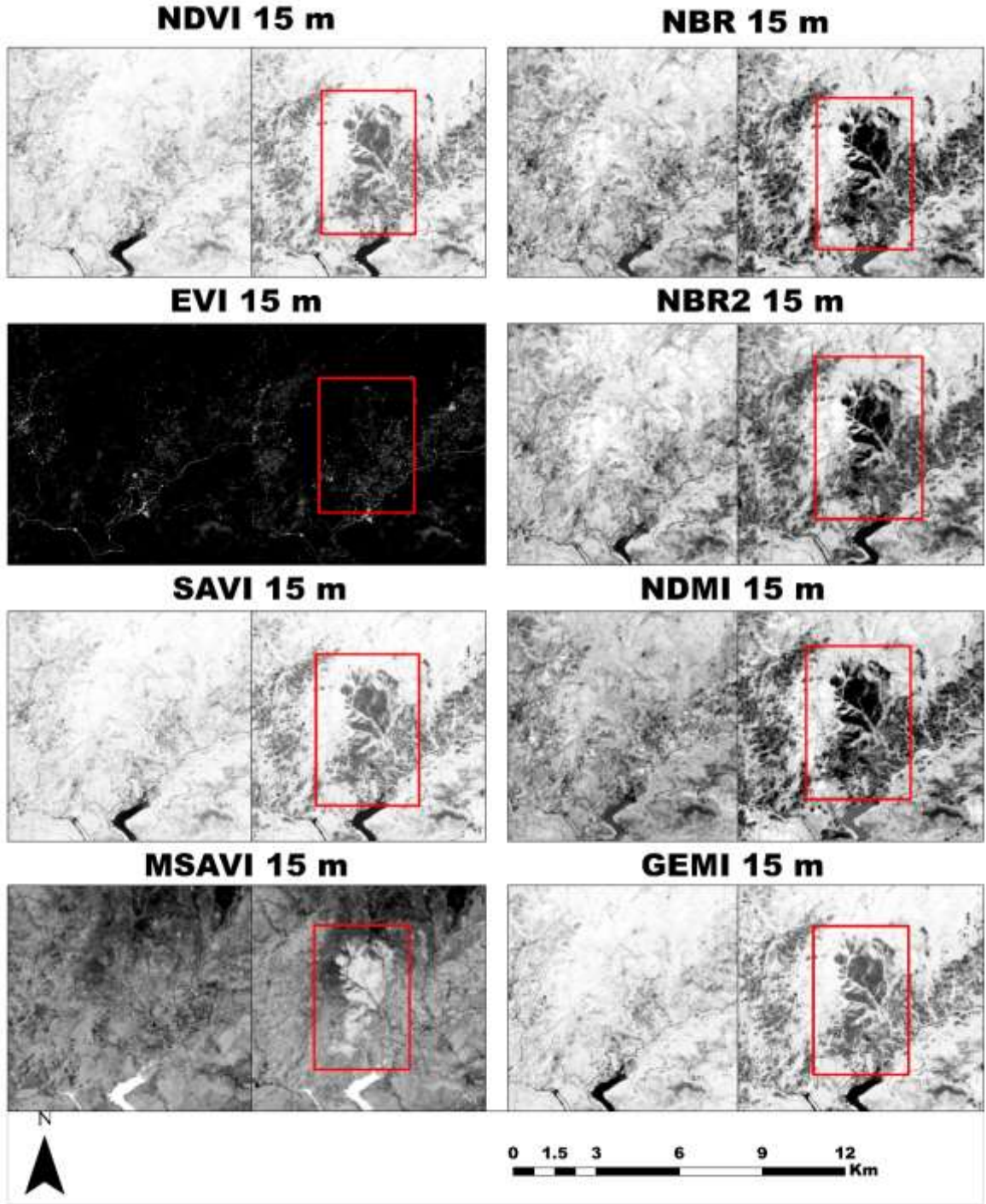
EK 14. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Yiğitler yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



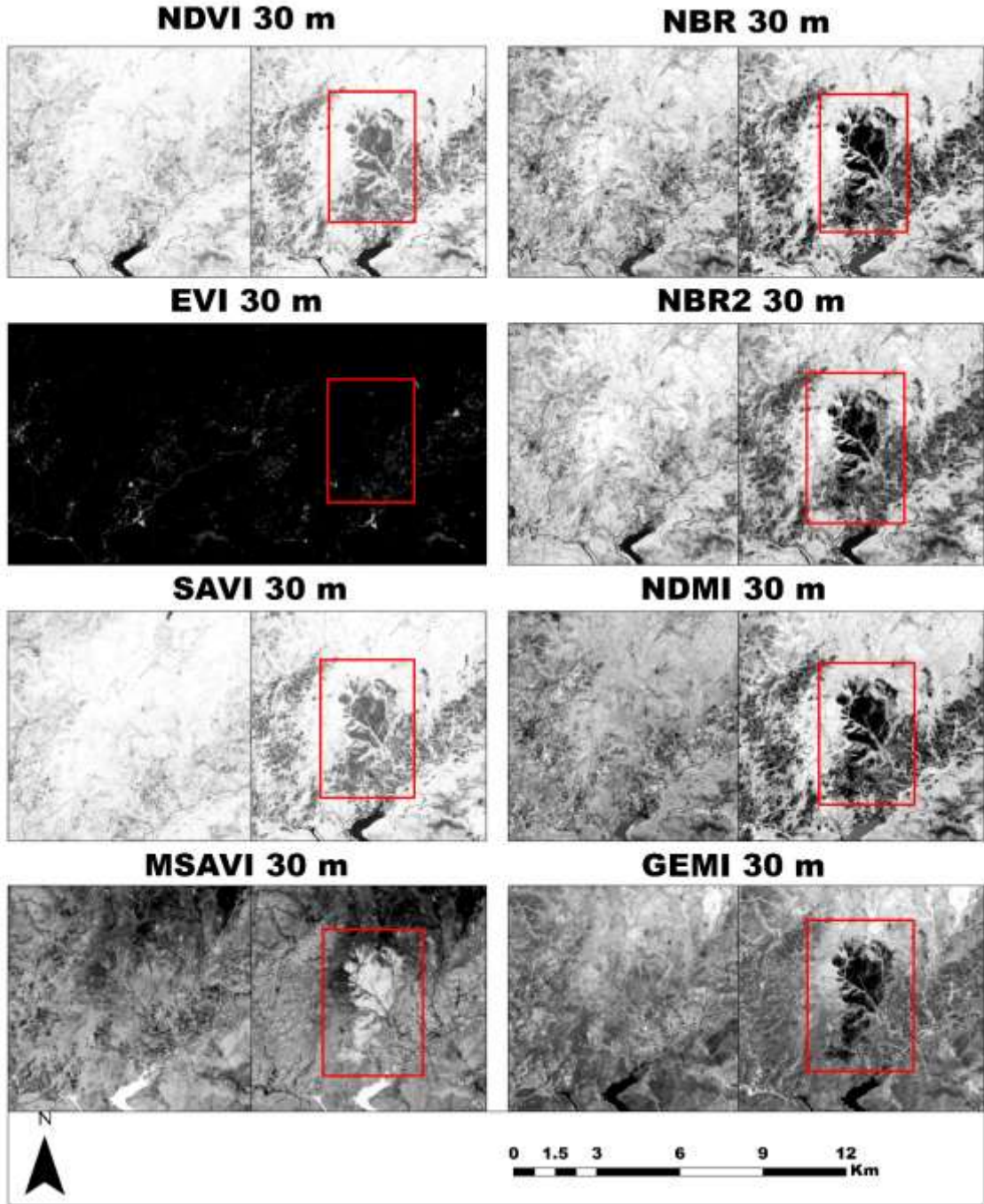
EK 15. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Keçiâğlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



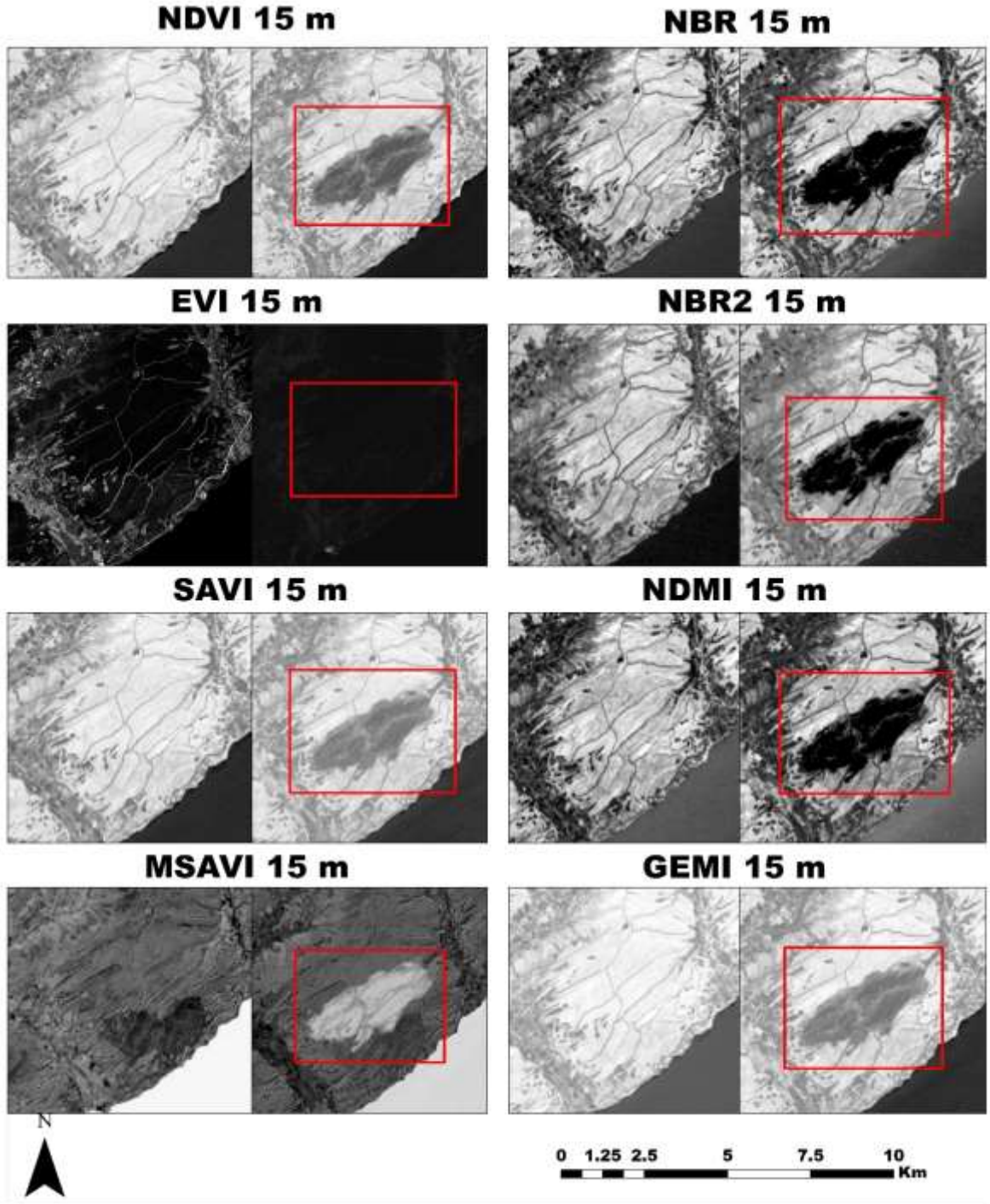
EK 16. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Karasuçam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



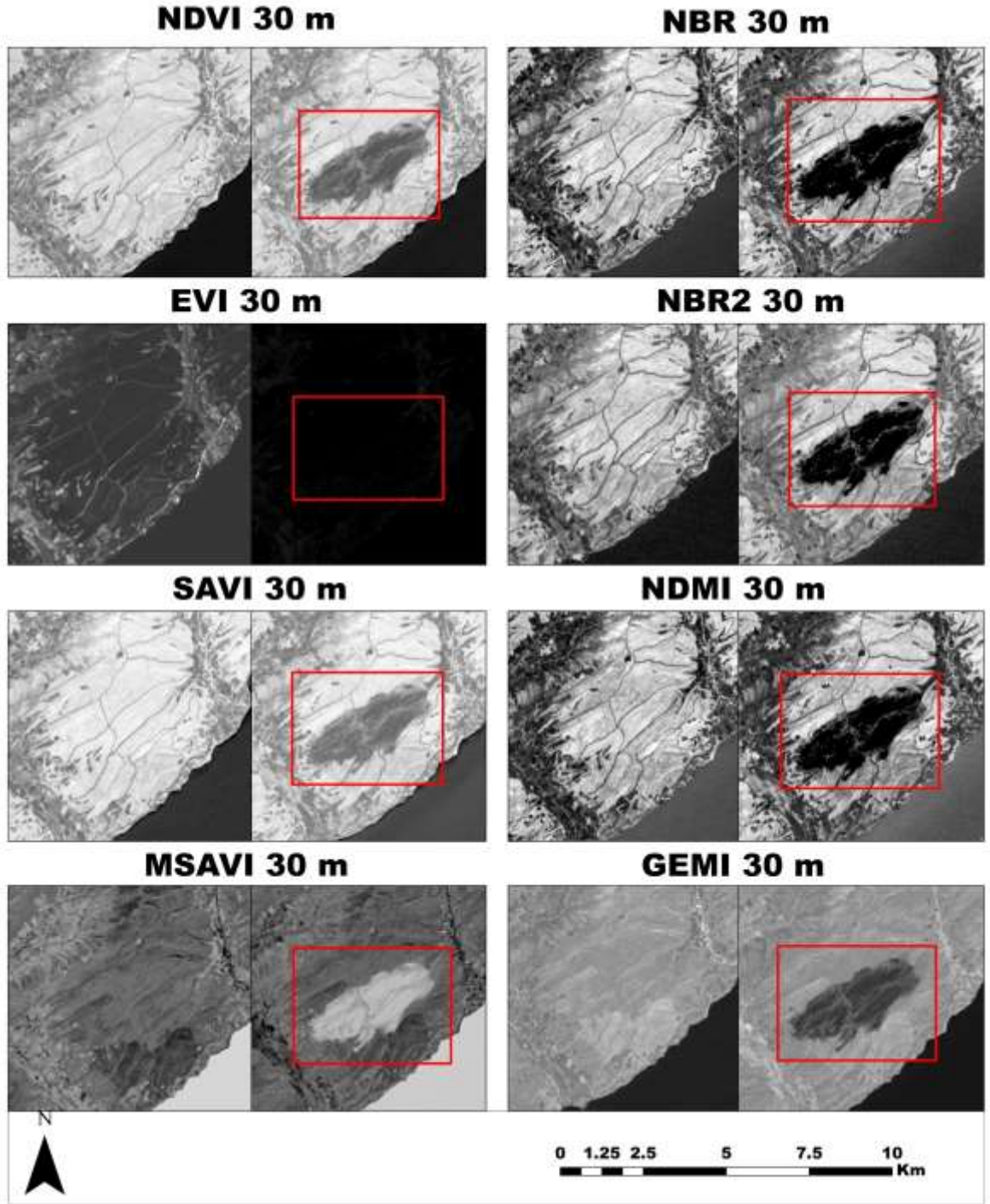
EK 17. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Karasuçam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



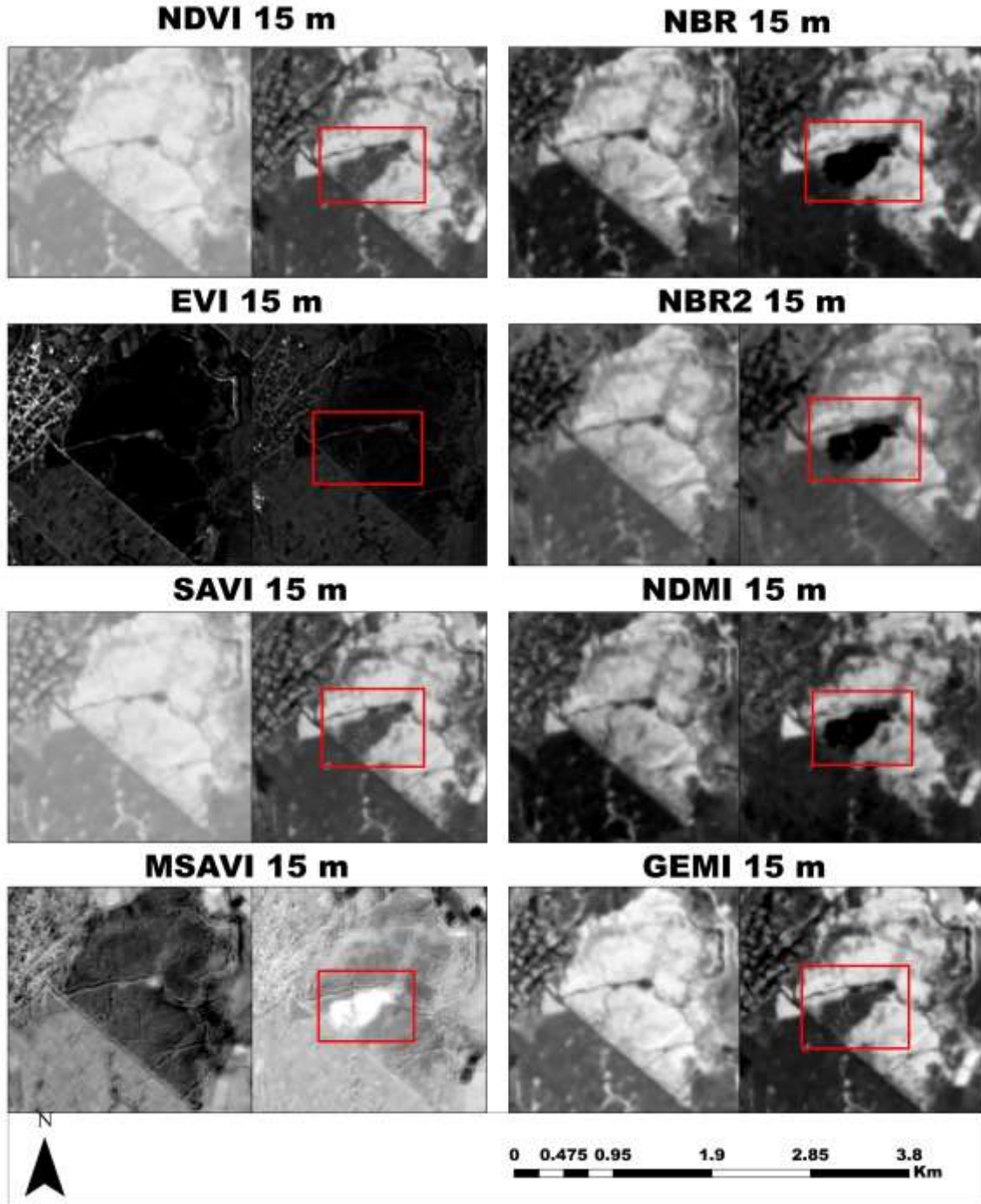
EK 18. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Ilgardere yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



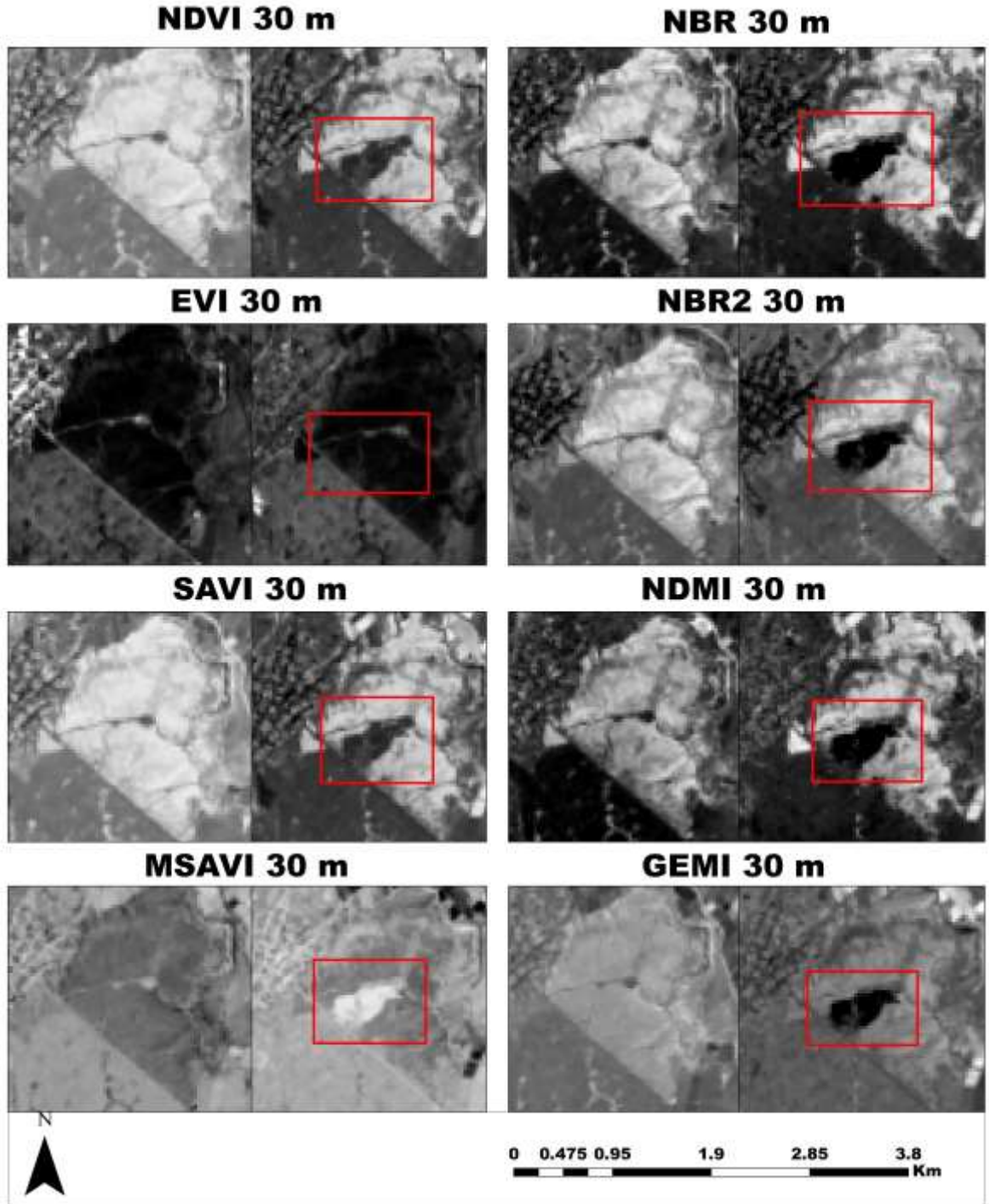
EK 19. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Ilgardere yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



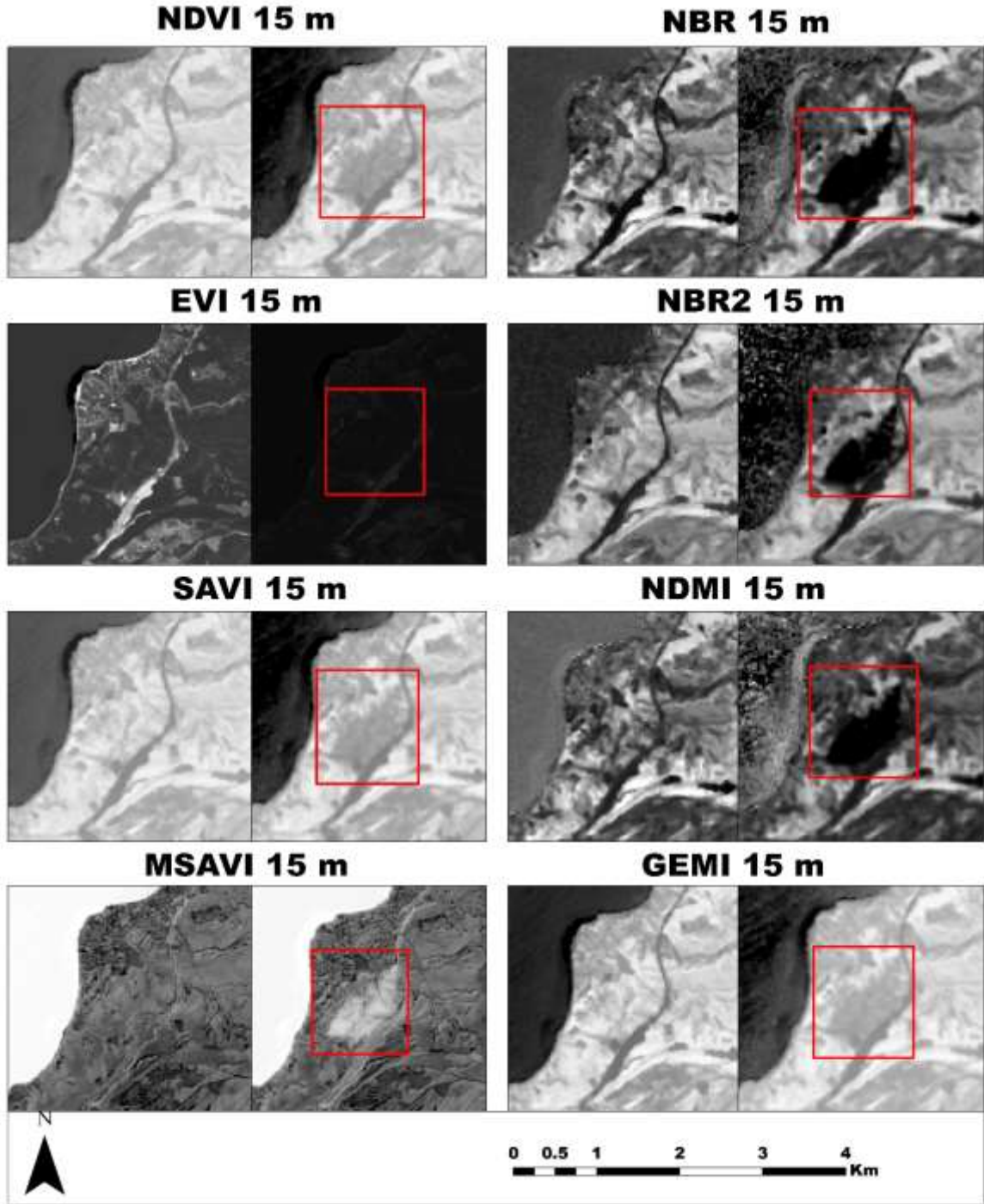
EK 20. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Yeniçiftlik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



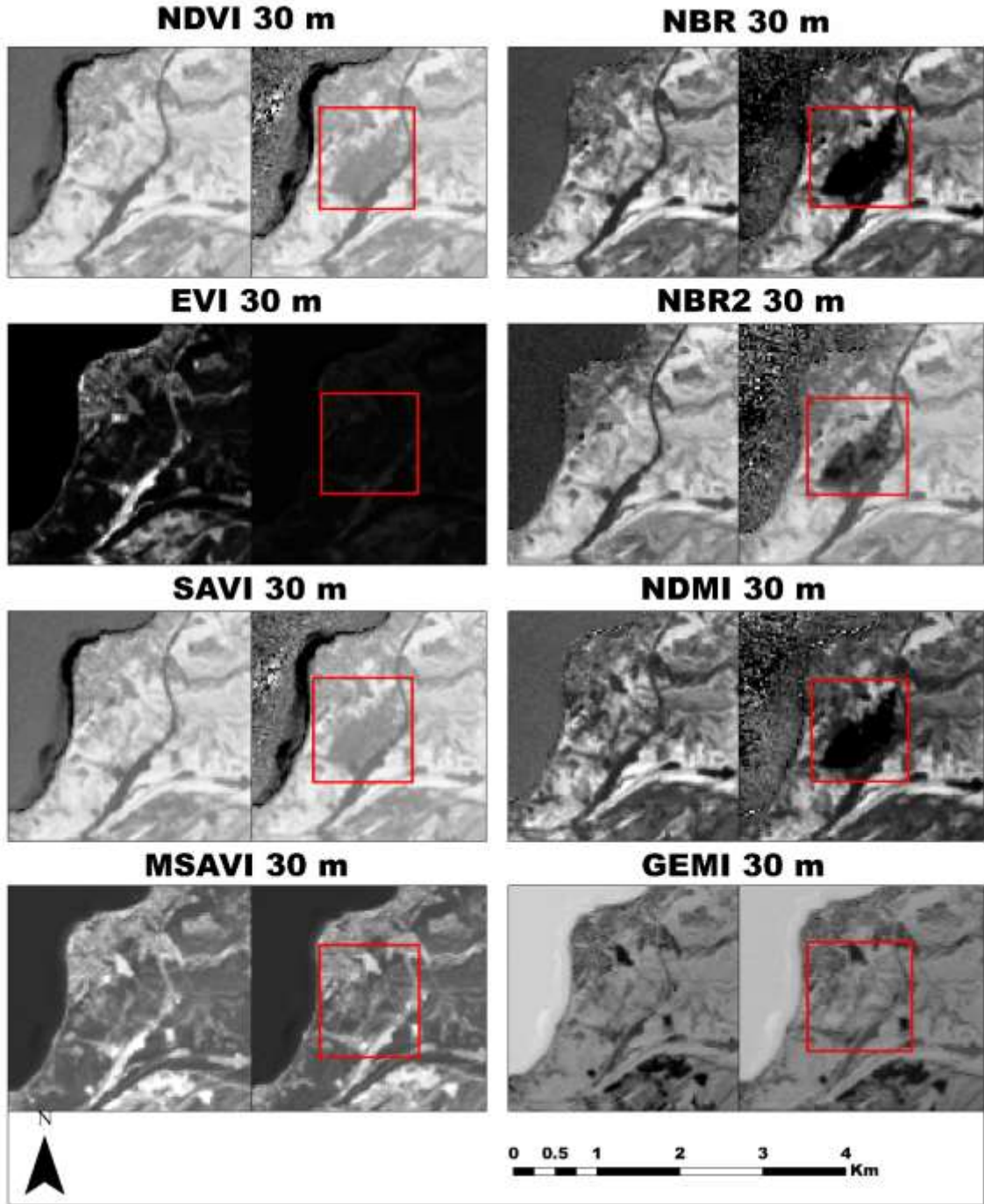
EK 21. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Yeniçiftlik yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



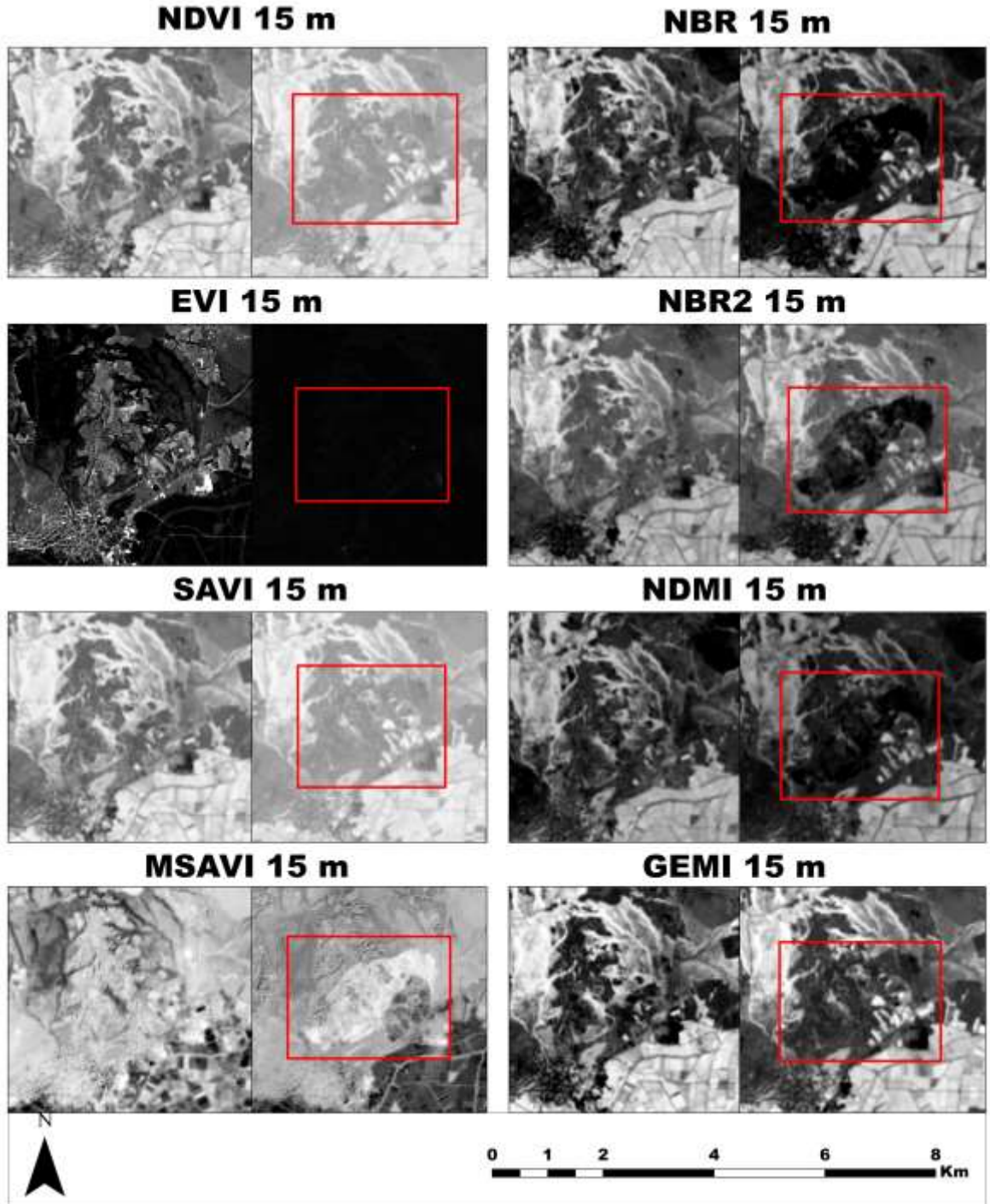
EK 22. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Güzelyalı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



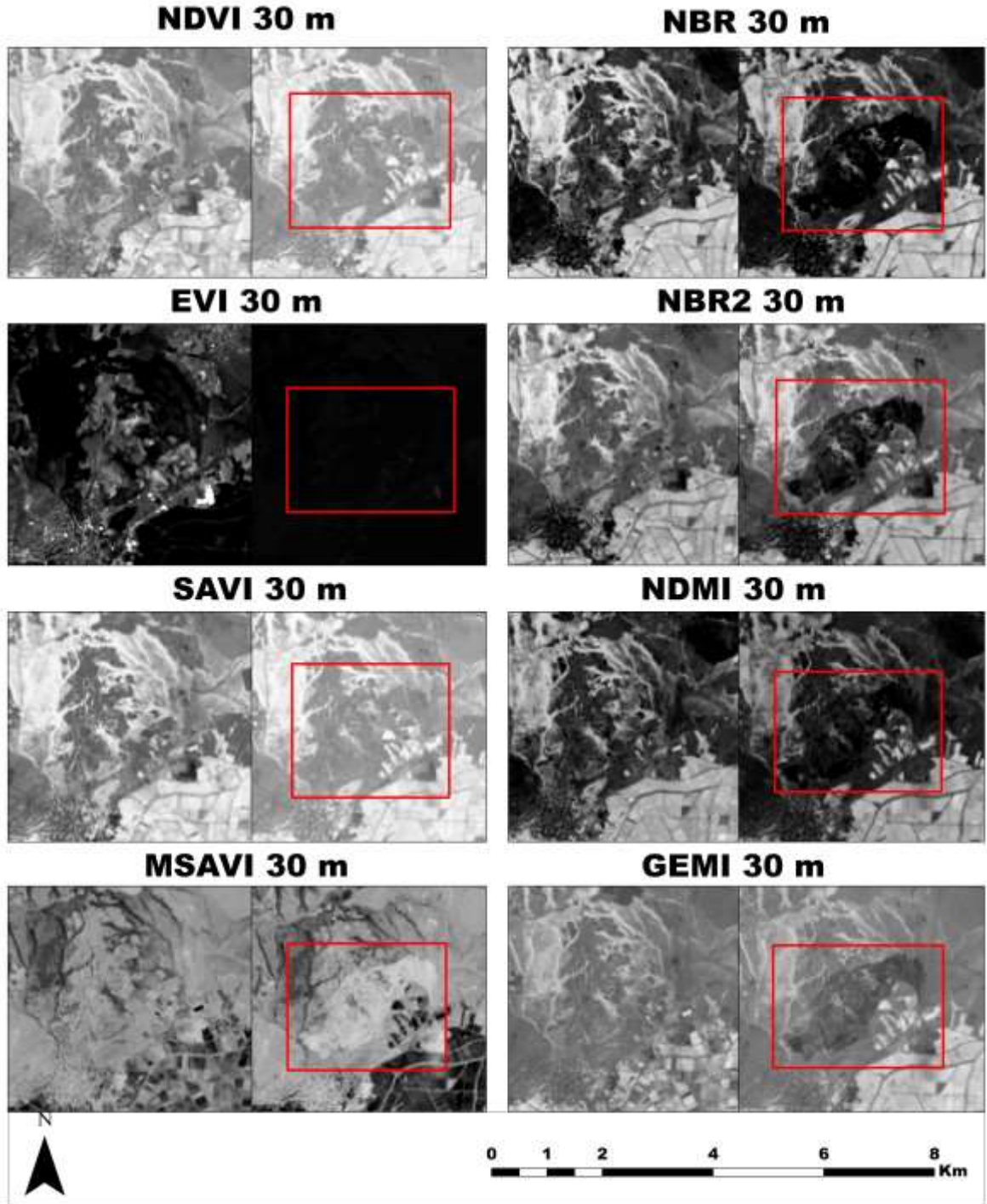
EK 23. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Güzelyalı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



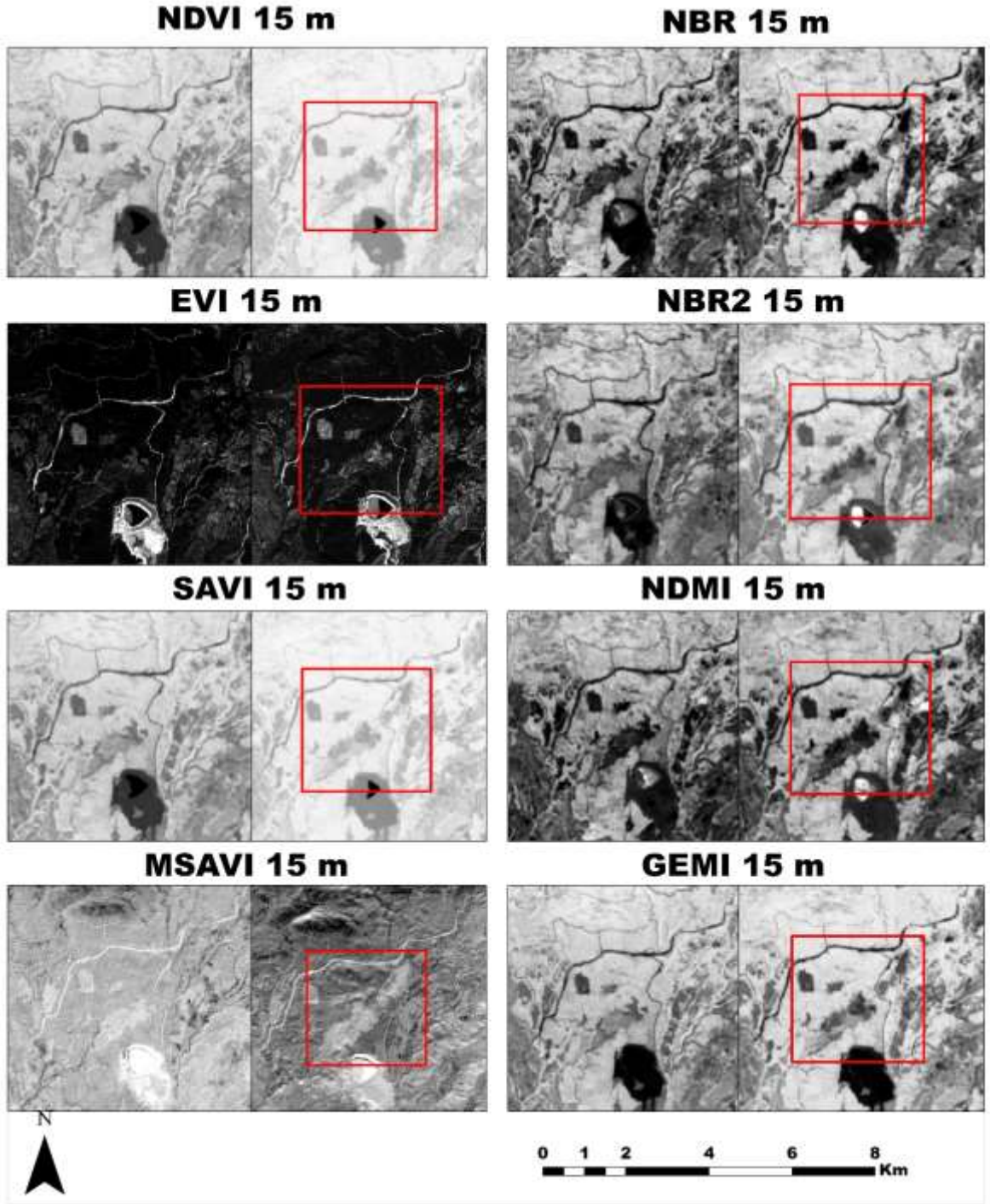
EK 24. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Sarıköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



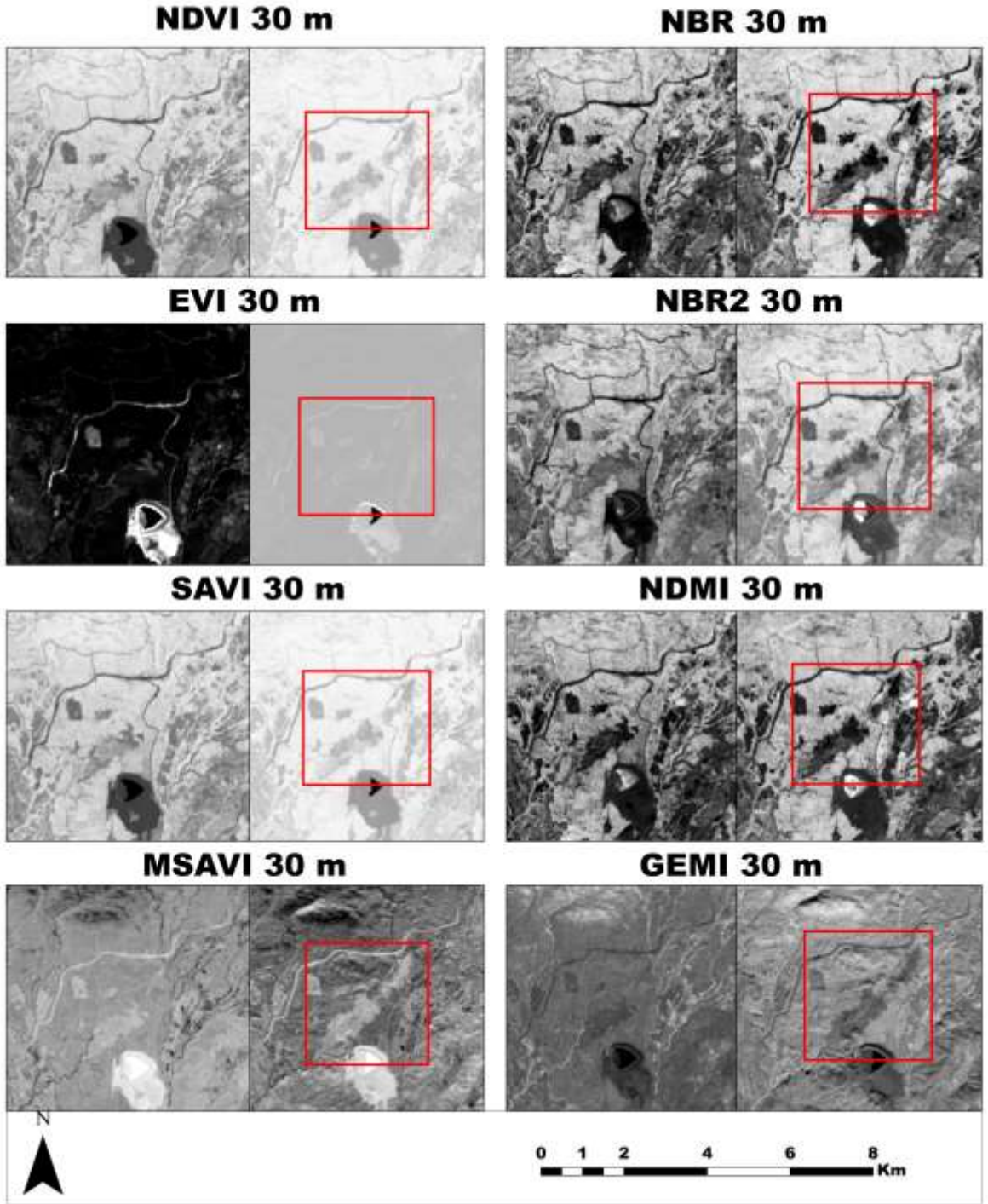
EK 25. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Sarıköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



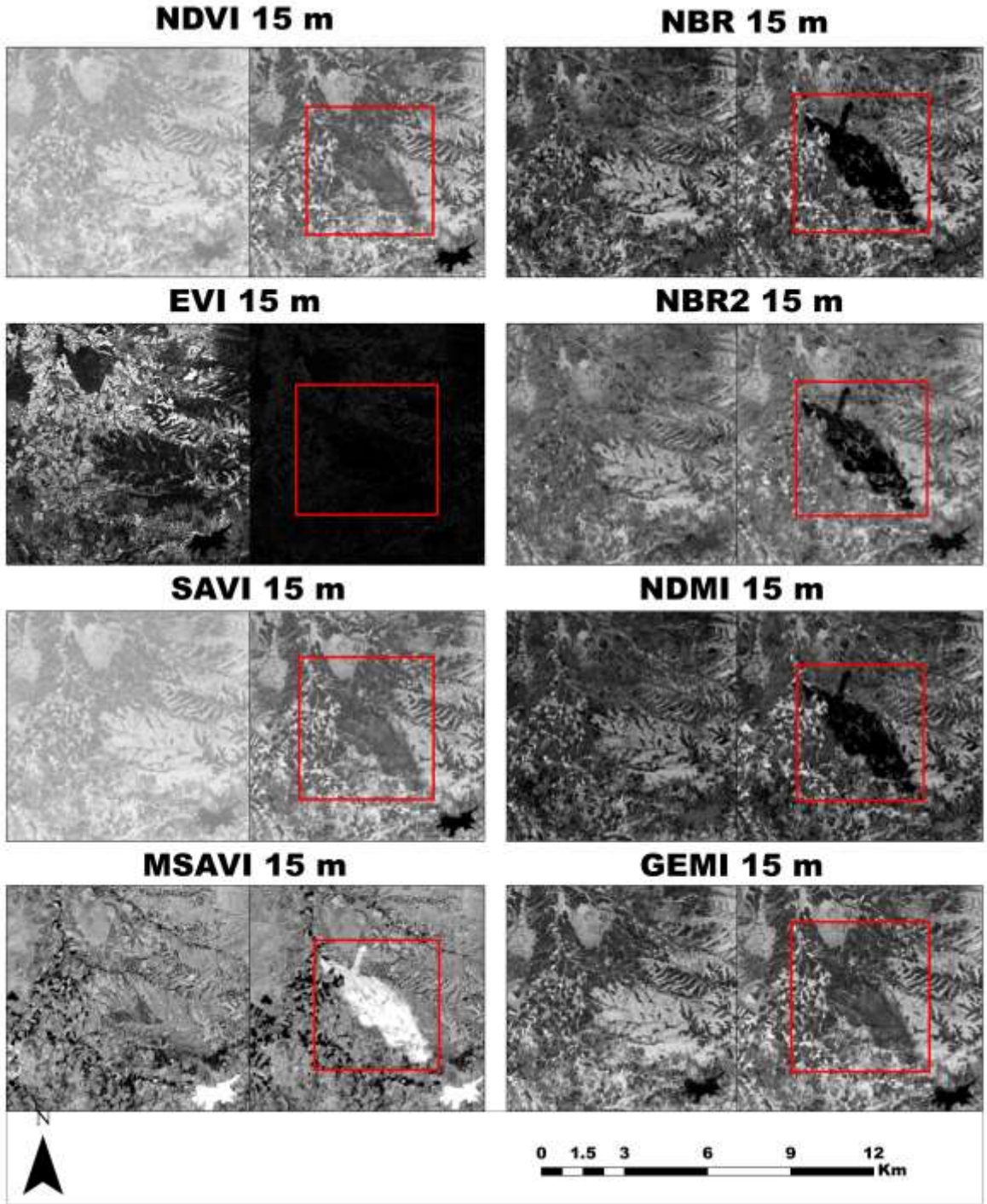
EK 26. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kazdağı Talim Alanı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



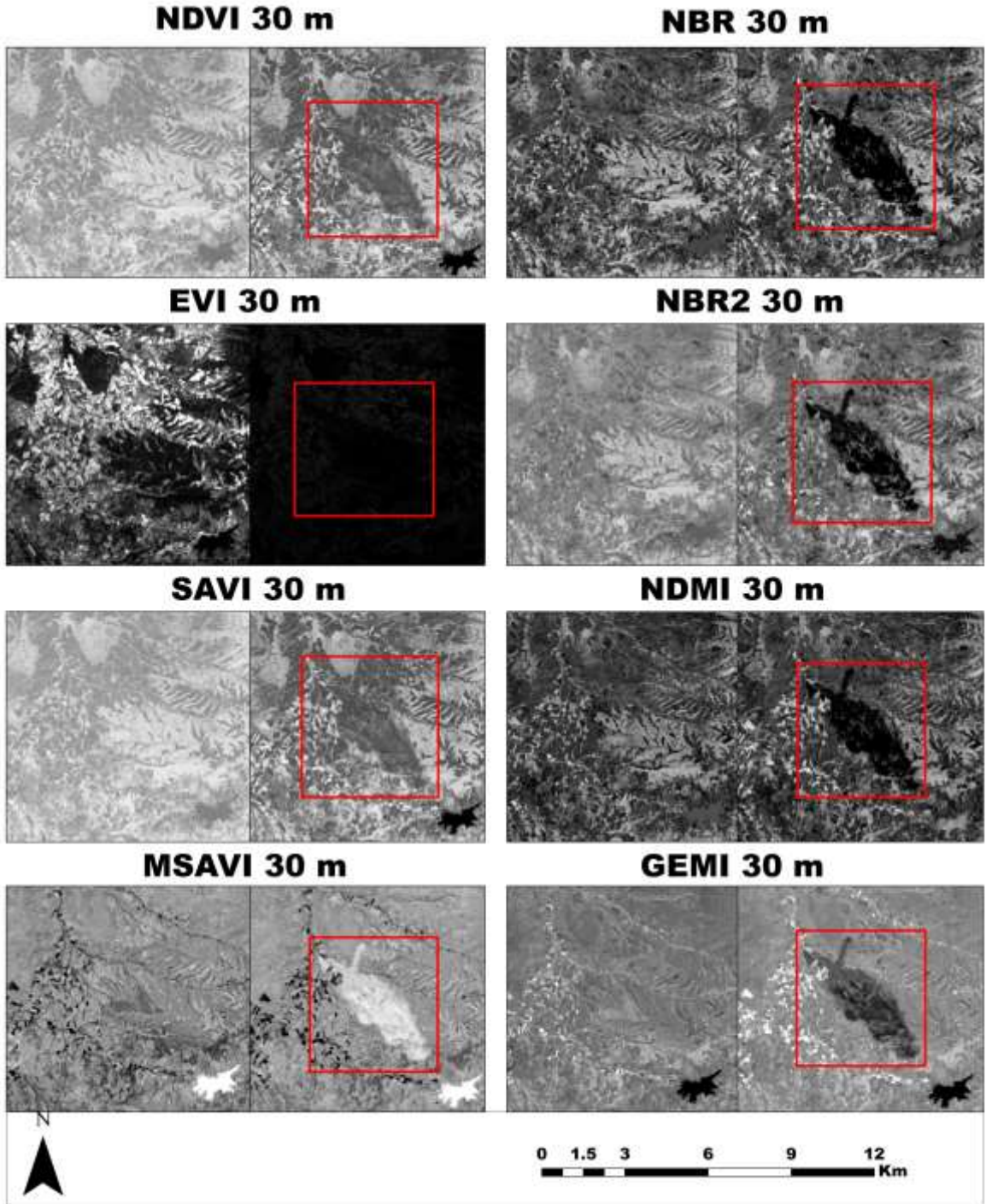
EK 27. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kazdağı Talim Alanı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



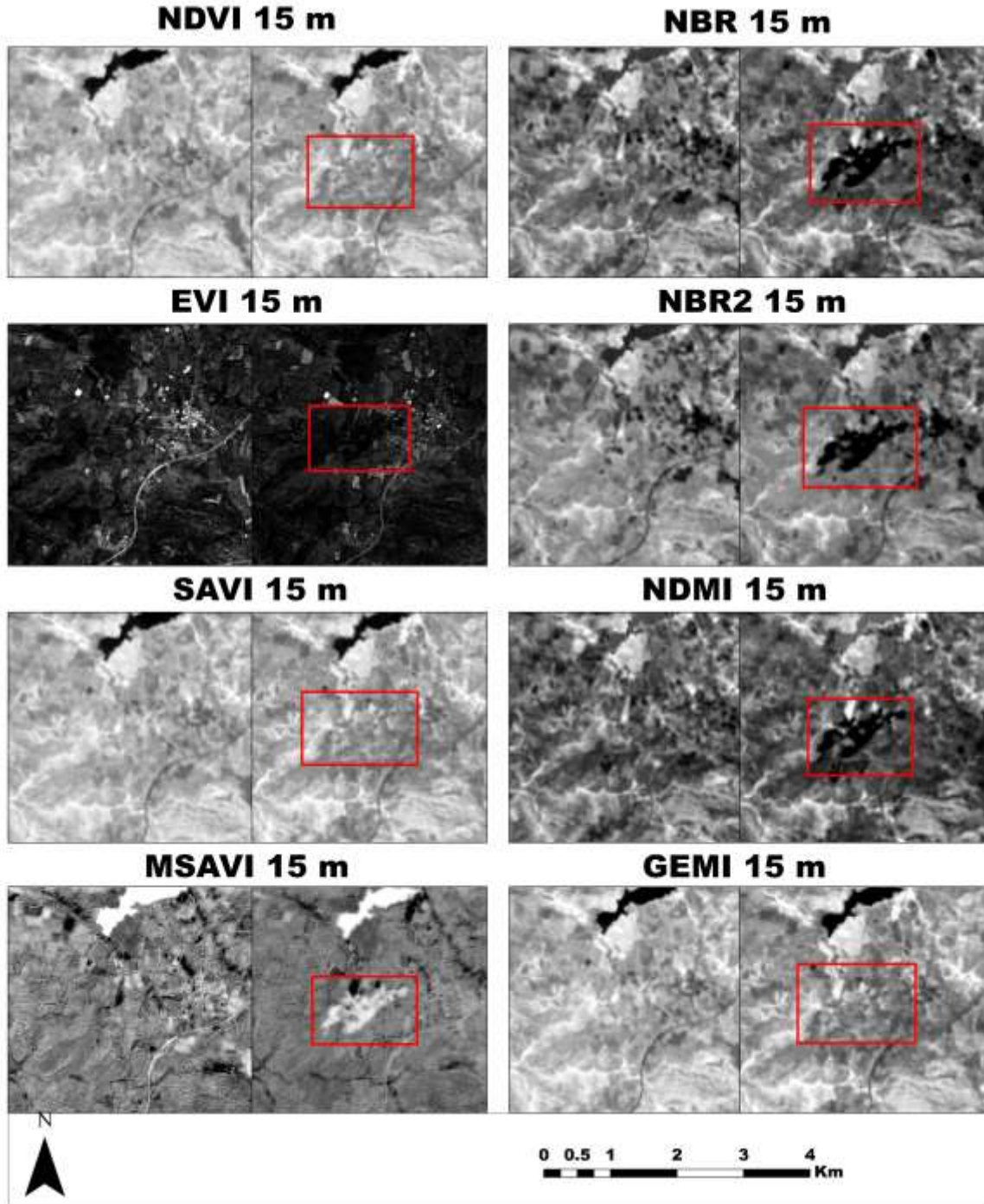
EK 28. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Misvak yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



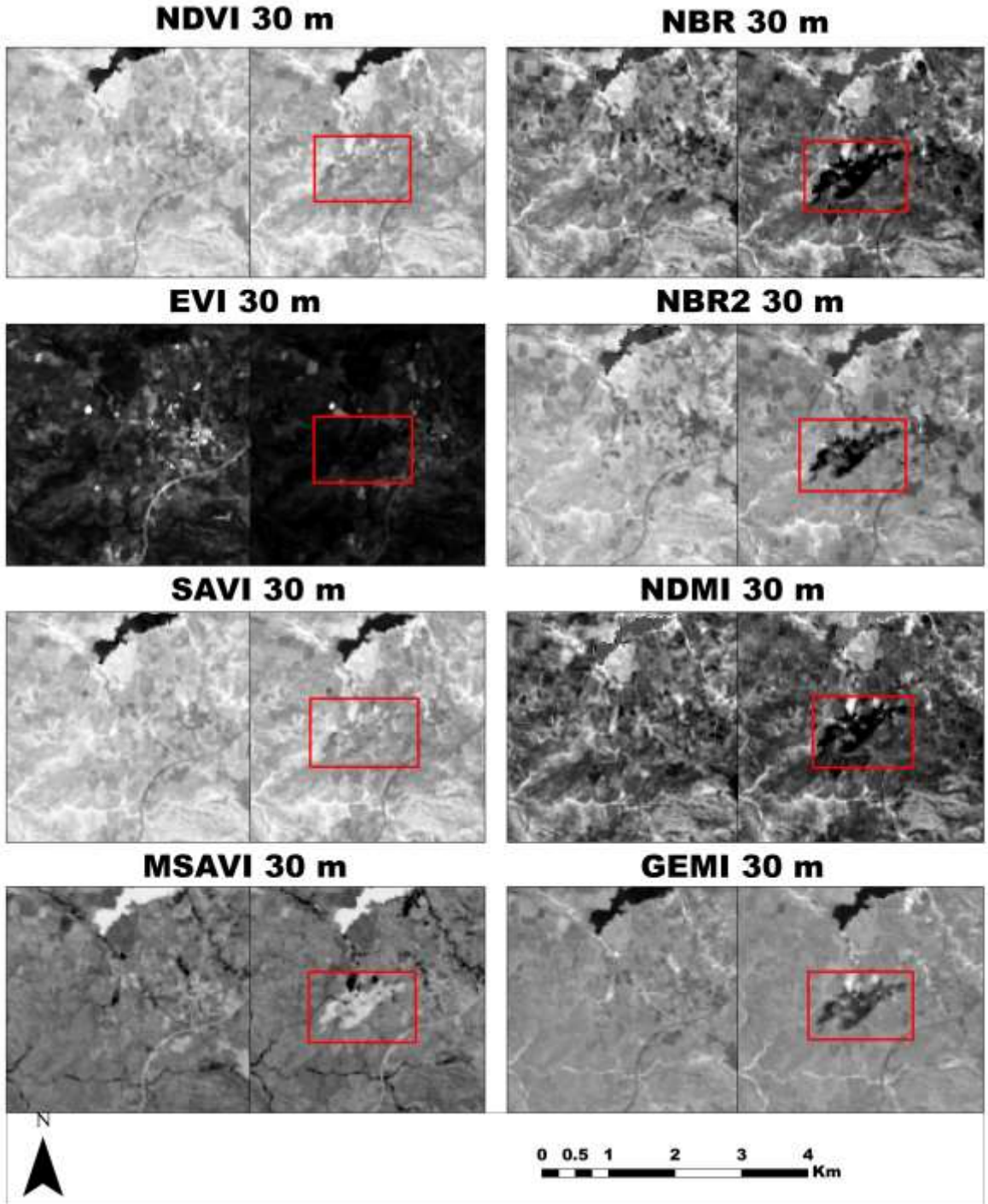
EK 29. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Misvak yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



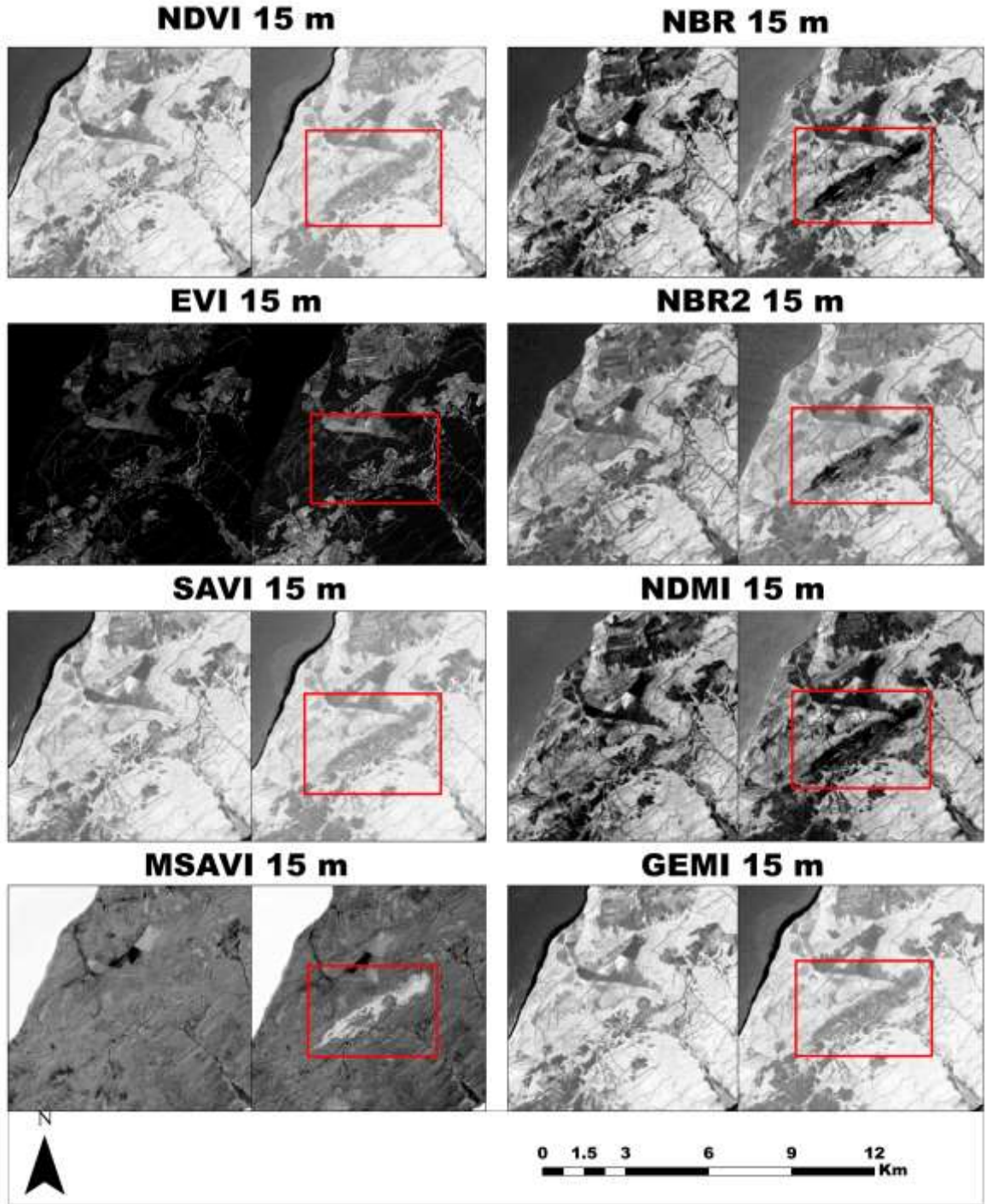
EK 30. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kemallı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



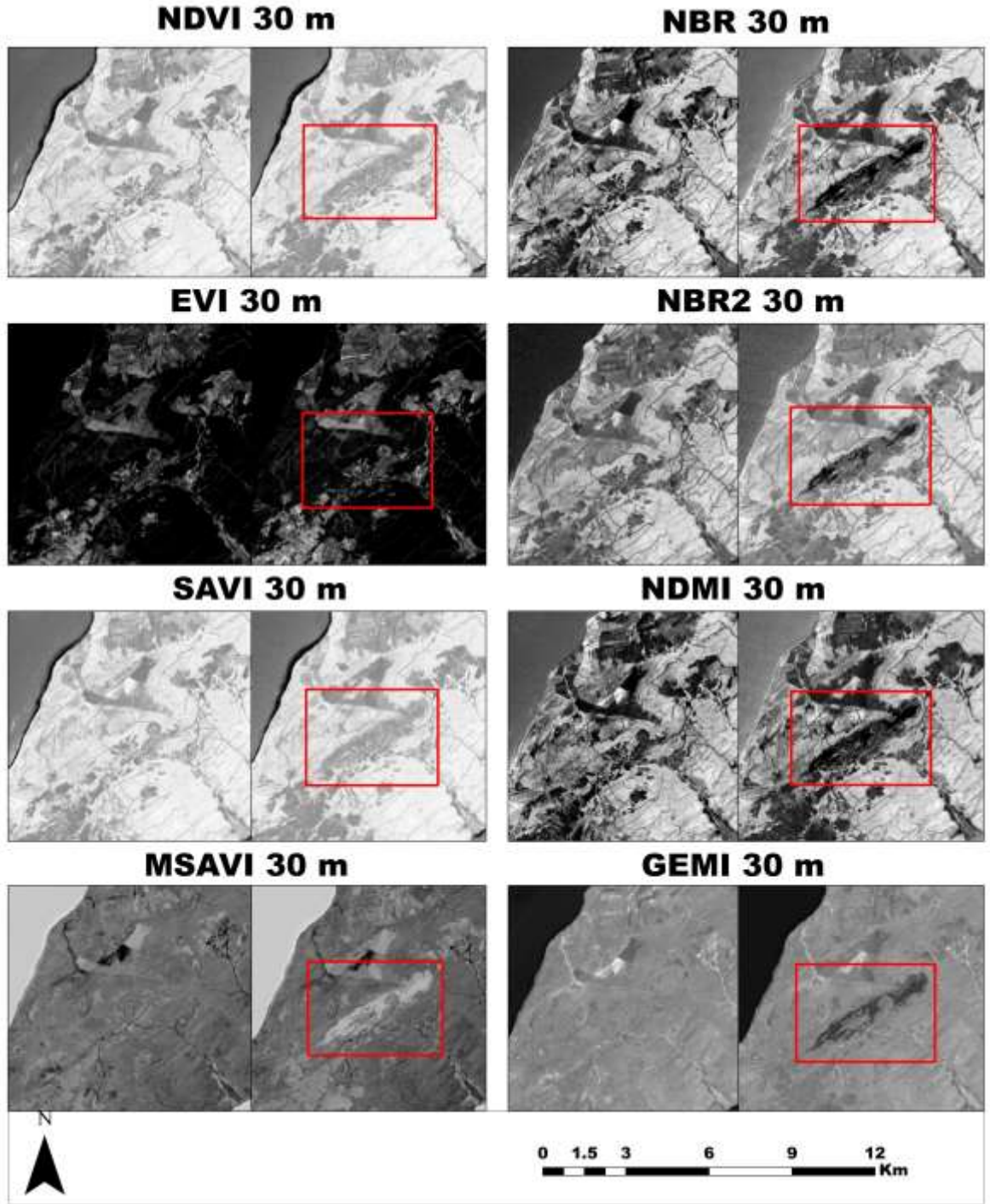
EK 31. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kemallı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



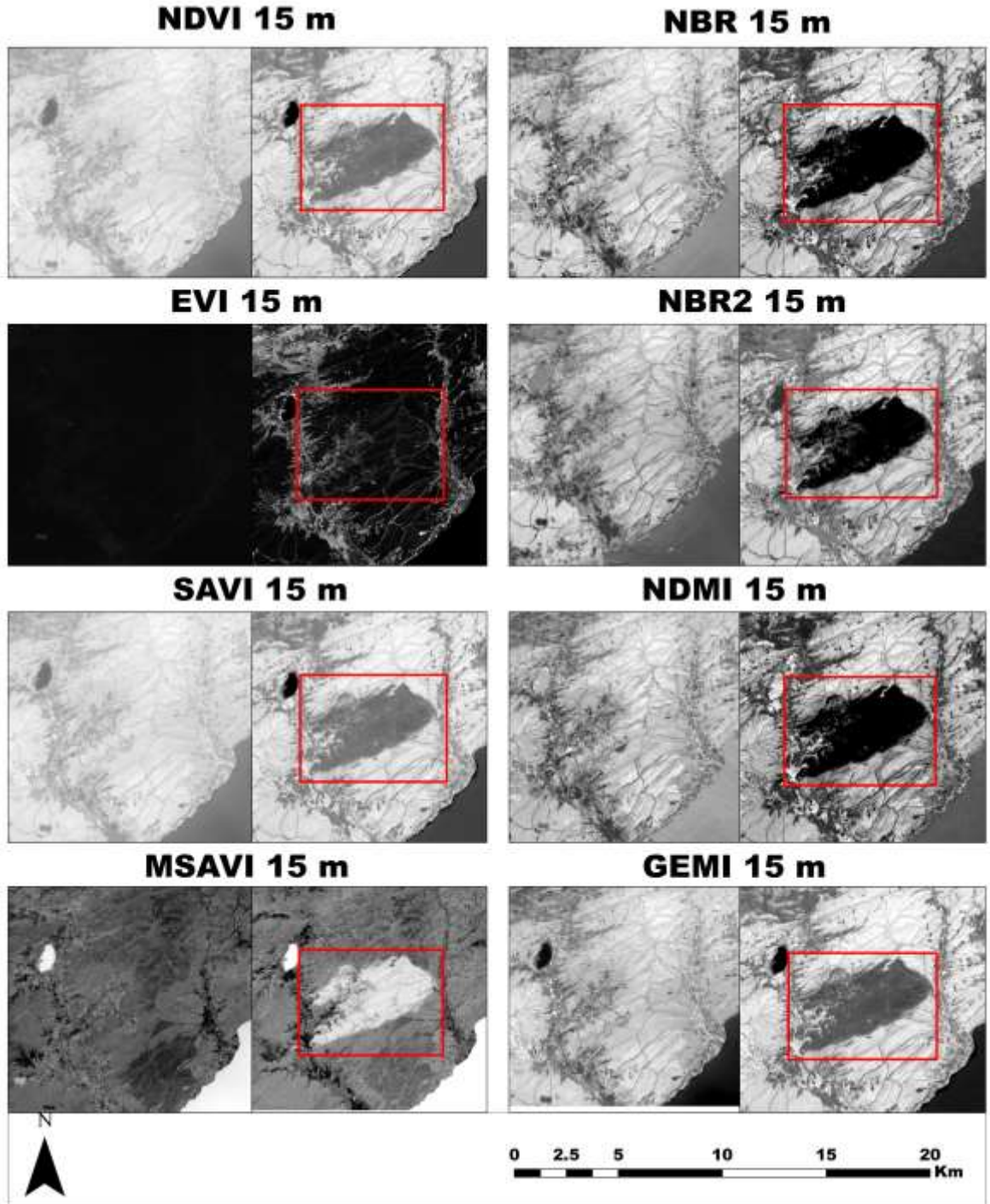
EK 32. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Behramlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



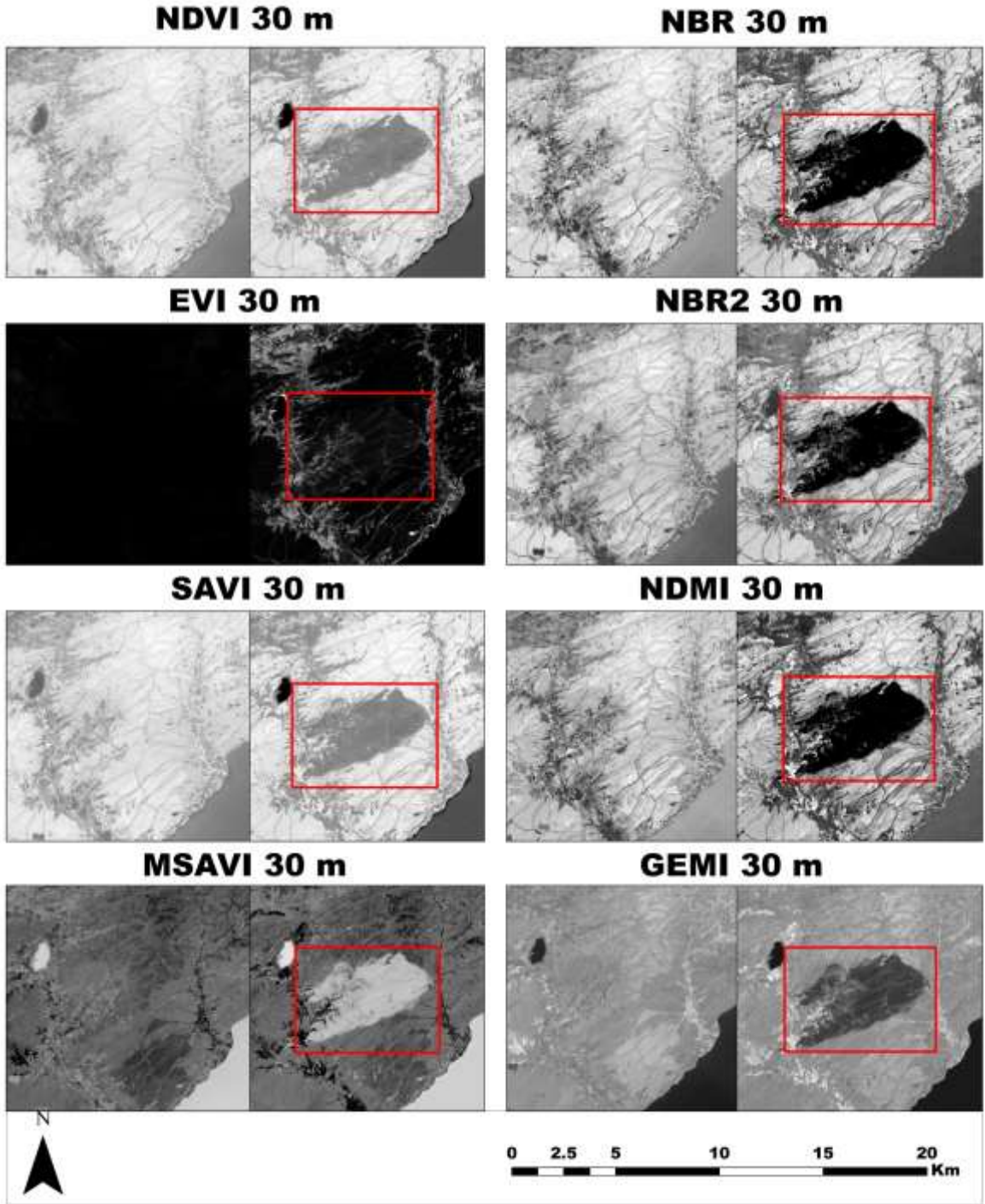
EK 33. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Behramlı yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



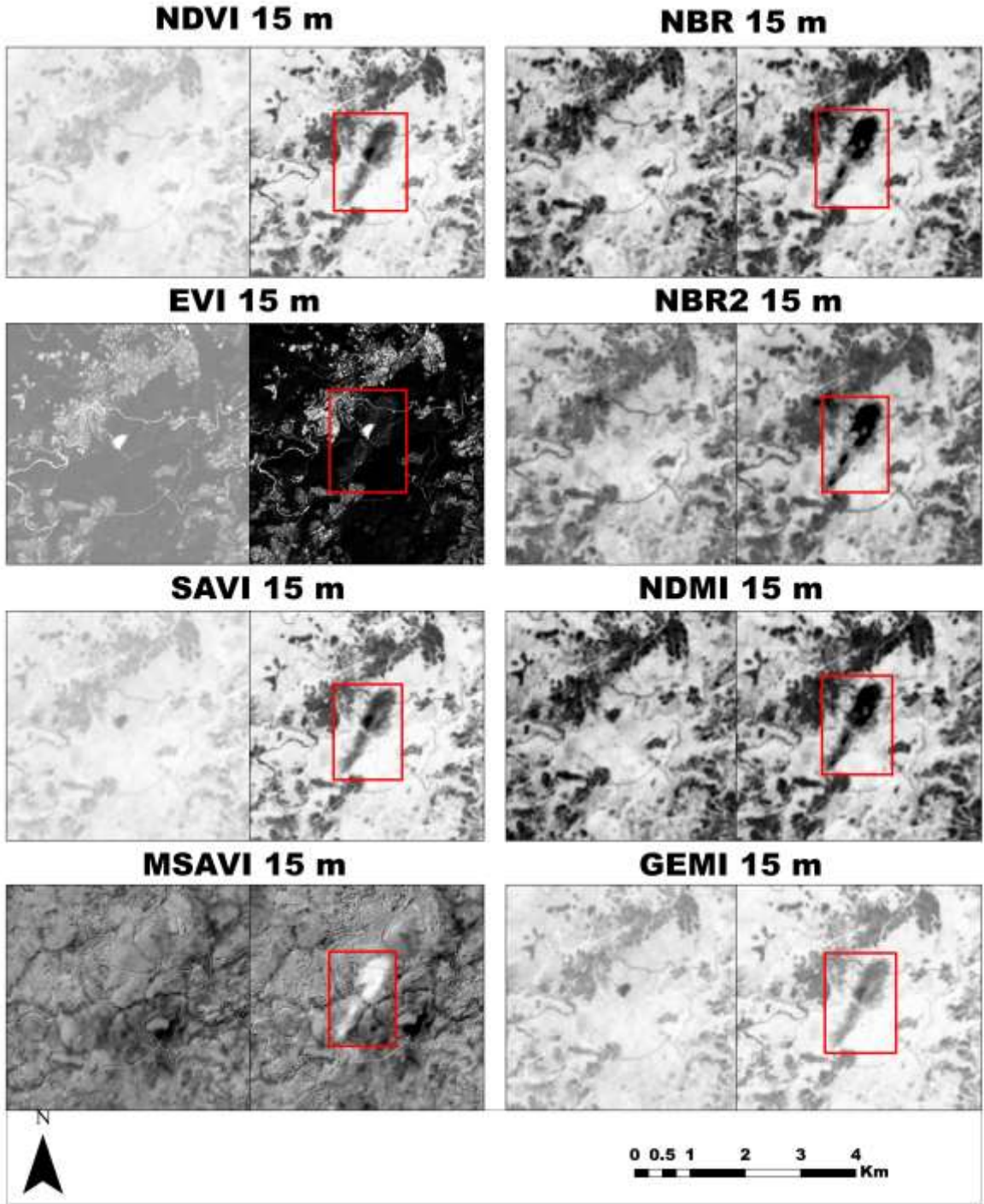
EK 34. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kumköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



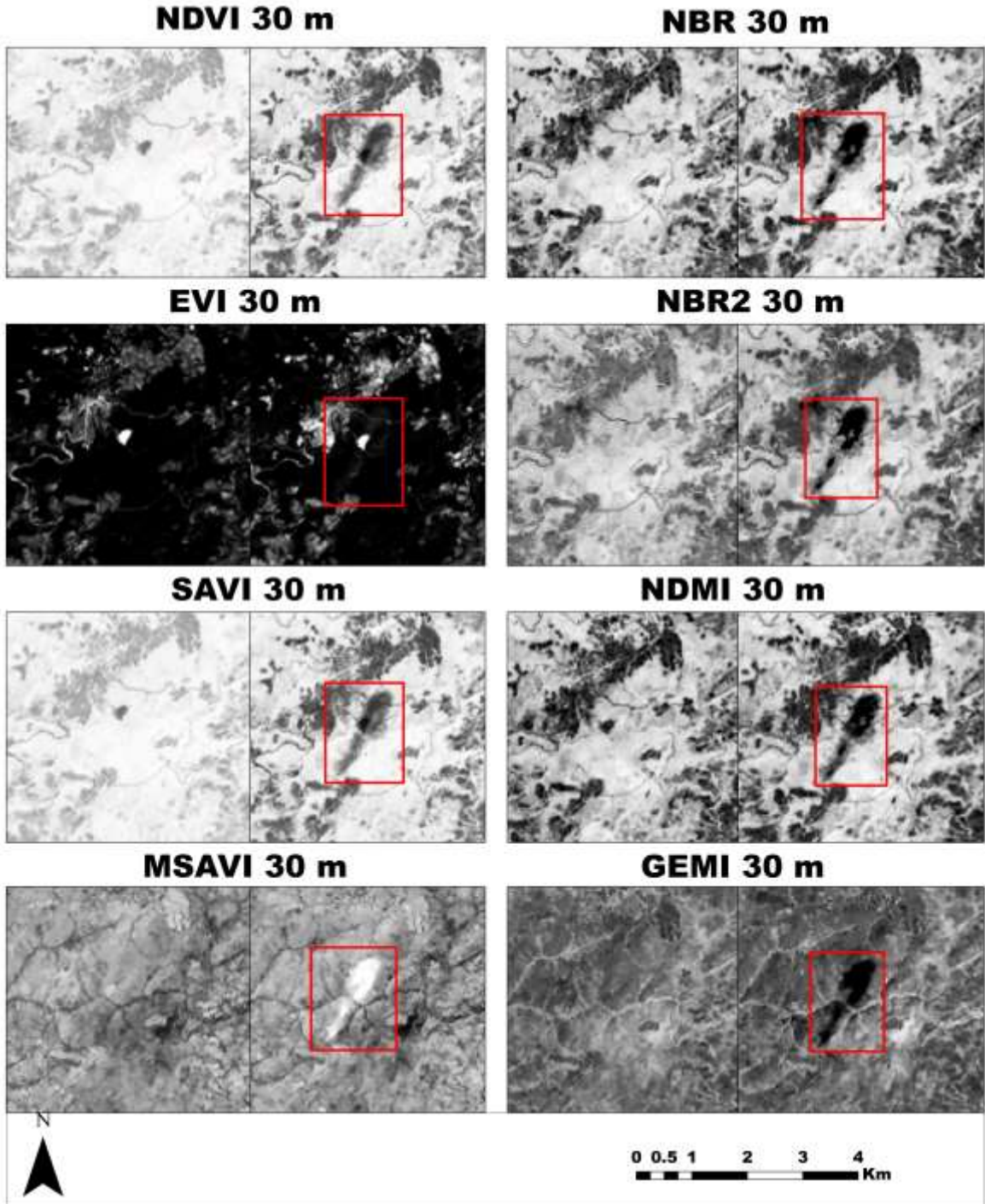
EK 35. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kumköy yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



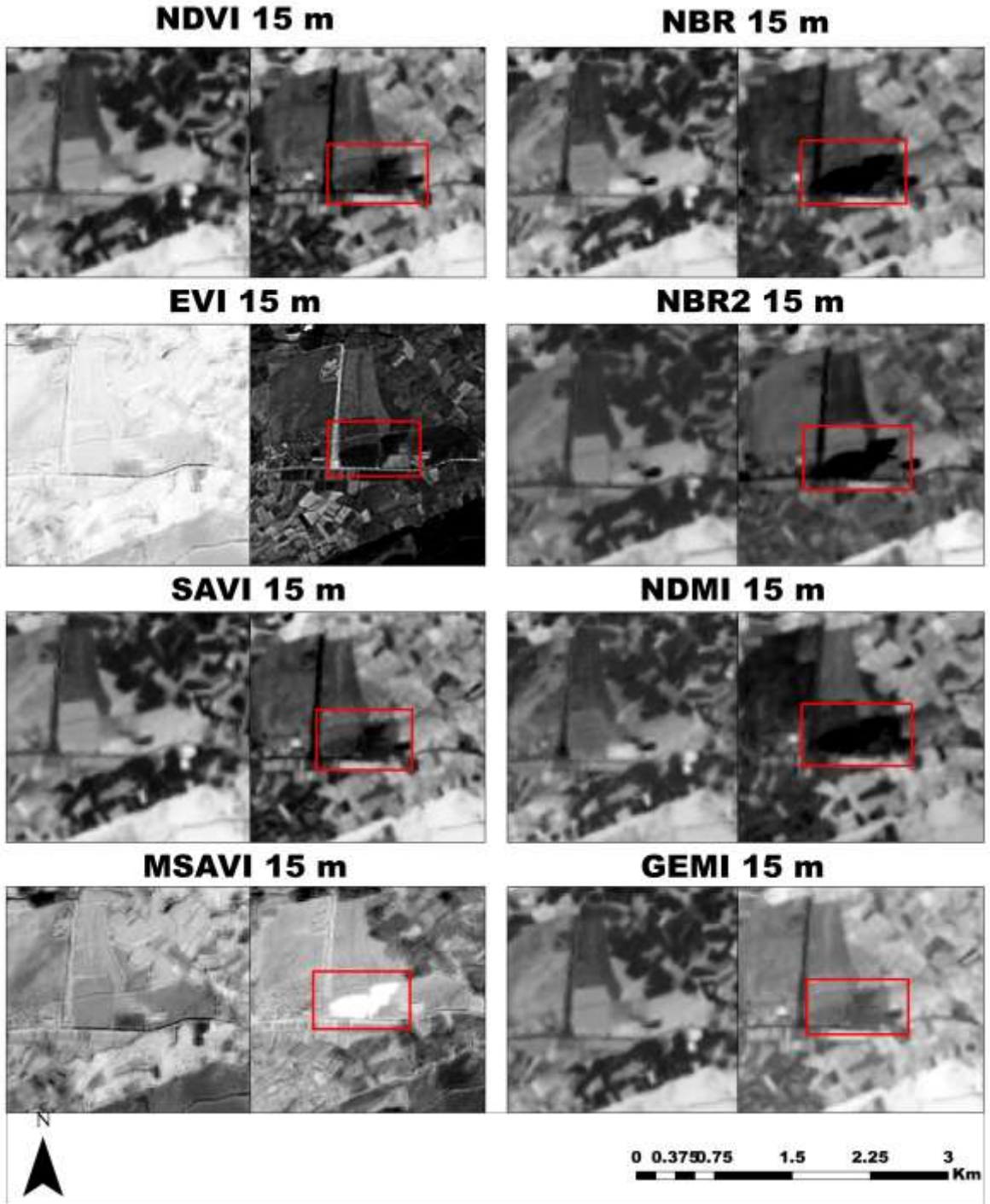
EK 36. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Kızıldam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



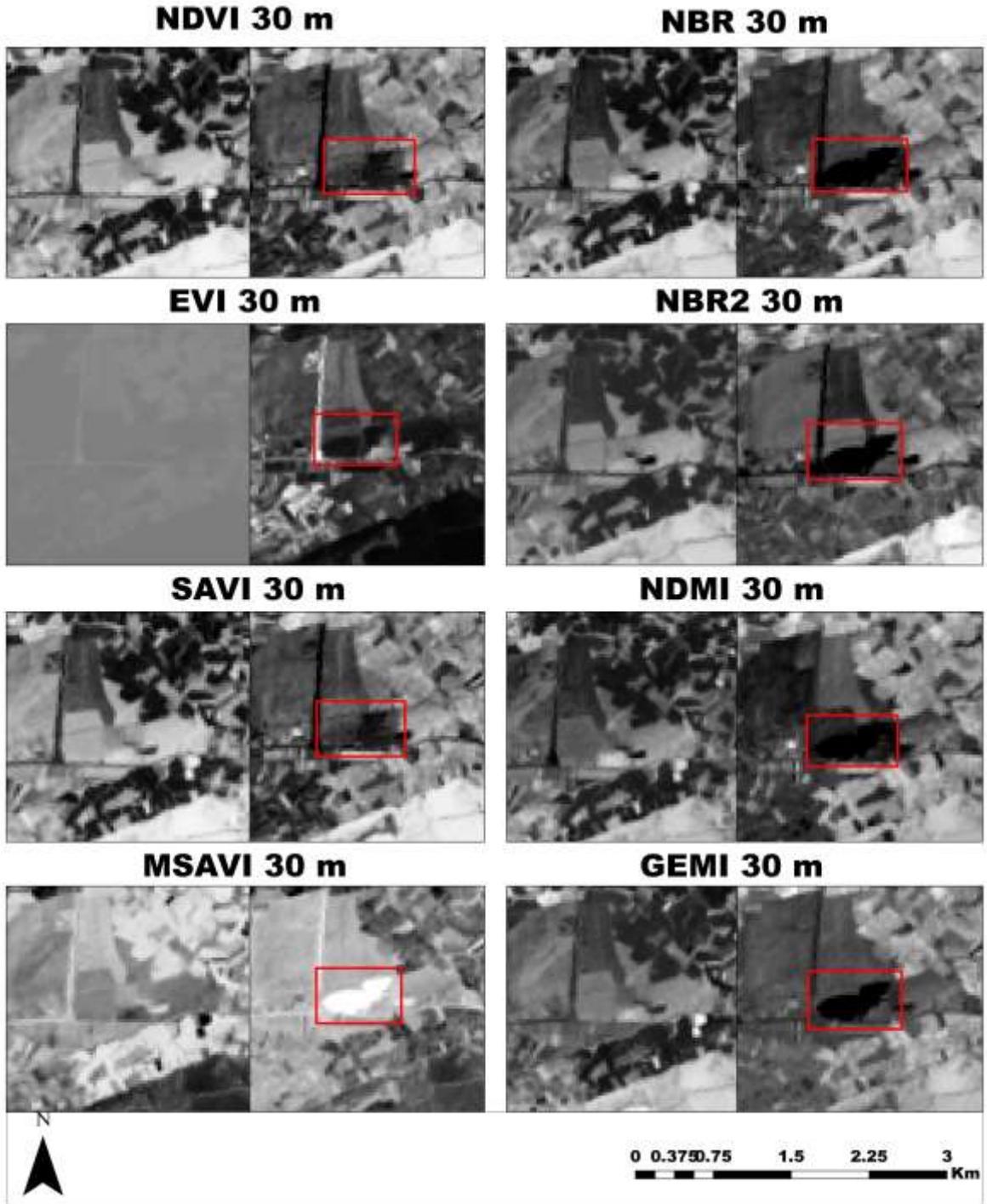
EK 37. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Kızıldam yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



EK 38. 15 metre mekânsal çözünürlüklü Akçakoyun yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



EK 39. 30 metre mekânsal çözünürlüklü Akçakoyun yangını öncesi ve sonrası endeks görüntüleri



EK 40. 13.07.2000 Landsat 7 (ETM+) Aksaz yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

13.07.2000 AKSAZ YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	419	-1700.636979 ile 951.194751
GEMI	15 m	408	1.485261 ile 1.586277
EVI	15 m	266	45958.16074 ile 201713.645832
NBR	15 m	429	-0.59164 ile -0.53576
NBR2	15 m	497	-0.20556 ile -0.10396
NDMI	15 m	499	-0.60815 ile -0.4494
NDVI	15 m	454	0.19576 ile 0.2364
SAVI	15 m	397	0.244006 ile 0.350053
MSAVI	30 m	434	-0.036056 ile 0.009485
GEMI	30 m	425	0.200385 ile 0.307269
EVI	30 m	541	99492.645442 ile 199436.284274
NBR	30 m	467	-0.70975 ile -0.58656
NBR2	30 m	464	-0.20048 ile -0.10396
NDMI	30 m	453	-0.59164 ile -0.51544
NDVI	30 m	419	0.24656 ile 0.30752
SAVI	30 m	414	0.386503 ile 0.462436

EK 41. 13.07.2000 Landsat 7 (ETM+) Zerdalilik yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

13.07.2000 ZERDALİLİK YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	407	-5597.866603 ile 8.177473
GEMI	15 m	224	0.995452 ile 1.65491
EVI	15 m	160	-5255318.881359 ile 1165244100251
NBR	15 m	256	-0.40368 ile 0.17036
NBR2	15 m	249	-0.51036 ile 0.14496
NDMI	15 m	305	-0.40495 ile 0.01796
NDVI	15 m	215	-0.00236 ile 0.25672
SAVI	15 m	190	-0.002516 ile 0.370575
MSAVI	30 m	374	-0.256647 ile 0.005614
GEMI	30 m	357	0.302255 ile 0.550688
EVI	30 m	145	-683686.404947 ile 748888.723668
NBR	30 m	239	-0.46845 ile 0.14115
NBR2	30 m	263	-0.20175 ile 0.1729
NDMI	30 m	236	-0.40368 ile -0.05316
NDVI	30 m	211	-0.00744 ile 0.25164
SAVI	30 m	207	-0.322399 ile 0.370523

EK 42. Landsat 7 (ETM+) Çamlıca yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

2000 ÇAMLICA YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	166	-2794.844565 ile -252.568763
GEMI	15 m	162	1.091958 ile 1.477982
EVI	15 m	140	-412535.680875 ile 990694.102295
NBR	15 m	159	-0.46972 ile -0.13952
NBR2	15 m	155	-0.18524 ile 0.00272
NDMI	15 m	156	-0.40368 ile -0.15476
NDVI	15 m	147	0.00272 ile 0.16528
SAVI	15 m	157	0.043169 ile 0.271592
MSAVI	30 m	156	-0.119645 ile 0.000233
GEMI	30 m	155	0.796287 ile 1.054023
EVI	30 m	137	-1630240.860331 ile 641489.832591
NBR	30 m	144	-0.79992 ile -0.21572
NBR2	30 m	143	-0.10396 ile 0.0078
NDMI	30 m	140	-0.40876 ile -0.22588
NDVI	30 m	140	-0.00236 ile 0.15512
SAVI	30 m	145	-0.002589 ile 0.241076

EK 43. 24.05.2013 Landsat 8 (OLI) Karasuçam yangın sonrası endekslerin değer aralıkları

24.05.2013 KARASUÇAM YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	152	-4495.50906 ile -1876.744743
GEMI	15 m	152	1.884984 ile 2.361295
EVI	15 m	145	308340.550739 ile 3050649.524748
NBR	15 m	164	-0.544519 ile -0.130835
NBR2	15 m	172	-0.071686 ile 0.127652
NDMI	15 m	162	-0.500495 ile -0.249478
NDVI	15 m	166	0.340135 ile 0.553027
SAVI	15 m	151	0.525866 ile 0.816128
MSAVI	30 m	153	-0.246098 ile 0.022093
GEMI	30 m	151	0.196745 ile 0.524708
EVI	30 m	142	171599.856574 ile 2966623.067669
NBR	30 m	157	-0.58656 ile -0.09888
NBR2	30 m	158	-0.1192 ile 0.12972
NDMI	30 m	163	-0.51036 ile -0.23096
NDVI	30 m	160	0.30244 ile 0.56152
SAVI	30 m	163	0.525295 ile 0.836692

EK 44. 27.07.2013 Landsat 8 (OLI) Ilgardere yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

27.07.2013 ILGARDERE YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	350	-1729.9189 ile -444.069319
GEMI	15 m	336	1.001632 ile 1.895559
EVI	15 m	293	46005.320184 ile 92880.936339
NBR	15 m	341	-0.493009 ile 0.078399
NBR2	15 m	347	-0.102619 ile 0.079787
NDMI	15 m	337	-0.459173 ile -0.173588
NDVI	15 m	340	0.003385 ile 0.197642
SAVI	15 m	341	0.29013 ile 0.54342
MSAVI	30 m	335	-0.204422 ile 0.008205
GEMI	30 m	339	0.190659 ile 0.50956
EVI	30 m	315	-1976145.025884 ile 438897.941126
NBR	30 m	335	-0.498125 ile -0.02707
NBR2	30 m	342	-0.10904 ile 0.09924
NDMI	30 m	339	-0.43416 ile -0.10904
NDVI	30 m	340	-0.003679 ile 0.197642
SAVI	30 m	339	0.402154 ile 0.661053

EK 45. 08.07.2016 Landsat 8 (OLI) Yeniçiftlik yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

08.07.2016 YENİÇİFTLİK YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	13	-0.204422 ile 0.008205
GEMI	15 m	10	2.245757 ile 2.360472
EVI	15 m	3	-305839.892221 ile 185959.240936
NBR	15 m	14	-0.6018 ile -0.9888
NBR2	15 m	14	-0.106482 ile 0.164451
NDMI	15 m	14	-0.404692 ile -0.097146
NDVI	15 m	7	0.50564 ile 0.5412
SAVI	15 m	7	0.755851 ile 0.80338
MSAVI	30 m	16	-5959.925833 ile -2996
GEMI	30 m	13	0.188106 ile 0.601016
EVI	30 m	5	-1651755.651137 ile 500391.523541
NBR	30 m	14	-0.35796 ile 0.04844
NBR2	30 m	15	-0.00236 ile 0.19068
NDMI	30 m	13	-0.40368 ile -0.13952
NDVI	30 m	9	-0.00236 ile 0.35324
SAVI	30 m	7	0.40029 ile 0.522075

EK 46. 20.07.2016 Landsat 8 (OLI) Güzelyalı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

20.07.2016 GÜZELYALI YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	37	-2190.35219 ile -532.240215
GEMI	15 m	32	1.692728 ile 2.012964
EVI	15 m	15	-2745875.786514 ile 52575.990751
NBR	15 m	37	-0.5256 ile -0.07348
NBR2	15 m	30	-0.05824 ile 0.08908
NDMI	15 m	39	-0.48496 ile -0.17508
NDVI	15 m	31	0.29736 ile 0.40404
SAVI	15 m	30	0.442878 ile 0.601008
MSAVI	30 m	19	-0.254146 ile -0.174701
GEMI	30 m	27	0.451912 ile 0.532847
EVI	30 m	26	-66907.920944 ile 159999.999999
NBR	30 m	36	-0.5002 ile -0.04808
NBR2	30 m	32	0.05824 ile 0.09416
NDMI	30 m	39	-0.43924 ile -0.12936
NDVI	30 m	37	0.30244 ile 0.4142
SAVI	30 m	32	0.454198 ile 0.591088

EK 47. 24.07.2016 Landsat 8 (OLI) Sarıköy yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

24.07.2016 SARIKÖY YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	45	-660.384073 ile -197.25064
GEMI	15 m	48	1.201467 ile 1.797878
EVI	15 m	34	-260599.140625 ile 13435.696721
NBR	15 m	43	-0.6018 ile -0.39352
NBR2	15 m	43	-0.10396 ile 0.04336
NDMI	15 m	47	-0.530682 ile -0.428194
NDVI	15 m	47	-0.424 ile 0.3126
SAVI	15 m	41	0.241145 ile 0.467817
MSAVI	30 m	45	-0.218134 ile -0.049827
GEMI	30 m	42	0.298171 ile 0.517313
EVI	30 m	34	-103016.69296 ile 40245.850402
NBR	30 m	44	-0.59672 ile -0.36304
NBR2	30 m	44	-0.09888 ile -0.40368
NDMI	30 m	48	-0.50528 ile -0.40368
NDVI	30 m	42	0.15512 ile 0.32784
SAVI	30 m	48	0.18987 ile 0.501145

EK 48. 07.08.2016 Landsat 8 (OLI) Kazdağı Talim Alanı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

07.08.2016 KAZDAĞI TALİM ALANI YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	63	-9498.062018 ile -3922.873862
GEMI	15 m	70	1.870729 ile 2.584303
EVI	15 m	31	838907.136441 ile 18020134.928885
NBR	15 m	64	-0.30208 ile 0.10432
NBR2	15 m	42	-0.00236 ile 0.12464
NDMI	15 m	66	-0.33256 ile -0.08364
NDVI	15 m	69	0.38372 ile 0.66312
SAVI	15 m	63	0.496042 ile 0.973755
MSAVI	30 m	44	-9204.631062 ile -4020.688418
GEMI	30 m	68	1.895335 ile 2.645818
EVI	30 m	39	802768.579353 ile 5245104.357436
NBR	30 m	67	-0.30208 ile 0.18052
NBR2	30 m	33	-0.13952 ile 0.1602
NDMI	30 m	68	-0.31732 ile -0.04808
NDVI	30 m	69	0.29736 ile 0.63772
SAVI	30 m	66	0.507646 ile 0.948658

EK 49. 02.07.2017 Landsat 8 (OLI) Misvak yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

02.07.2017 MİSVAK YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	281	-5321.743327 ile -1002.117792
GEMI	15 m	154	1.789484 ile 2.018344
EVI	15 m	164	-1246562.15892 ile 367877.839114
NBR	15 m	295	-0.497292 ile 0.001329
NBR2	15 m	282	-0.123687 ile 0.103407
NDMI	15 m	296	-0.449090 ile -0.105432
NDVI	15 m	149	0.297068 ile 0.406688
SAVI	15 m	151	0.218813 ile 0.604131
MSAVI	30 m	339	-0.33256 ile 0.02304
GEMI	30 m	340	-0.94371 ile 0.65296
EVI	30 m	161	-12912740.265729 ile 317999.511627
NBR	30 m	296	-0.50528 ile -0.03284
NBR2	30 m	295	-0.11412 ile 0.1094
NDMI	30 m	294	-0.49512 ile -0.1446
NDVI	30 m	160	-1.5703 ile 0.39924
SAVI	30 m	169	0.394329 ile 0.604331

EK 50. 25.06.2019 Landsat 8 (OLI) Kemallı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

25.06.2019 KEMALLI YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	12	-4421.370966 ile -956.404618
GEMI	15 m	8	1.696244 ile 2.299273
EVI	15 m	6	-1314553.260712 ile 123372.574483
NBR	15 m	11	-0.591476 ile -0.189908
NBR2	15 m	12	-0.075147 ile 0.051527
NDMI	15 m	11	-0.458465 ile -0.21303
NDVI	15 m	10	0.12464 ile 0.53612
SAVI	15 m	8	-1.455116 ile 0.766618
MSAVI	30 m	12	-0.1849 ile -0.001279
GEMI	30 m	11	0.234671 ile 0.455479
EVI	30 m	6	-615576.983063 ile 87030.287979
NBR	30 m	12	-0.58656 ile -0.21064
NBR2	30 m	12	-0.1192 ile 0.07892
NDMI	30 m	11	-0.500073 ile -0.293339
NDVI	30 m	10	0.29736 ile 0.51072
SAVI	30 m	13	0.48431 ile 0.788851

EK 51. 10.08.2019 Landsat 8 (OLI) Bekramlı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları,

10.08.2019 BEHRAMLI YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	187	-8025.097597 ile -1925.826168
GEMI	15 m	184	2.104401 ile 2.454277
EVI	15 m	158	-374182.254963 ile 174155.079136
NBR	15 m	188	-0.60688 ile -0.10396
NBR2	15 m	190	-0.13952 ile 0.11956
NDMI	15 m	189	-0.58656 ile -0.22588
NDVI	15 m	177	0.38372 ile 0.58184
SAVI	15 m	172	0.613704 ile 0.865234
MSAVI	30 m	186	-0.335158 ile 0.017302
GEMI	30 m	186	0.179169 ile 0.636043
EVI	30 m	114	-342579.461061 ile 90503.614799
NBR	30 m	188	-0.63228 ile -0.08364
NBR2	30 m	190	-0.1954 ile 0.10432
NDMI	30 m	187	-0.59164 ile -0.18524
NDVI	30 m	197	0.40404 ile 0.58692
SAVI	30 m	186	0.63535 ile 0.875018

EK 52. 06.07.2020 Landsat 8 (OLI) Kumköy yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

06.07.2020 KUMKÖY YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	761	-3936.830533 ile -932.112178
GEMI	15 m	765	1.699208 ile 2.057191
EVI	15 m	518	-1341979.273748 ile 310043.982986
NBR	15 m	785	-0.642222 ile -0.374598
NBR2	15 m	789	-0.134862 ile -0.009038
NDMI	15 m	789	-0.601533 ile -0.364467
NDVI	15 m	788	-0.302665 ile 0.425739
SAVI	15 m	767	0.453554 ile 0.63441
MSAVI	30 m	779	-0.135729 ile 0.038606
GEMI	30 m	765	0.184994 ile 0.423921
EVI	30 m	611	-503115.034172 ile 202302.584274
NBR	30 m	788	-0.5002 ile -0.2208
NBR2	30 m	769	-0.12428 ile -0.00236
NDMI	30 m	771	-0.49512 ile -0.22588
NDVI	30 m	773	0.396574 ile 0.491891
SAVI	30 m	773	0.550451 ile 0.738392

EK 53. 30.07.2020 Landsat 8 (OLI) Kızıldam yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

30.07.2020 KIZILDAM YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	42	-7591.335745 ile -1614.959674
GEMI	15 m	45	1.672545 ile 2.761255
EVI	15 m	22	62906.425338 ile 329927.745462
NBR	15 m	47	-0.40368 ile 0.40912
NBR2	15 m	35	-0.09888 ile 0.24148
NDMI	15 m	48	-0.31224 ile 0.1602
NDVI	15 m	46	0.24148 ile 0.71392
SAVI	15 m	39	0.391859 ile 1.005236
MSAVI	30 m	48	-0.447021 ile -0.022994
GEMI	30 m	45	0.207712 ile 0.698747
EVI	30 m	23	89398.06534 ile 7096412.5
NBR	30 m	47	-0.424 ile 0.35324
NBR2	30 m	36	-0.1446 ile 0.211
NDMI	30 m	47	-0.35796 ile 0.11956
NDVI	30 m	45	-0.00744 ile 0.68852
SAVI	30 m	49	0.371188 ile 1.071273

EK 54. 22.08.2020 Landsat 8 (OLI) Akçakoyun yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

22.08.2020 AKÇAKOYUN YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	15 m	13	-7065.355386 ile -2007.097861
GEMI	15 m	13	1.270644 ile 1.540212
EVI	15 m	12	81584.365124 ile 323534.796753
NBR	15 m	15	-0.341701 ile 0.108967
NBR2	15 m	15	-0.070572 ile 0.124617
NDMI	15 m	15	-0.312746 ile -0.061286
NDVI	15 m	12	0.384574 ile 0.519323
SAVI	15 m	13	0.599654 ile 0.78669
MSAVI	30 m	12	-0.301159 ile 0.008158
GEMI	30 m	12	0.169547 ile 0.6017
EVI	30 m	8	-669855.925825 ile 200048.18109
NBR	30 m	13	-0.3224 ile 0.12468
NBR2	30 m	12	-0.10904 ile 0.10432
NDMI	30 m	12	-0.98984 ile -0.04808
NDVI	30 m	12	0.36848 ile 0.53612
SAVI	30 m	12	0.630014 ile 0.797398

EK 55. 04.07.2007 Landsat 5 (TM) Alpagut yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

04.07.2007 ALPAGUT YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	20	16.692418 ile 31.775151
GEMI	30 m	20	0.530691 ile 0.781873
EVI	30 m	21	113757.451995 ile 401686.92931
NBR	30 m	19	-0.50528 ile -0.21572
NBR2	30 m	20	-0.1954 ile -0.02776
NDMI	30 m	19	-0.3986 ile -0.18524
NDVI	30 m	20	-0.03284 ile 0.09416
SAVI	30 m	20	-0.014142 ile 0.137674

EK 56. 19.07.2007 Landsat 5 (TM) Gökçe yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

19.07.2007 GÖKÇE YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	26	-0.040804 ile 0.026212
GEMI	30 m	25	0.220929 ile 0.289917
EVI	30 m	21	-412535.680875 ile 197000.837571
NBR	30 m	27	-0.6018 ile -0.43416
NBR2	30 m	25	-0.20048 ile -0.08364
NDMI	30 m	24	-0.5002 ile -0.3732
NDVI	30 m	29	0.09416 ile 0.2364
SAVI	30 m	27	0.10399 ile 0.33997

EK 57. 17.06.2008 Landsat 5 (TM) Yalova yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

17.06.2008 YALOVA YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	379	-0.157384 ile 0.002809
GEMI	30 m	328	0.206768 ile 0.424098
EVI	30 m	346	80432.33765 ile 194371.739759
NBR	30 m	314	-0.59672 ile -0.11412
NBR2	30 m	351	-0.41384 ile 0.06368
NDMI	30 m	310	-0.5002 ile -0.17
NDVI	30 m	318	0.3126 ile 0.45992
SAVI	30 m	362	0.47746 ile 0.710601

EK 58. 30.07.2008 Landsat 5 (TM) Çınarlı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

30.07.2008 ÇINARLI YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	1422	-0.14968 ile -0.00236
GEMI	30 m	1585	0.18052 ile 0.50056
EVI	30 m	1078	-435704.49081 ile 1237696.770218
NBR	30 m	1360	-0.70848 ile -0.043
NBR2	30 m	1196	-0.1192 ile 0.10305
NDMI	30 m	1469	-0.59545 ile -0.13444
NDVI	30 m	1420	-0.07856 ile 0.2618
SAVI	30 m	1293	-0.064307 ile 0.392824

EK 59. 03.08.2008 Landsat 5 (TM) Kırca yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

03.08.2008 KIRCA YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	185	-0.40368 ile 0
GEMI	30 m	173	-0.37828 ile 0.63264
EVI	30 m	102	339216.028297 ile 605647.457742
NBR	30 m	157	-0.40876 ile 0.30752
NBR2	30 m	155	-0.21572 ile 0.22116
NDMI	30 m	158	-0.5002 ile 0.10432
NDVI	30 m	162	0.20592 ile 0.60216
SAVI	30 m	163	0.298708 ile 0.906467

EK 60. 11.07.2009 Landsat 5 (TM) Kırcaya yangını sonrası endekslerin değeri aralıkları

11.07.2009 KARABIĞA YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	35	-0.112667 ile -0.001371
GEMI	30 m	39	0.243076 ile 0.447921
EVI	30 m	25	104122.426935 ile 218961.853583
NBR	30 m	47	-0.5291 ile -0.2208
NBR2	30 m	46	0.08364 ile 0.08908
NDMI	30 m	49	-0.7034 ile 0.29192
NDVI	30 m	41	0.25672 ile 0.5158
SAVI	30 m	37	0.501518 ile 0.759908

EK 61. 17.07.2009 Landsat 5 (TM) Taştepe yangını sonrası endekslerin değeri aralıkları

17.07.2009 TAŞTEPE YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	14	-0.051605 ile 0.026187
GEMI	30 m	12	0.220941 ile 0.335659
EVI	30 m	11	-139853.720628 ile 30040.399805
NBR	30 m	12	-0.6526 ile -0.47988
NBR2	30 m	14	-0.12428 ile -0.00236
NDMI	30 m	11	-0.6526 ile -0.48496
NDVI	30 m	14	-0.3986 ile 0.07384
SAVI	30 m	14	-0.495789 ile 0.104817

EK 62. 17.08.2011 Landsat 5 (TM) Yiğitler yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

17.08.2011 YIĞİTLER YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	177	-0.125081 ile 0.013334
GEMI	30 m	193	0.404432 ile 0.489954
EVI	30 m	161	-11868750.125034 ile 1224572.672591
NBR	30 m	171	-0.50528 ile -0.0176
NBR2	30 m	188	-0.10396 ile 0.09924
NDMI	30 m	172	-0.30208 ile -0.10904
NDVI	30 m	180	0.05352 ile 0.211
SAVI	30 m	182	0.072807 ile 0.31654

EK 63.20.08.2011 Landsat 5 (TM) Keçiğılı yangını sonrası endekslerin değer aralıkları

20.08.2011 KEÇİĞİLİ YANGINI			
Endeks	Çözünürlük	Hesaplanan Alan (Ha)	Değer Aralığı
MSAVI	30 m	95	-0.175042 ile 0.003054
GEMI	30 m	96	0.248947 ile 0.472396
EVI	30 m	55	548881.973935 ile 846493.517156
NBR	30 m	93	-0.40368 ile 0.13988
NBR2	30 m	93	-0.10904 ile 0.1348
NDMI	30 m	94	-0.5002 ile -0.02776
NDVI	30 m	84	0.1090 ile 0.38372
SAVI	30 m	84	-0.002741 ile 0.576024