



İzmir-Tırazlı Orman Yangınının Uydu ve Model Verileri ile Analizi

Kahraman Oğuz^{1*}, Esin Oğuz², Gülten Çamalan³

^{1,3} Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

² Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Tahminler Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

E-Posta: koguz@mgm.gov.tr, esoguz@mgm.gov.tr, gcamalan@mgm.gov.tr

Orcid: 0000-0001-5305-6145

Gönderim 05.09.2020; Kabul 05.01.2021

Özet: İklim değişikliğinin de etkisiyle küresel bir sorun haline gelen orman yangınları, önemli doğal afetlerden birisidir. Orman yangınları, ekosisteme, atmosfere ve ekonomiye olumsuz etkiler vermektedir. Ülkemizin Akdeniz ve Ege kıyıları, orman yangınlarının en çok görüldüğü ve orman yangınları riskinin yüksek olduğu bölgelerdir. Orman yangınları, sıcaklık, nem ve rüzgar gibi atmosferik koşullar altında başlayıp geniş bir alana yayılabilmektedir. Bu çalışmada, 18 Ağustos 2019 tarihinde İzmir Karabağlar-Tırazlı köyünde meydana gelen ve bölgede önemli tahribata sebep olan orman yangını incelenmiştir. Çalışmada, MEUS Orman Yangınları Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi çıktıları, Suomi Ulusal Kutupsal Yörünge Ortaklığı uydusunun VIIRS Fire and Thermal Anomalies ürünü, Meteosat II. Nesil uydusunun Ch4 IR3.9 kanal görüntüsü ile Eview ürünleri ve HYSPLIT yörünge modeli ürünü kullanılmıştır. Model ve uydu verileri ile oluşturulan haritalar, orman yangınının gerçekleştiği bölgede yüksek sıcaklık, düşük nem ve kuvvetli rüzgar koşullarının hakim olduğunu ve yangının kısa sürede yayılarak geniş bir alanı etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, orman yangını sonucunda atmosfere karışan dumanın etkilerinin Kuzey Afrika'da yer alan Mısır'a kadar ulaştığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangını, İzmir-Tırazlı, Uydu Verileri, MEUS orman yangını modeli

Analysis of İzmir-Tırazlı Forest Fire with Satellite and Model Data

Received 05.09.2020; Accepted 05.01.2021

Abstract: Forest fires, which have become a global problem with the impact of climate change, is one of the major natural disasters. Forest fires have negative effects on ecosystem, atmosphere and economy. The Mediterranean and Aegean coasts of Turkey are the regions where forest fires are seen most frequent and have high risk. Forest fires start under atmospheric conditions such as temperature, humidity and wind and spread over a wide area. In this study, the forest fire occurred on 18 August 2019 in İzmir Karabağlar-Tırazlı region and its caused destruction were investigated. The MEUS Forest Fire Meteorological Early Warning System outputs, the Suomi National Polar Orbital Partnership satellite's VIIRS Fire and Thermal Anomalies product, Meteosat II. Generation satellite's Ch4 IR3.9 channel image and Eview products and also HYSPLIT model products were used for investigation. As a result, it has been concluded from the model and satellite data that the conditions of high temperature, low humidity and strong winds prevail in the region where the forest fire occur and the fire spread a large areas in short time. In addition, it is seen that the effects of smoke released into the atmosphere as a result of the forest fire have reached as far as Egypt located in North Africa.

Key Words: Forest Fire, İzmir-Tırazlı, Satellite Data, MEUS forest fire model.

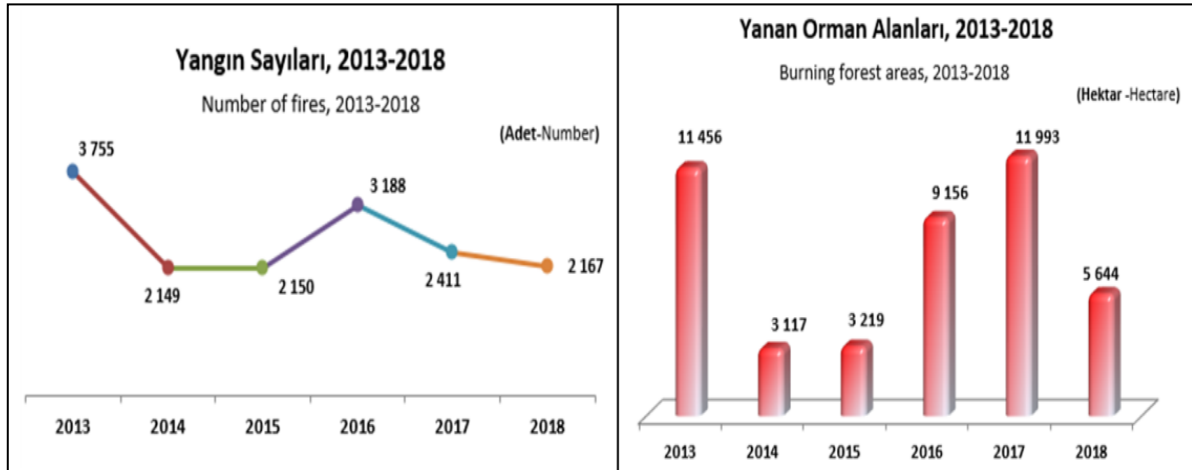
GİRİŞ

Orman yangınları önemli meteorolojik afetlerden birisidir. Her yıl yüzlerce orman yangını vakası görülmektedir. Orman yangınları, ekosisteme, atmosfere ve ekonomiye olumsuz etkiler vermektedir. Orman yangınları, biyojeokimyasal döngüyü etkileyen, atmosferik emisyon kaynağı olan, net karbon dengesini değiştiren, orman yapısını bozan ve toprak özelliklerinde uzun vadeli değişikliklere neden olan küresel ölçekte önemli bir ekosistem hasarı kaynağıdır^[1]. Yangınlar ayrıca insan yaşamlarını tehdit eden, yaşam kalitesini olumsuz etkileyen ve ekonomik kayıplara neden olan önemli bir afet türüdür. İklim değişikliği sebebiyle orman yangınlarındaki artış ve düzensizlikler, artan bir endişeye sebep olmaktadır^[2]. Akdeniz ekosistemlerinde, uzun süreli kuraklıklar ve sıcak hava dalgaları, orman yangınlarının sıklığı ve yoğunluğundaki artışlar için bir önkoşul yaratmaktadır^[3,4].

*İlgili E-posta/Corresponding E-mail: koguz@mgm.gov.tr

Bu makale, 14.11.2019 tarihinde IV. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumunda (UZALMET2019) sözlü olarak sunulmuştur.

Ülkemizin Akdeniz ve Ege kıyıları, orman yangınlarının en çok görüldüğü ve orman yangınları riskinin yüksek olduğu bölgelerdir. Türkiye’de her yıl binlerce orman yangını olayları görülmektedir. Bu olaylar neticesinde, binlerce hektar ormanlık alanlar yanmaktadır. Şekil 1’de Orman Genel Müdürlüğü’nden elde edilen 2013-2018 yılları arası orman yangını sayısı ve yanan alanlar görülmektedir. 2013 yılında yaklaşık 3755 adet orman yangınının görüldüğü ve bu olaylar neticesinde 11456 hektar ormanlık alanın yandığı, 2014 ve 2015 yıllarında orman yangınları sayısında bir azalma görülmesine karşın, 2017 yılına doğru tekrar artış gösterdiği, 2018 yılında ise önceki yıla göre azalışa geçerek toplamda 2167 adet orman yangınının görüldüğü ve 5644 hektar ormanlık alanın yandığı görülmektedir [5].



Şekil 1. Türkiye’de 2013-2018 yılları arası görülen orman yangın sayısı ve yanan orman alanları [5].

Orman yangınlarının başlamasında ve yayılmasında pek çok parametre etkili olmaktadır. Orman yangınları, yüksek sıcaklık ve düşük nem gibi atmosferik koşullar ile bir kere başladığı zaman kuvvetli rüzgarların da etkisiyle geniş bir alana yayılabilmektedir. Orman yangınları, gerçekleştiği yer ve yakıtı yanıcı madde ile birlikte onu etkileyen faktörlere bağlı olarak farklı davranışlar gösterirler. Yangın davranışlarındaki bu farklılıklar, yangınlarla yapılacak mücadelelerdeki taktik ve stratejilerin belirlenmesinde önemlidir. Orman yangınları ile başarılı ve etkili bir şekilde mücadele edebilmek için yangın davranışını kontrol eden ve belirleyen yanıcı madde, topoğrafya ve hava hallerinin bilinmesi gerekmektedir [6]. Hava sıcaklığı, nispi nem ve rüzgar faktörleri, orman yangınlarının başlamasında ve gelişmesinde en etkili meteorolojik faktörlerdir. Başlangıçta rüzgar, havanın nispi nem ve sıcaklığını kontrol ederken, yangının anında ise yön ve hızı ile yangının davranışını etkilemektedir [7]. Sıcaklık ise, orman yangınlarında kıvılcımı başlatacak bir parametredir. Ortamın sıcaklığının yüksek olması, yüzeydeki ağaç ve bitki örtüsünü kurutur ve bunları yanmaya hazır hale getirir. Daha yüksek sıcaklıklar ise, yanmaya hazır haldeki yakıtların daha hızlı tutuşmasını ve daha hızlı yanmasını sağlar ve ayrıca yangının yayılma hızını artırır. Bu nedenle orman yangınları, öğleden sonra vakitlerinde, sıcaklıklar en yüksek seviyedeysen başlamaya daha meyillidir. Nem ise, bir yangının tutuşma olasılığını azaltabildiğinden, yangın üzerinde doğrudan etkisi vardır. Neme doymun hava, potansiyel orman yangınlarının çıkmasını önler [8]. Genellikle hava koşullarından sıcaklığın 40°C’nin üzerinde, nemin ise %20’nin altında olduğu koşullar orman yangınının çıkması açısından uygun koşullardır. Bu şartlar altında başlayan orman yangınları, kuvvetli rüzgarların da etkisiyle onlarca kilometre mesafelere kadar yayılmakta ve önemli can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır [7]. Bu sebeple, orman yangınlarının gözlemlenmesi ve analiz edilmesi önemlidir.

Son yıllarda uzaktan algılama konusundaki teknolojinin gelişmesiyle birlikte, orman yangınları ve yangından etkilenen alanlar çeşitli uydular sayesinde izlenebilmektedir. Suomi Ulusal Kutupsal Yörünge Ortaklığı Uydusu (NPP), METEOSAT II.Nesil Uyduları (MSG) gibi uydular orman yangınlarının yüksek çözünürlüklü olarak izlenmesine olanak sağlamaktadır. Yangınlar tipik olarak orta-kızıl ötesi ve termal uzaktan algılama verilerinde kolayca ayırt edilebilen yüksek yüzey sıcaklıkları ile tespit edilir [9]. Orman yangınlarını tespit etmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri, yangın piksellerini bant parlaklığına, parlaklık sıcaklığına veya belirli dalga boylarının bant oranına uygulanan verilen ampirik eşik değerlerine göre ayıran bir eşik tabanlı algoritmadır [10]. Orman yangınlarının

gözlenmesinin yanında, potansiyel orman yangınları riskinin bulunduğu alanların tahmin edilmesi de önem taşımaktadır. Potansiyel orman yangınları riskinin tahmini ve erken uyarısı, yangınla mücadelede kritik öneme sahiptir. Bu amaçla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yerli bir yazılım olan Orman Yangınları Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi (MEUS) geliştirilmiştir.

Orman yangınlarından etkilenen alanların uydu verileri ile analizine yönelik olarak bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örneğin ^[11], çalışmalarında, 7 Temmuz 2007 tarihinde Bodrum, Kızılağaç Köyü yakınlarında meydana gelen orman yangını SPOT-2 uydu görüntüleri ve uzaktan algılama analiz teknikleri ile değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak toplam yanan orman alan, 911,56 hektar olarak belirlenmiştir. ^[12] çalışmasında, 31 Temmuz - 5 Ağustos 2008 tarihleri arasında Antalya ili, Manavgat ve Serik İlçelerinde etkili olan orman yangını, SPOT 4 uydu görüntüleri ve uzaktan algılama analiz teknikleri ile yanan ve kısmi hasar gören orman alanlarını değerlendirmiştir. ^[13] çalışmalarında, 01.07.2017 günü İzmir, Menemen ve Mersin Anamur bölgelerinde meydana gelen orman yangınlarını MSG uydu görüntüleri ile ve bazı düzeltmelerden sonra elde edilen görüntüler ile incelemişlerdir. ^[14] çalışmalarında, 9 Ağustos 2009 tarihinde İzmir ili Seferihisar ilçesinde meydana gelen ve 4 gün süren orman yangınına, Landsat 5 uydu görüntüleri kullanarak uzaktan algılama teknikleri ile analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, orman yangını sonucunda yanan alanların uydu kullanılarak elde edilen haritanın, İzmir orman bölge müdürlüğüne yapılan hasar tespit çalışması sonucunda elde edilen analiz sonuçları ile tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Orman yangınlarının ve orman yangınlarında etkilenen alanların uydu verileri ile analizine yönelik olarak yapılan çalışmaların sayısı halen istenilen düzeyde değildir. Bu çalışmada, İzmir Karabağlar-Tırazlı köyünde meydana gelen orman yangını uydu ve sayısal tahmin modeli verileri ile incelenmiştir. MGM bünyesinde çalıştırılan MEUS modeli, bölgede yüksek sıcaklıklar, düşük nemlilik ve kuvvetli rüzgarlar olduğunu göstermiştir. Bu koşullar orman yangınlarının yayılması açısından oldukça uygun koşullardır. Bunun yanında, ham uydu verileri işlenerek elde edilen sonuçlar ile orman yangınından etkilenen alanlar incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı

Çalışmaya konu olan orman yangını, İzmir'in Tırazlı köyünde gerçekleşmiştir. Tırazlı köyü, Karabağlar ilçesine bağlı olup, 38.3198 enlem ve 27.0612 boylam koordinatlarında yer almaktadır. Orman yangını alanı; genellikle yüksek meyilli, Güneydoğu-Kuzeybatı uzanımlı derin vadilerle kırıklı ve bir topoğrafyaya sahiptir. Rakımı 250-900 m. arasında değişmektedir. Alan, gençleştirme alanlarından oluşmaktadır. Çoğunlukla 12-35 yaş aralığında, genç ve yanma riski yüksek çağda ağaçlıklardan oluşmaktadır ^[15]. Orman yangınının gerçekleştiği alan Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Orman yangınının gerçekleştiği alana ait görüntü.

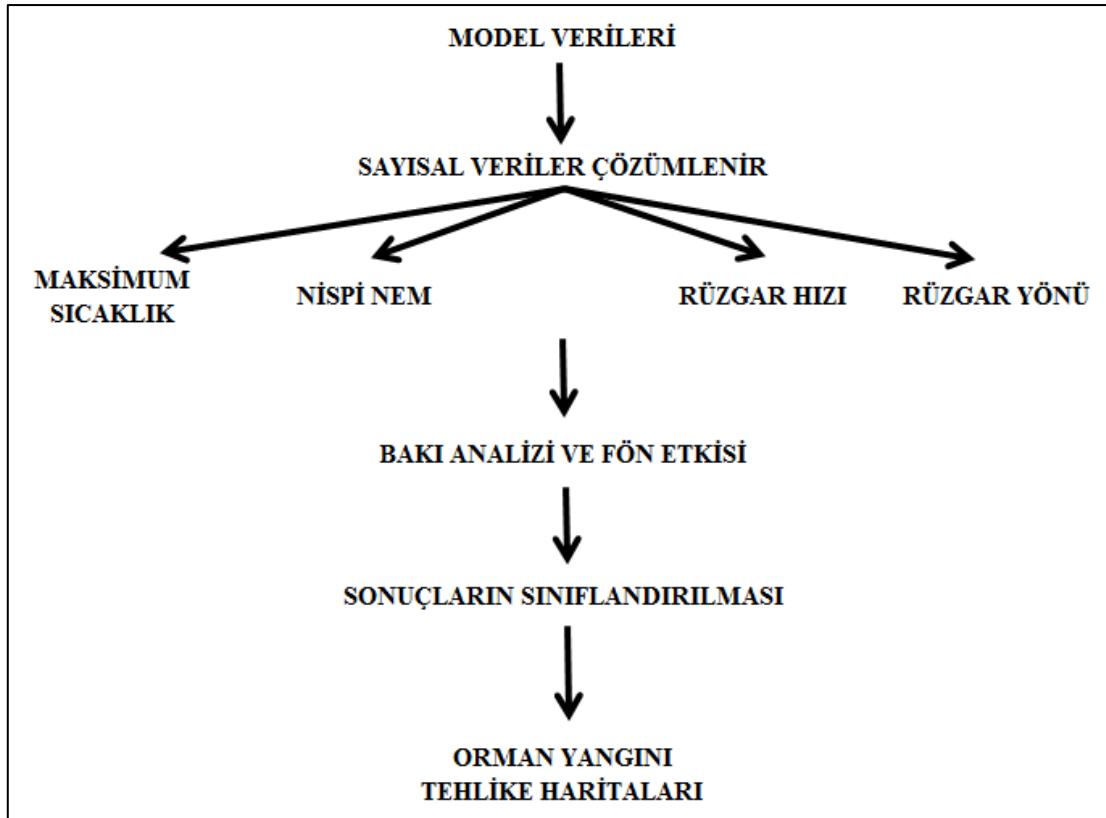
Orman Yangınları Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi (MEUS)

Çalışmada veri elde ettiğimiz Orman Yangınları Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi (MEUS), Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilmiş yerli bir modeldir. Model, orman yangınının oluşabileceği riskli bölgeleri tahmin etmektedir. MEUS modeli, çözünürlüğü ~4-5 km olan ALARO (transition step between ALadin and AROme) adı verilen meteorolojik tahmin modelinden elde edilen maksimum sıcaklık, nispi nem, rüzgar hızı ve yönü verilerinden yararlanmaktadır. Türkiye üzerinde yaklaşık 59356 noktada (grid) hesaplama yapılmaktadır.

MEUS modeli tarafından hazırlanan haritaların oluşturulmasında 5 aşama izlenmektedir:

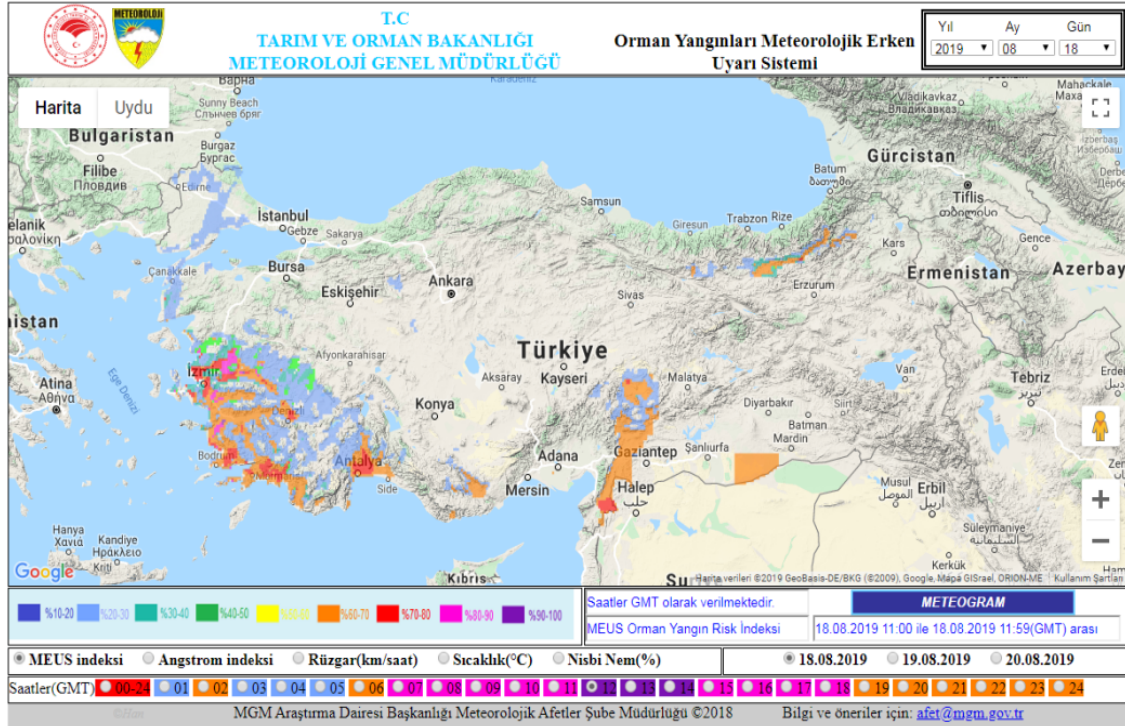
- 1-) ALARO meteorolojik modelinden veriler elde edilmekte ve çözümlenmektedir.
- 2-) Türkiye orman varlığını gösteren harita üzerine bu veriler işlenmektedir.
- 3-) Bakı analizine tabi tutularak rüzgarın yönüne göre fön etkisine bakılmaktadır.
- 4-) Tehlike tablosu göz önüne alınarak sınıflama yapılmaktadır.
- 5-) Tehlike haritaları oluşturulmaktadır ^[7].

MEUS modelinin çalışmasının akış şeması Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekil 3. MEUS modeli akış şeması.

MEUS modelinin çıktısına ait örnek bir ürün ise Şekil 4’de gösterilmektedir. Model ürünlerinde, MEUS orman yangını risk indeksinin yanında, Angstrom indeksi, rüzgar (km/saat), sıcaklık (°C) ve nispi nem (%) bilgileri de bulunmaktadır. Ayrıca, seçilen güne ait her bir saat adımının bilgileri ile birlikte, o günün ortalama değerleri de gösterilebilmektedir.



Şekil 4. MEUS Modeli örnek görüntüsü.

Suomi Ulusal Kutupsal Yörünge Ortaklığı Uydusu (Suomi National Polar-orbiting Partnership - NPP)

NPP, iklim değişikliği ve kısa vadeli atmosferik koşullar hakkında veri sağlayacak olan yeni nesil Dünya gözlemci uydu sisteminin oluşturulmasında önemli bir ilk adımı temsil etmektedir. NPP uydusu, NASA, Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) ile Savunma Bakanlığı arasındaki ortaklık sonucu oluşturulmuştur. Görünür Kızılötesi Görüntüleme Radyometre (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite-VIIRS) sensörü, 28 Ekim 2011 tarihinde piyasaya sürülen NPP uydusu platformundaki beş enstrümandan biridir. VIIRS sensörü, Gelişmiş Çok Yüksek Çözünürlüklü Radyometre (The Advanced Very-High-Resolution Radiometer-AVHRR), Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-MODIS) ve Deniz Bakılı Geniş Görüş Açısı Sensörü'nün (Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor-SeaWiFS) başlattığı ölçüm serisini genişletmek ve geliştirmek için tasarlanmıştır. NPP uydusu üzerinde bulunan VIIRS enstrümanından elde edilen ürünler, bulut ve aerosol özelliklerini, okyanus rengini, okyanus ve kara yüzey sıcaklığını, buz hareketini ve sıcaklığını, yangınları ve Dünya'nın albedosunu ölçmek için kullanılmaktadır. Klimatologlar da, küresel iklim değişikliği anlayışımızı geliştirmek için VIIRS verilerini kullanmaktadırlar [16]. Bu çalışmada, veri elde ettiğimiz VIIRS "Fire and Thermal Anomalies" ürünü, aktif yangın algılamalarını ve volkanlar ve gaz patlamaları gibi termal anomalileri gösterir. Sensör çözünürlüğü 375 m, görüntü çözünürlüğü 250 m'dir ve geçici çözünürlük günde iki defadır. Bu veriler yangın yönetiminin (örneğin, gerçek zamanlı alarm sistemleri) yanı sıra, gelişmiş yangın haritalama gerektiren diğer bilim uygulamaları için de uygundur [17].

VIIRS Fire and Thermal Anomalies ürünü algoritmasında veriler, parlaklık ve normalleştirilmemiş yansıma açısından doğrusal ölçeklendirilmiş tamsayılar olarak girilir. Girdi veri dosyası ayrıca ölçeklendirilmiş tam sayıları ışınım ve normalleştirilmemiş yansıma dönüşümüne dönüştürmek için bazı katsayılar içerir. Normalleştirilmemiş yansıma, $\rho' = \pi Li / F_0$ olarak tanımlanır; burada Li ölçülen ışınımı ve F_0 sensör spektral bant geçidi üzerine entegre edilmiş atmosfer güneş ışınımının tepe verisini ifade eder. Algoritmada kullanılan yansıma (veya normalleştirilmiş yansıma) yukarıdaki değerlerden hesaplanır. $SZA \geq 85^\circ$ için 0 olarak tanımlanır ve $SZA \leq 85^\circ$ için ise $\rho' = \rho' / \cos(SZA)$ olarak hesaplanır. Burada SZA, güneş zenith açısını ifade etmektedir. Yansıma doğrudan VIIRS SDR'den elde edilebilir. Termal bant verileri (bu algoritma için M13, M15 ve M16), SDR dosyasından parlaklık olarak girer. Sonrasında, bu veriler parlaklık sıcaklıklarına dönüştürülür [18]. Çalışmada kullanılan, Fire and Thermal

Anomalies ürünleri, NASA tarafından aktif yangın yerleri sağlamak üzere geliştirilmiş “Fire Information for Resource Management System” sitesinden elde edilmiştir

METEOSAT II.Nesil Uyduları (The Meteosat Second Generation - MSG)

MSG uyduları, meteorolojistlerin operasyonel kullanımı için her 15 dakikada bir Avrupa, Afrika ve Atlantik ve Hint Okyanusu'nun ayrıntılı görüntülerini sağlayan uydu sistemi olarak hizmet vermektedir. MSG uyduları toplamda 4 uydu ve yer hizmetlerinden oluşmaktadır. EUMETSAT- ESA ortaklığı ile geliştirilmektedir. Bu uydular, ileri teknolojiye sahiptirler. Artan gelişmiş hava tahmini ihtiyacını karşılamak için yüksek zamansal ve alansal çözünürlük özellikleriyle daha sık ve doğru bilgi sağlamaktadırlar. Bu gelişmiş uydu, hava tahmini için kilit bilgi ve görüntüleri sağlamakla birlikte, hidroloji, tarım, çevre çalışmaları, risk önleme ve afet uyarıları gibi diğer uygulamalar için veriler sağlar. Toplanan veriler rutin olarak meteoroloji ve iklim değişikliği çalışmaları için kullanılmaktadır.

MSG uydusu daha detaylı olarak şu uygulamaları destekler:

- Hava kütlelerinin özelliklerini, termodinamik ve bulut fiziği parametrelerini gözlemler,
- Yüksek çözünürlüklü görüntüleme ile konvektif bulut gelişimleri tespiti,
- Sık görüntüleme sayesinde, bulutlarda ki hızlı değişimlerin gözlemlenmesi,
- Yakın gerçek zamanlı SEVIRI ham verileri düzeltilerek (Level 1.5) görüntülenir.

Spektral kanal aracılığı ile yer yüzeyinin gözlemlenmesi, bulutsuz alanların gözlemlenmesi, ozon kanalları ve yüksek radyometrik veri doğrulamanın sağlanması iklim ve kurtarma çalışmalarını destekler^[19]. Bu çalışmada veri elde ettiğimiz Ch4 IR3.9 kanal görüntüsü, bir piksel içinde yangının varlığını gösteren bir yangın algılama ürünüdür. Şu formülle hesaplanmaktadır:

$$R_{refl} = 100(R_{tot} - R_{therm}) / (TOARAD - R_{therm});$$

burada, R_{refl} = % olarak yansıma değerini, R_{tot} = ölçülen toplam ışınımı, R_{therm} = ışınımın termal bileşenini ve $TOARAD$ = atmosfer tepesinin güneş sabitini ifade etmektedir^[20].

Çalışmada kullanılan diğer bir ürün olan Eview görüntüsü, SEVIRI cihazından alınan verilere dayanan bir RGB (Kırmızı, Yeşil, Mavi) birleşimidir. Yüksek Çözünürlüklü Görünür kanaldan elde edilen ve sıcaklık bilgilerini sağlayan IR10.8 kanalındaki verilerden elde edilmektedir.

NPP ve MSG uydularının temel bilgileri Tablo 1’de gösterilmiştir^[21,22].

Tablo 1. NPP ve MSG uydularına ait temel bilgiler

Uydu	Çözünürlük	Geçiş Sıklığı	Ürünler
NPP	375 m.	Günde 2 defa (~13:30 PM ve 1:30 AM)	-Bulut ve aerosol özellikleri -Yüzey sıcaklığı -Buz hareketi -Yangınlar - Dünya albedosu
MSG	3 km.	15 dakikada bir	-Hava kütlelerinin özellikleri -Bulut gelişimi -Yüzey özellikleri -Yangınlar - Ozon durumu

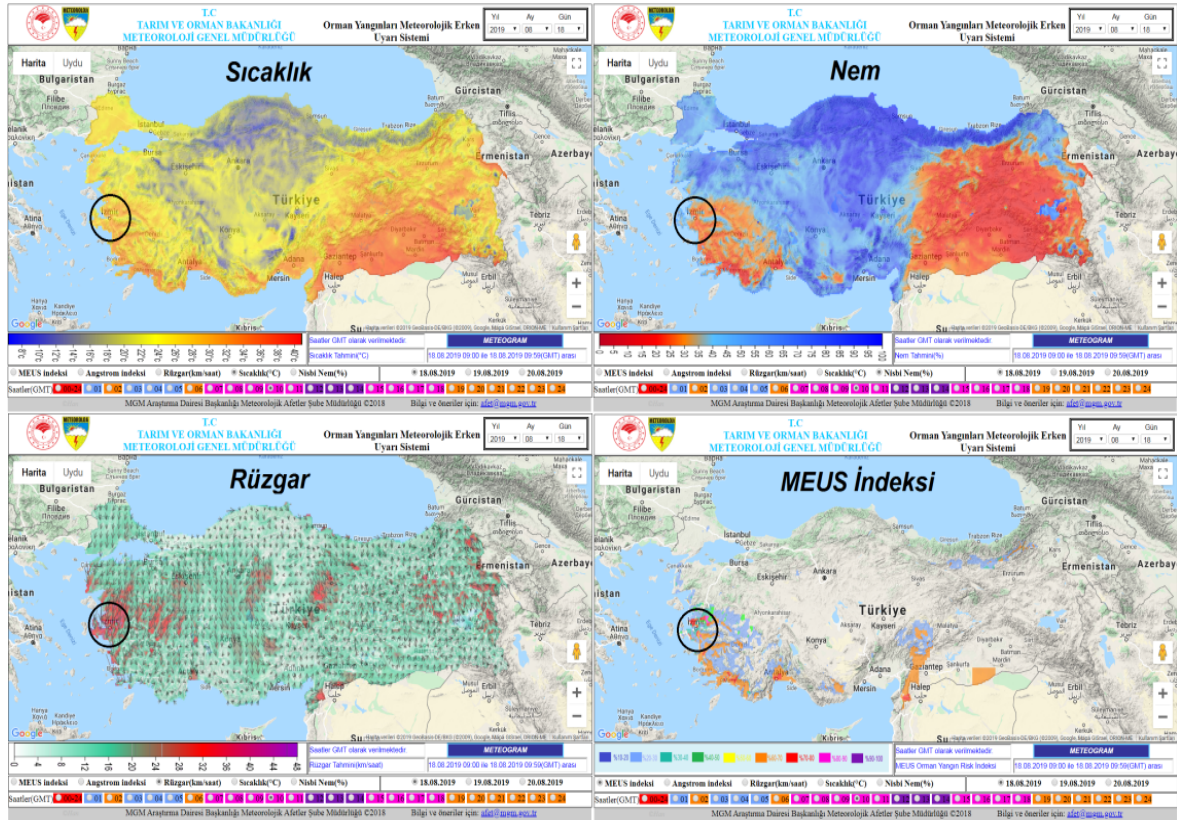
HYSPLIT Yörünge Analizi

HYSPLIT yörünge modeli^[23], atmosferik taşınım ve dağılım amacıyla kullanılmak üzere Ulusal Atmosfer ve Okyanus İdaresi (NOAA) tarafından geliştirilmiş bir modeldir. Model, belirli bir bölgedeki hava kütlelerinin istenilen tarihteki yörüngesini gösterebilmektedir. Model, NOAA’ya ait siteden online olarak çalıştırılabilmektedir^[24]. Bu çalışmada, 12UTC (yerel saatle 15:00) zamanında İzmir-Tırazlı koordinatlarında atmosferdeki dumanlı hava kütlelerinin 3 gün sonrasına kadarki yörüngesi modellenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Orman yangınları, birçok orman kaynaklarını yok eden ve ekolojik çevreye zarar veren önemli doğal afet çeşitlerinden biridir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen MEUS modeli, potansiyel orman yangınları riskini tahmin eden bir yazılımdır. Bunun yanında, uzaktan algılama teknolojisi, orman yangınlarının izlenmesi ve çevreye verdiği tahribatın gözlemlenmesi için etkili bir araç olarak bilinmektedir.

Bu çalışma ile, İzmir Karabağlar-Tırazlı köyünde 18 Ağustos 2019 tarihi öğle vakitlerinde başlayan ve kısa sürede büyük bir alanda etkili olan orman yangını incelenmiştir. MEUS modeli ürünlerine göre (Şekil 5), orman yangınının yaşandığı bölgede ve zamanda sıcaklıkların yüksek, nemin ise düşük olduğu görülmektedir. Bölgede öğleden sonra yerel saatle 13:00'da sıcaklıkların $\sim 32^{\circ}\text{C}$ civarlarında olduğu, nemin ise $< 30\%$ olduğu görülmektedir. Bu koşullar bölgede orman yangınının başlaması için uygun koşullar olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca, rüzgar hızının ~ 45 km/saat civarlarında olduğu, yönünün ise kuzey ve kuzeydoğu olduğu görülmektedir. Tüm bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda, orman yangınlarının başlamasında ve yayılmasında oldukça uygun koşulların olduğu görülmektedir. Nitekim orman yangınları riskini gösteren MEUS indeksi de İzmir ve çevresi için 18 Ağustos 2019 tarihinde orman yangını riski vermiştir (Şekil 5).

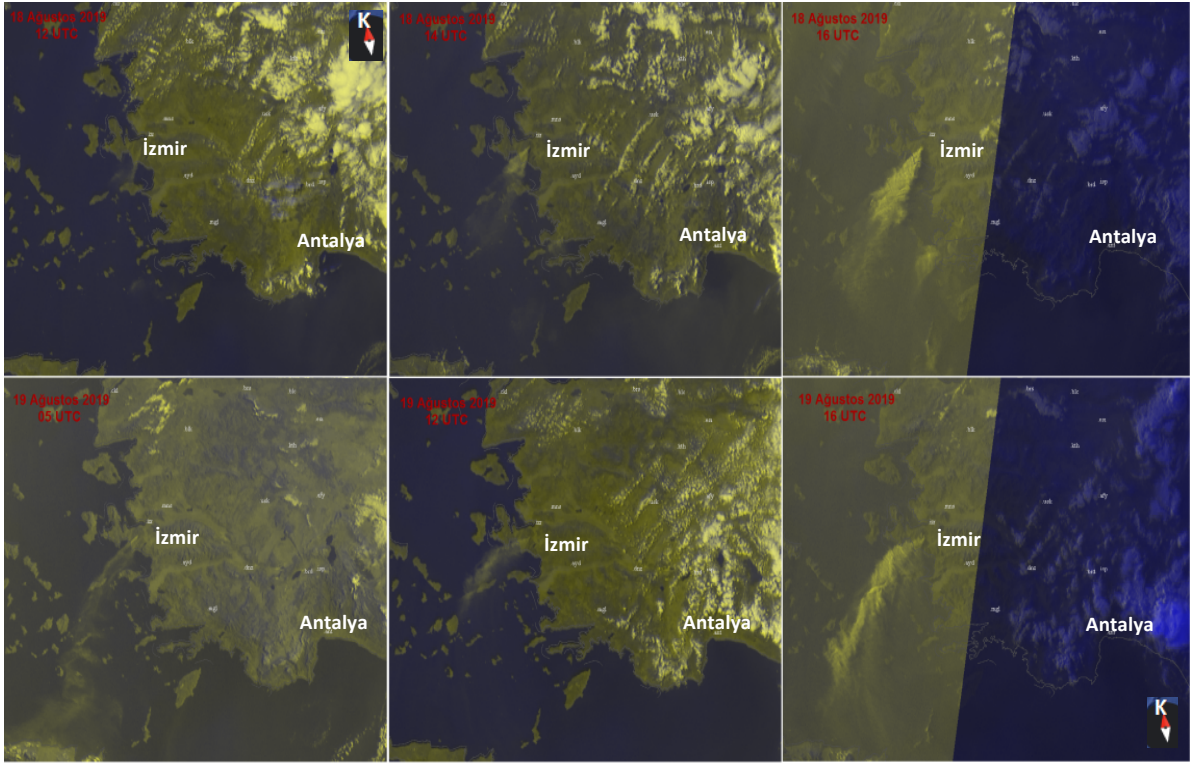


Şekil 5. MEUS modeline ait sıcaklık, nem, rüzgar ve MEUS indeksi haritaları.

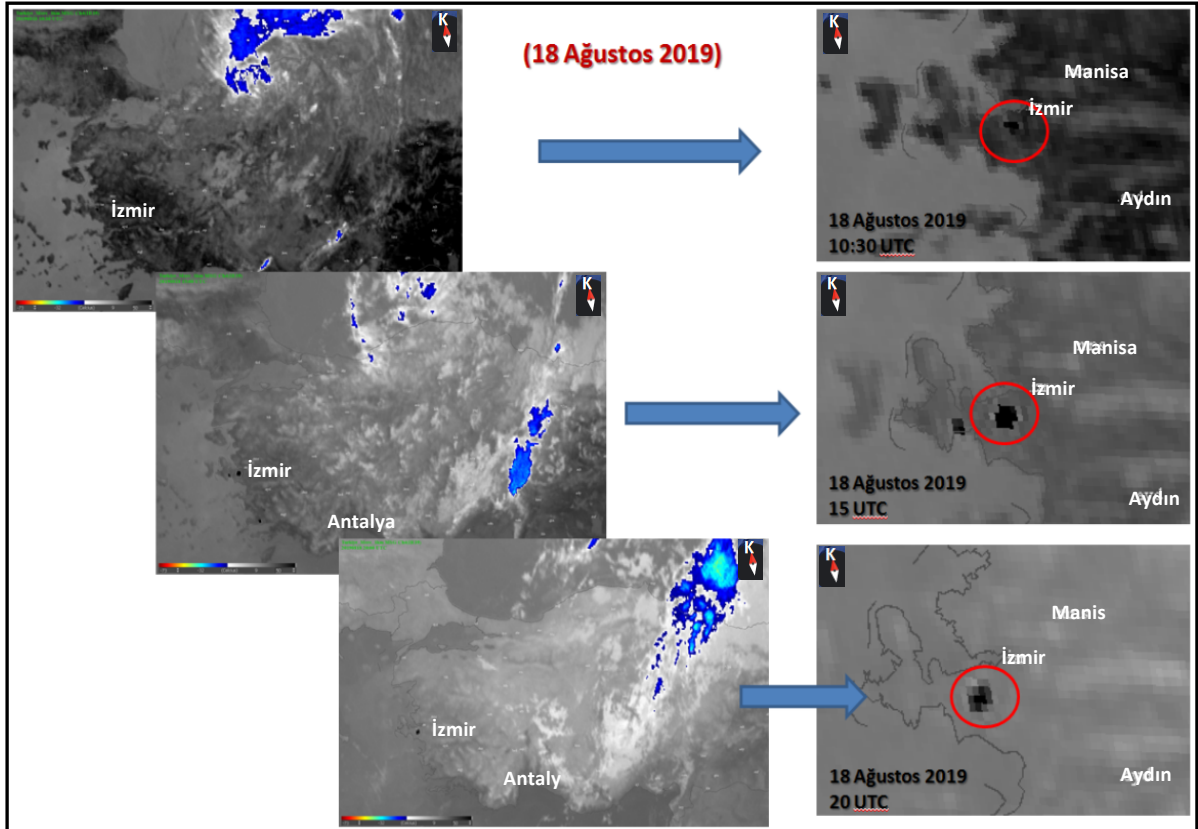
Şekil 6'da ise MSG uydusuna ait eview görüntüleri yer almaktadır. 18 Ağustos 2019 tarihi 12 UTC'de (yerel saatle yaklaşık 15:00) bölgedeki orman yangını sebebiyle atmosfere salınan dumanın etkilerinin uydu görüntülerine yansıdığı görülmektedir. İlerleyen zamanlarda, 14 UTC ve 16 UTC'de (yerel saatle 17:00 ve 19:00) bölgede yaşanan orman yangınının etkisini artırmasıyla beraber atmosfere salınan dumanın da etkisini artırdığı görülmektedir. 19 Ağustos 2019 tarihinde ise atmosfere salınan dumanın halen devam ettiği, 16 UTC'de (yerel saatle 19:00) tamamen Ege denizi üzerine yayıldığı ve güney yönünde hareket ettiği uydu eview görüntülerinde görülmektedir.

Orman yangınlarından etkilenen bölgelerin incelenmesi amacıyla hazırlanan diğer bir ürün olan MSG Uydusu Ch4 IR3.9 kanal görüntüleri ise 18 Ağustos 2019 ve 19 Ağustos 2019 tarihleri için sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de görülmektedir. 18 Ağustos 2019 tarihi 10:30 UTC'de (yerel saatle 13:30) yangından etkilenen bölgelerin haritada belirginleştiği göze çarpmaktadır. İlerleyen saatlerde 15 UTC

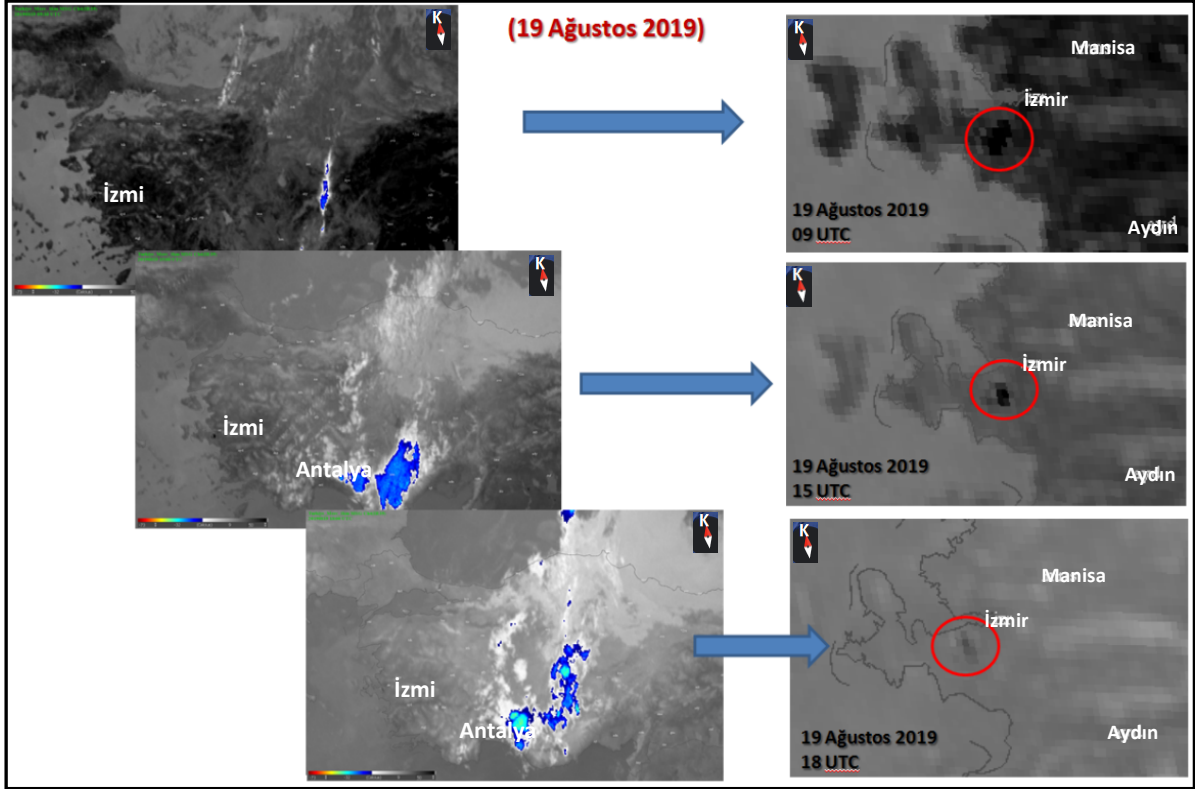
ve 20 UTC'de (yerel saatle 18:00 ve 23:00) yangından etkilenen alanların daha genişlediği görülmektedir.



Şekil 6. MSG Uydusu Eview Görüntüleri (üst sütun 18 Ağustos 2019, alt sütun 19 Ağustos 2019 tarihlerine ait çeşitli zaman adımlarını göstermektedir).



Şekil 7. 18 Ağustos 2019 tarihine ait MSG Uydusu Ch4 IR3.9 Kanal Görüntüleri.



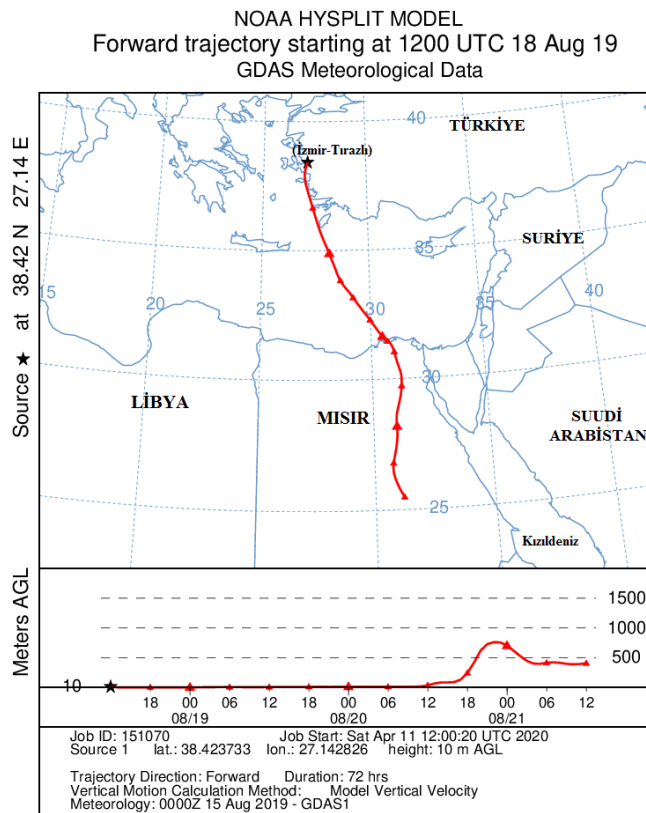
Şekil 8. 19 Ağustos 2019 tarihine ait MSG Uyduyu Ch4 IR3.9 Kanal Görüntüleri.



Şekil 9. NPP Uyduyu VIIRS - Fire and Thermal Anomalies Ürünleri.

19 Ağustos 2019 tarihinde öğle saatlerinde yangının halen devam etmesi sebebiyle etkilenen alanların halen geniş bir bölgeyi kapsadığı görülmektedir. Akşam saatlerine doğru 18 UTC'de (yerel saatle 21:00) ise yangının sönmülenmesi ile birlikte etkilenen alanların da oldukça azaldığı görülmektedir (Şekil 8). Bunun yanında, NPP uydusu "VIIRS - Fire and Thermal Anomalies" ürünleri 18, 19 ve 20 Ağustos 2019 tarihleri için Şekil 9'da gösterilmektedir. Orman yangınının 18 Ağustos 2019 tarihinde oldukça geniş bir alanı etkilediği bu uydu görüntüsünde de görülmektedir. 19 Ağustos 2019 tarihinde ise yangının genişlediği ve yangın merkezinin biraz daha dış kesimlerine doğru yayıldığı görülmektedir. 20 Ağustos 2019 tarihinde ise bölgedeki orman yangınının sönmülenmesiyle beraber, etkilenen alanların azaldığı görülmektedir.

Orman yangını sebebiyle atmosfere salınan dumanın taşındığı bölgeleri incelemek amacıyla hazırlanan HYSPLIT yörünge modeli Şekil 10'da gösterilmektedir. Haritada görülen kırmızı çizgi İzmir-Tirazlı bölgesinde 18 Ağustos 2019 tarihi 12 UTC (yerel saatle 15:00) itibariyle atmosfere salınan dumanın atmosferik hareketle birlikte 3 gün sonrasına kadarki yörüngesini göstermektedir. Gerçekleşen orman yangını sonucu atmosfere salınan dumanın Ege denizi ve Akdeniz üzerinden Mısır'a kadar ilerlediği görülmektedir.



Şekil 10. İzmir-Tirazlı bölgesinde 18 Ağustos 2019 tarihi 12 UTC (yerel saatle 15:00) itibariyle atmosfere salınan dumanın 3 gün sonrasına kadarki yörüngesi

Sonuç olarak, uydu ve model verileri kullanılarak elde edilen ürünler, İzmir-Tirazlı'da gerçekleşen orman yangınının bölgede hızla yayıldığını, yangından etkilenen alanların oldukça geniş bir alanı kapsadığını ve atmosfere salınan dumanın Mısır'a kadar ulaştığını göstermektedir. Bölgenin topoğrafik yapısı, yangın sırasında bölgede gerçekleşen kuvvetli rüzgarlar, düşük nem ve yüksek sıcaklık koşulları yangının bu denli büyük alanda etkili olmasındaki sebeplerdir.

Orman yangınlarına yönelik erken uyarı sağlayan MEUS modeli ürünleri, ormancılık sektörü açısından kritik öneme sahip çıktılardır. MEUS modeli, yangın önleyiciler için meteorolojik tahminlere dayalı potansiyel yangın tehlike seviyesini tahmin etmektedir. Potansiyel orman yangını riskinin yanında sıcaklık, nem ve rüzgar gibi meteorolojik rünlerin de tek bir portalda gösteriliyor olması, kullanıcılarına önemli faydalar sağlamaktadır. Bunun yanında, uydular ise aktif yangınları ve termal anomalileri tespit etmek için kullanılacak veriler sağlamaktadırlar. Uydu verileri, yangınları tespit

etme, izleme ve karakterize etmede önemli rol oynamaktadırlar. Bu veriler aynı zamanda, yangının uzaysal ve zamansal dağılımını incelemek, volkanlar ve gaz patlamaları sonucu ısınan noktaları tespit etmek ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilecek dumanlardan kaynaklanan hava kirliliğinin kaynağını bulmak açısından faydalıdır. Ayrıca bu çalışmada kullanıldığı gibi çeşitli uydu verileri kullanılarak gerçekleşen yangınların haritalanması, mevcut yangınların bir görünümünü sağlamak ve sonrasında yangından etkilenen alanların haritalanmasına yardımcı olmak açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Harvey, B.J., Donato, D.C., Turner, M.G. 2016. High and dry: Post-fire tree seedling establishment in subalpine forests decreases with post-fire drought and large stand-replacing burn patches: *Glob. Ecol. Biogeogr.* Cilt. 25, s. 655–669. DOI: 10.1111/geb.12443.
- [2] Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J. 2017. Forest disturbances under climate change: *Nat. Clim. Chang.* Cilt. 7, s. 395–402. DOI: 10.1038/nclimate3303.
- [3] Gudmundsson, L., Rego, F.C., Rocha, M., Seneviratne, S.I. 2014. Predicting above normal wildfire activity in southern Europe as a function of meteorological drought: *Environ. Res. Lett.* Cilt: 9, 084008. DOI:10.1088/1748-9326/9/8/084008.
- [4] Maffei, C., Alfieri, S. M., Menenti, M. 2018. Relating Spatiotemporal Patterns of Forest Fires Burned Area and Duration to Diurnal Land Surface Temperature Anomalies: *Remote Sens.* Cilt: 10(11), 1777. DOI:10.3390/rs10111777.
- [5] Anonim, 2019. Ormancılık İstatistikleri. Orman Genel Müdürlüğü yayını, Ankara. (<https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>).
- [6] Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam, B. 2002. Yangın Davranışının Tahmini ve Yangınlarla Mücadeledeki Önemi: *G.Ü. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi.* Cilt: 2(2), s. 124-134.
- [7] Anonim 2018. Orman Yangınları Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi (MEUS). Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, Türkiye. (<https://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=ormanyangin>).
- [8] Bonsor, K. 2001. How Wildfires Work. <https://science.howstuffworks.com/nature/natural-disasters/wildfire.htm> (Erişim Tarihi: 12.12.2019).
- [9] Leblon, B., Bourgeau-Chavez, L., San-Miguel-Ayanz, J. 2012. Use of remote sensing in wildfire management, In *Sustainable Development-Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management*, InTech, London, UK..
- [10] Jang, E., Kang Y., Im J., Lee D.W., Yoon J and Kim S.J. 2019. Detection and Monitoring of Forest Fires Using Himawari-8 Geostationary Satellite Data in South Korea: *Remote Sens.* Cilt: 11(3), 271. DOI:10.3390/rs11030271.
- [11] Esem, K., Sunar, F. 2008. SPOT 2 Uydu Görüntüleri İle Orman Yanığını Analizi: Bodrum Örneği. 2. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS 2008, 13-15 Ekim, Kayseri, 674-681.
- [12] Esem, K. 2011. Uydu Görüntüleri İle Orman Yangını Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, İstanbul.
- [13] Özgün, B., Çakıroğlu, M. 2017. Orman yangınlarının Msg 4 nolu kanal ve görüntü iyileştirmeleri ile incelemeleri. III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu UZALMET 2017, 16-19 Ekim, Antalya.
- [14] Sabuncu, A., Özener, H. 2019. Uzaktan Algılama Teknikleri ile Yanmış Alanların Tespiti: İzmir Seferihisar Orman Yangını Örneği, Cilt. 5, s. 317-326. DOI: 10.21324/dacd.511688.
- [15] Anonim, 2019. 18-20/08/2019 Tarihli İzmir Orman Yangını ile İlgili Basın Açıklaması. Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara. (https://www.ormancilarderneği.org/dosyalar/files/TOD_izmir_yangini_basin_bildirisi%2812.09.2018%29.pdf).
- [16] Wolfe, R. 2019. Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/viirs/> (Erişim Tarihi: 11.11.2019).

- [17] Schroeder, W., Giglio, L. 2018. NASA VIIRS Land Science Investigator Processing System (SIPS) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) 375 m & 750 m Active Fire Products Product, User's Guide Version 1.4, National Oceanic and Atmospheric Administration, USA.
- [18] Joint Polar Satellite System (JPSS) VIIRS Active Fires: Fire Mask Algorithm Theoretical Basis Document. https://www.star.nesdis.noaa.gov/jpss/documents/ATBD/D0001-M01-S01-021_JPSS_ATBD_VIIRS-Active-Fires.pdf (Erişim Tarihi: 02.12.2019).
- [19] Anonim, 2019. Meteosat II. Nesil Uydu Programı. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara. (<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojikuydular.aspx?s=412>).
- [20] Murata, H., Shimizu, A. 2017. Adjusting SEVIRI RGB recipes for AHI. http://www.wmo.int/pages/prog/sat/meetings/documents/RGB-WS-2017_Doc_01a_Adjusting-SEVIRI-RGB-recipes-for-AHI-share.pdf (Erişim Tarihi: 23.12.2019).
- [21] Anonim 2020. VIIRS I-Band 375 m Active Fire Data. NASA Earthdata yayını, University of Maryland, USA. (<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms/viirs-i-band-active-fire-data>).
- [22] Anonim 2020. Meteosat Second Generation (MSG) Spacecraft, European Space Agency Earth Observation yayını, Frascati, Italy. (<https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/m/meteosat-second-generation>).
- [23] Anonim 2019. HYSPLIT Description, NOAA Air Resources Laboratory yayını, Maryland, USA. (<https://www.arl.noaa.gov/hysplit/hysplit/>).
- [24] Anonim 2020. HYSPLIT-WEB (Internet-based), NOAA Air Resources Laboratory yayını, Maryland, USA. (<https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>).