

# Antalya İlinde Yüzey Sıcaklıklarındaki Değişimler ve Orman Yangınları ile İlişkisi

Yasin Furkan Şenlik<sup>1,\*</sup>, Erkan Yılmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, 06500, Ankara.

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 06410, Ankara.

## Özet

Bu çalışmada Antalya ilinin 2000-2022 yılları arasındaki ortalama yüzey sıcaklığı dağılışı ve eğilimleri incelenmiştir. Ayrıca 2003-2021 yılları arasında yüzey sıcaklıkları ile orman yangınları arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmada en düşük yüzey sıcaklıkları yükseltinin etkisiyle Bey Dağları ve Geyik Dağlarında belirlenmiştir. En sıcak yerlerin ise Aksu Ovası, Antalya Tufa Platosu ve Kestel Polye Sistemi olduğu görülmüştür. Çalışma sahasında gündüz saatlerinde genellikle yüzey sıcaklıklarında azalış eğilimi görülürken, geceleri ise artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Yüzey sıcaklığı ile orman yangını ilişkisini incelemek için 11 yangın belirlenmiştir. Yangın çıkış noktalarına ait uzun yıllık yüzey sıcaklıklarına uygulanan regresyon analizi sonucunda günün en sıcak saatinde, hiçbir yangın çıkış noktasında anlamlı bir sıcaklık artışının olmadığı görülmüştür. Yangınlardan önceki son 10 günde ise yalnızca 1 yangında sıcaklık artış eğiliminin olduğu tespit edilmiştir. 23 yıllık periyotta Antalya'da toplam 5076 orman yangınının gerçekleştiği ve bunların %87'sinin insan kaynaklı olduğu görülmüştür. Sonuçta Antalya'da orman yangınları üzerinde ana faktörün insan olduğu, yüzey sıcaklıklarının ancak dolaylı olarak orman yangınlarını etkileyebileceği anlaşılmıştır.

## Anahtar Sözcükler

Yüzey Sıcaklığı, Orman Yangınları, MODIS, Antalya

## Changes in Surface Temperatures and Their Relationship with Forest Fires in Antalya Province

### Abstract

In this study, the distribution and trends of the average surface temperature of Antalya province between 2000-2022 are analyzed. It was also investigated whether there is a significant relationship between surface temperatures and forest fires between 2003-2021. The lowest surface temperatures were found in Bey Mountains and Geyik Mountains due to the effect of elevation. The warmest places are Aksu Plain, Antalya Tufa Plateau and Kestel Polje System. In the study area, there is generally a decreasing trend in surface temperatures during daytime hours, while there is an increasing trend at night. 11 fires were selected for examination of the relationship between surface temperatures and wildfire. As a result of the regression analysis applied to the long years surface temperatures of the fire exit points, it was observed that there was no significant temperature increase at any fire exit point during the hottest hour of the day. In the last 10 days before the fires, only 1 fire was found to have a temperature increase trend. In the 23-year period, a total of 5076 forest fires occurred in Antalya, 87% of which were caused by human activity. As a result, it is understood that the main factor affecting forest fires in Antalya is anthropogenic and that surface temperatures can only indirectly affect forest fires.

### Keywords

Surface Temperature, Forest Fires, MODIS, Antalya

## 1. Giriş

Ormanlar; kendine mahsus bir ortamı olan, kendi kendine yetişebilen ya da insanlar tarafından yetiştirilebilen, asıl elemanları çalılık ve ağaç olmakla beraber bunlara farklı hayvan ve bitki türlerinin, mikroorganizma ve minerallerin de eşlik ettiği ve tüm unsurların etkileşim halinde bulunduğu yerlerdir (Kurt, 2014; Lund, 2014; Duran, 2023).

Orman yangınları; ister canlı ister cansız olsun ormanda bulunan ve yanabilen ağaç, yaprak, ibre, dal vb. gibi varlıkların tamamını ya da bir kısmını yakan ve zarar veren, ormanı meydana getiren biyotik ve abiyotik faktörleri etkileyen ve en önemlisi etrafının açık olmasından ötürü serbest yayılma özelliği gösteren yangınlar şeklinde tanımlanmaktadır (Çanakçıoğlu, 1979; Hızal & Akkuzu, 2002; Zile, 2018; Özdemir & Çelik, 2020; Ergün, 2023).

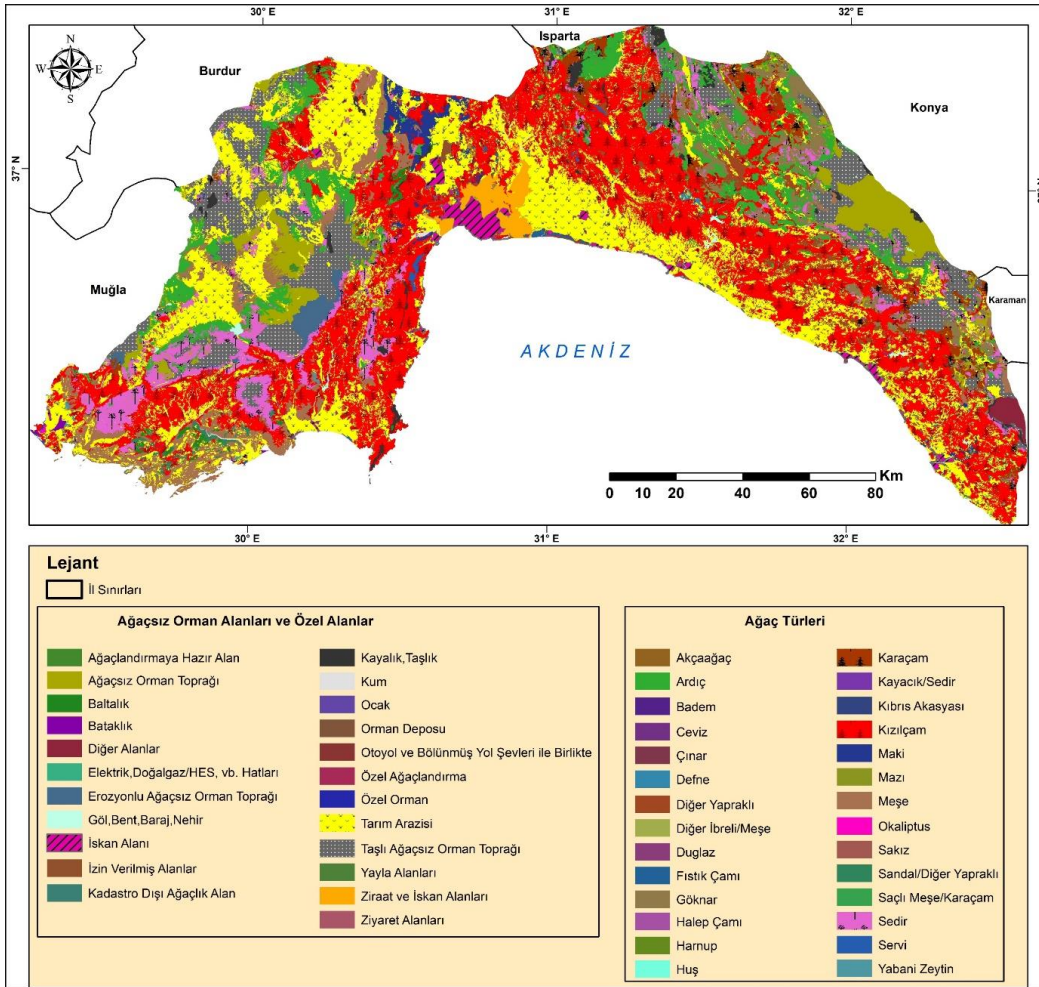
Dünya yüzeyinin ısıtım sıcaklığı olan yüzey sıcaklığı, yer yüzeyindeki doğal (toprak, bitki örtüsü, su yüzeyleri vd.) ve beşeri (binalar, yollar vd.) tüm yüzeylerin sıcaklığını ifade etmekte ve su dengesi, yüzey enerjisi ve insanlar üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Li vd., 2021; Cho vd., 2022; Adayeri vd., 2024).



Yıllık toplam yağış ortalaması 1053,4 mm olan Antalya’da, ortalama sıcaklık 18,8 °C, en yüksek sıcaklık 45 °C ve en düşük sıcaklık -4,6 °C olarak kaydedilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024).

Akdeniz vejetasyon sahası içinde bulunan Antalya ilinde, bitki örtüsünü oluşturan asli unsur ormanlar olup, makiler ise çoğunlukla ormanların tahrip olduğu sahalarda yayılış alanı bulmaktadır (Avcı, 1993; Berberoğlu & Ertürk, 2020). Birçok ağaç ve bitki türünün yayılış gösterebildiği Antalya ilinde en büyük alana yayılış göstermiş ve ormanların asıl unsurunu oluşturan ağaç türü kızılçamlardır (*Pinus brutia*) (Şekil 2). Kızılçamlar, tahribe uğramadığı sahalarda kıyı kesimlerden başlayarak 1200 metreye kadar yayılış göstermektedirler. 1000 metreden yaklaşık 2200 metrelere kadar ise karaçam (*Pinus nigra*), sedir (*Cedrus libani*), göknar (*Abies cilicica*) ve ardıç (*Juniperus* sp.) gibi türler yayılış göstermektedir. Kızılçam ormanları çalışma sahasının % 30’luk bölümünü kaplarken, ardıç ormanları % 7, sedir ve meşe ormanları ise % 5’lik bölümünü kaplamaktadır (Şenlik, 2024).

Kızılçamlar ışık ağacı olmaları, kuraklığa karşı bir mekanizma olarak geliştirdikleri bol reçineli ve yağlı yapıya sahip olmaları gibi özelliklerinden ötürü orman yangınlarına karşı oldukça hassas bir tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra kızılçamlar daha geniş bir sahaya yayılabilmek için orman yangınlarına ihtiyaç duymaktadır. Antropojenik etkiler devreye girene kadar, bir denge içerisinde ilerleyen kızılçam-yangın ilişkisi, insan etkisiyle beraber bozulmaya başlamıştır.



Şekil 2: Çalışma alanının (Antalya) meşcere haritası

### 3. Materyal ve Yöntem

Çalışma alanına ait yüzey sıcaklığı verileri ise MODIS uydu sistemlerinin TERRA ve AQUA uydularından temin edilmiştir. Söz konusu uydulardan elde edilen yüzey sıcaklığı verileri 1 km çözünürlüğe sahiptirler. Veriler TERRA uydusu için 01.06.2000 ile 31.10.2022 tarihleri arasında kapsarken, AQUA uydusu için ilk ölçüm tarihi olan 04.07.2002’den 31.10.2022 tarihine kadar olan zamanı kapsamaktadır. Yüzey sıcaklığı verileri bu tarihler arasındaki tüm aylar için değil, Antalya için yangın sezonu olan haziran-ekim ayları arası için temin edilmiştir. Bu 5 aydaki orman yangınları 2000-2022 yılları arasındaki tüm yangınların %78’lik bölümüne karşılık gelmektedir (Şenlik, 2024).

Uydular çalışma sahasından gündüzleri yerel saat ile 11:30 ve 14:30'da yüzey sıcaklığı verisi toplarken, geceleri yerel saat ile 22:30 ve 03:30 saatlerinde yüzey sıcaklığı verisi toplamaktadır (NASA/Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System, 2024).

MODIS uydu verileri NASA'nın AppEEARS platformu üzerinden NetCDF formatında indirilmiştir. Daha sonra Panoply uygulaması kullanılarak NetCDF formatındaki veriler EXCEL formatına çevrilmiştir. EXCEL ortamındaki veriler öncelikle zaman serisine çevrilmiş, daha sonra bu serilerden aylık ortalama yüzey sıcaklığı verileri elde edilmiştir. Yüzey sıcaklıklarındaki eğilimler Mann-Kendall eğilim analizi ile belirlenmiştir. Bunun için öncelikle S değeri (Eşitlik 1) belirlenmiş, ondan sonra varyans (Eşitlik 2) ve  $Z_{MK}$  (Eşitlik 3) değerleri hesaplanmış ve değerler standart normal dağılıma göre değerlendirilmiştir.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{ışrt}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n_t} t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} m &= 1 & \text{eğer } S < 0 \\ m &= 0 & \text{eğer } S = 0 \\ m &= -1 & \text{eğer } S > 0 \end{aligned} \quad Z_{MK} = \frac{S + m}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad (3)$$

Elde edilen sonuçlar  $p < 0,05$  (%95 anlamlılık) ile  $p < 0,01$  (%99 anlamlılık) düzeyinde sınanmış, Z değeri 1,96'dan daha büyükse anlamlı artış, -1,96'dan düşük ise anlamlı azalış, 2,575'ten büyük ise şiddetli anlamlı artış, -2,575'ten küçük ise şiddetli anlamlı azalış olarak değerlendirilmiştir (Dikici, 2019; İrcan & Duman, 2022).

Son aşamada çalışma alanı için AppEEARS platformundan temin edilip, Panoply uygulamasıyla EXCEL'e çevrilip daha sonra da düzenlenen aylık ortalama yüzey sıcaklığı verileri (Şekil 3-8) ve Mann-Kendall eğilim testi sonuçları (Şekil 9-14) ArcGIS 10.8.1 yazılımında haritalandırılmıştır.

Çalışma alanının amenajman verileri Orman Genel Müdürlüğünden (OGM) temin edilmiş ve bu verilerden yararlanılarak ArcGIS 10.8.1 yazılımında sahanın meşcere haritası üretilmiştir (Şekil 2). Çalışma alanına ait orman yangını verilerinin temini için ise Antalya Orman Bölge Müdürlüğüne (OBM) başvurulmuştur. OBM'den 2000-2022 yılları arasına ait orman yangını çıkış noktalarının konum bilgisi ve yangın çıkış sebebi verileri temin edilmiştir. Yangın kayıt defterlerinde bulunan konum bilgilerinden yararlanılarak yangın çıkış noktaları meşcere verilerinin üzerinde olacak şekilde Coğrafi Bilgi Sistemleri (ArcGIS 10.8.1) ortamında haritalandırılmıştır (Şekil 15). Yine kayıt defterlerinde yer alan yangın çıkış sebeplerinden faydalanılmış ve yangınlar çıkış sebeplerine göre sınıflandırılmıştır. Kayıt defterlerinde birçok yangın sebebi olmakla beraber, yangın sebepleri temelde doğal ve beşeri olarak 2 sınıfa ayrılmaktadır. Bu sayede çalışma alanında meydana gelen orman yangınlarında asli sebebin doğal mı yoksa beşeri mi olduğu görülmüştür. Temin edilen yangınların 2000'den sonra başlatılmasının sebebi karşılaştırma yapmak için kullanılan MODIS uydu sistemlerinin ölçümlerinin bu yıldan sonra başlamasıdır. Aynı dönemler arasındaki orman yangınları ve yüzey sıcaklığı ölçümleri elde edilmiş ve iki parametre arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Çalışma alanının ortalama yüzey sıcaklığı dağılışı ve eğilimleri belirlendikten sonra orman yangınları ile ilişkilerinin incelenmesi için 11 örnek orman yangını seçilmiştir. Orman yangınlarının seçiminde bazı hususlara dikkat edilmiştir. Uzun yıllara ait değişimin incelenebilmesi için yangınlar 2022 yılından seçilmiştir. Sadece büyük Manavgat yangını 2021 yılında gerçekleşmiştir. Ayrıca yangın sezonu içerisindeki tüm ayların (haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim) durumunun görülebilmesi için her ayın en büyük 2 orman yangını (en geniş alanın yandığı) tercih edilmiştir. Yangın çıkış noktalarına ait yüzey sıcaklıklarına uygulanan Mann-Kendall ve regresyon analizleri, eksik yüzey sıcaklığı verisinin bulunmadığı 2003 yılından yangının gerçekleştiği yıldan bir önceki yıla (10 yangın için 2003-2021/Manavgat yangını için 2003-2020) kadar olan dönemi kapsamaktadır. Yangının gerçekleştiği yılda yüzey sıcaklığı değerleri ortalamaların çok üstüne çıktığından dolayı tüm değerleri etkilemektedir. Bu yüzden çalışmada yangın senesi değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Yukarıda açıklandığı üzere TERRA ve AQUA uyduları ikisi gündüz, ikisi gece olmak üzere toplamda 4 kez yüzey sıcaklığı verisi toplamaktadır. Çalışma sahasından gündüzleri saat 11:30 ve 14:30'da veri toplanmaktadır (NASA/Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System, 2024) ve bu ölçümlerden 14:30 ölçümü öğleden sonra ölçümü olması nedeniyle günün en sıcak saati olarak değerlendirilmiştir. Her bir yangın çıkış noktasında günün en sıcak saatine (14:30) ait ortalama yüzey sıcaklığı verisine basit doğrusal regresyon analizi uygulanarak orman yangınları ile yüzey sıcaklığı arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir. Denklemde Y bağımlı, X ise bağımsız değişkeni ifade etmektedir (Eşitlik 4). Çalışmada bağımlı değişken yüzey sıcaklığı, bağımsız değişken ise zamandır. Basit doğrusal regresyon analizi ile her bir yangın çıkış noktasında yıllar boyunca günün en sıcak saatinde anlamlı bir yüzey sıcaklığı değişimi olup olmadığı 0,05 anlamlılık seviyesinde sınanmıştır. Ayrıca tüm ölçüm saatlerinde (11:30, 14:30, 22:30, 03:30) ve yangından önceki son 10 günde yüzey sıcaklığında anlamlı bir değişim olup olmadığı Mann-Kendall eğilim analizi ile test edilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon \quad (4)$$

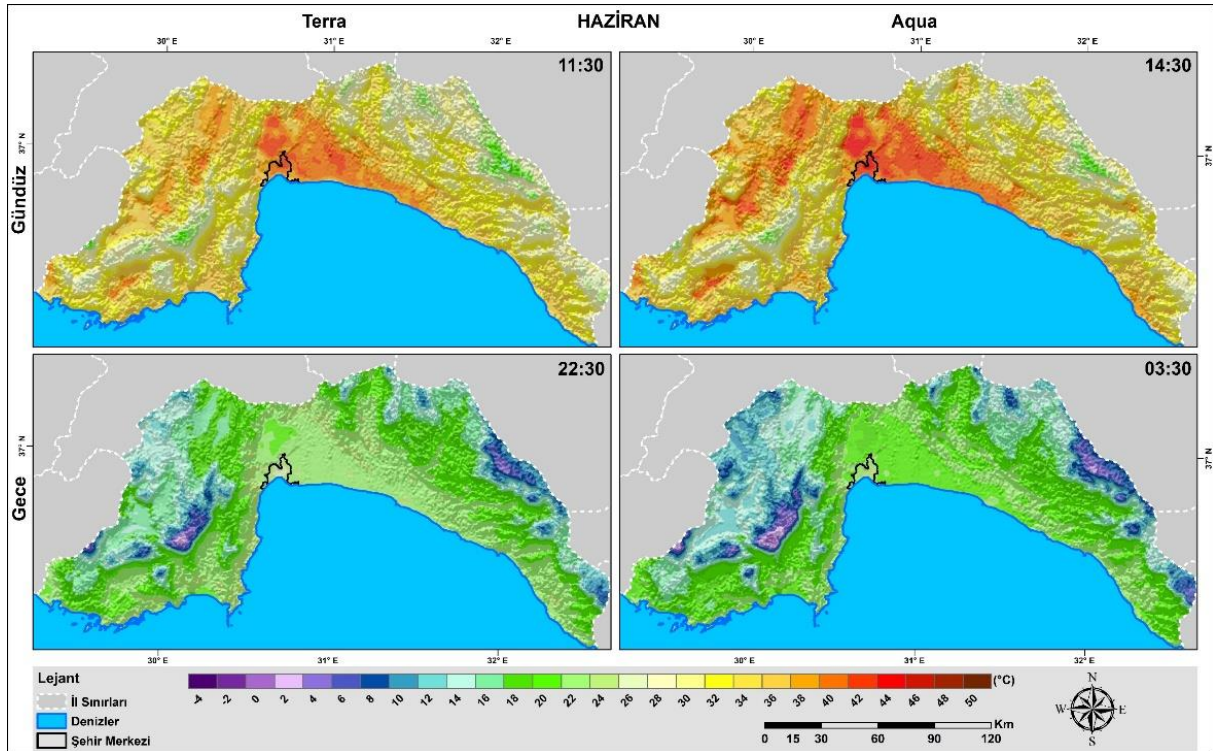
#### 4. Bulgular

Çalışmada öncelikle Antalya ilinde ortalama yüzey sıcaklıklarının dağılışı ve eğilimi anlatılacak daha sonra belirlenen örnek orman yangınları üzerinden yüzey sıcaklığı ve orman yangınları ilişkisi incelenecektir. Gerekli yerlerde literatürden de faydalanılacaktır.

##### 4.1. Ortalama Yüzey Sıcaklıkları ve Eğilimleri

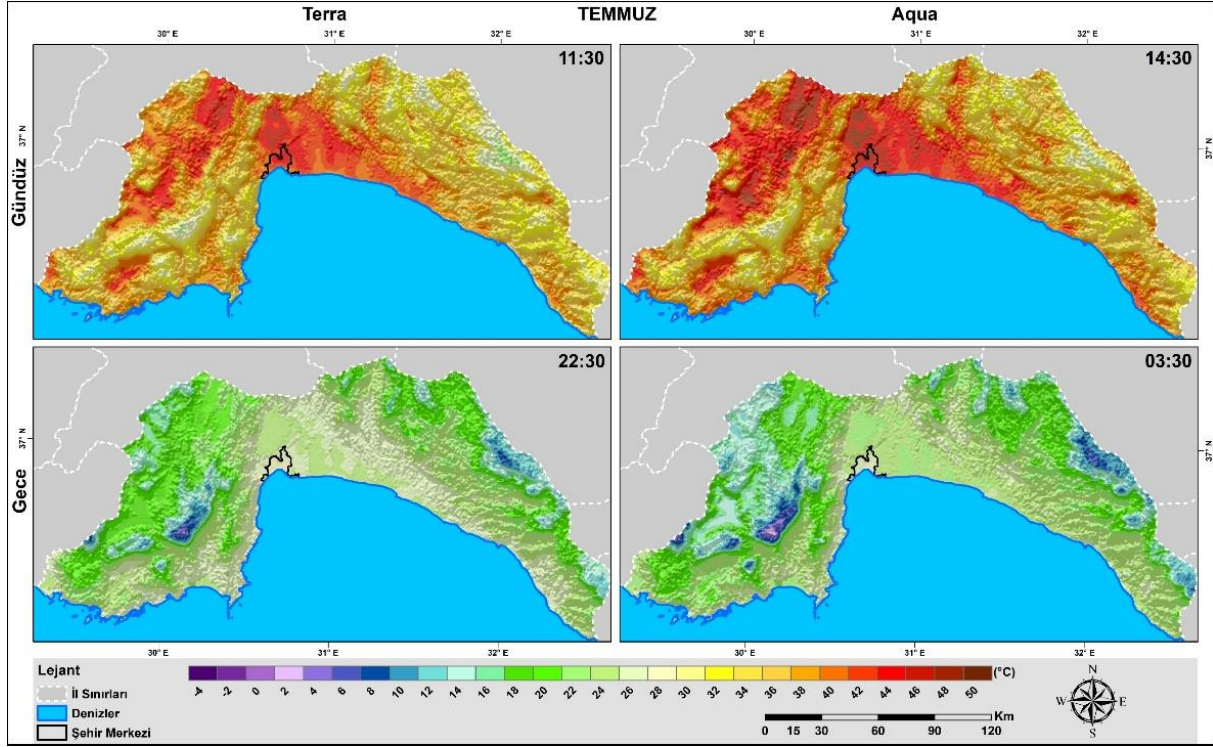
Antalya ili için orman yangını sezonu olan haziran ile ekim ayları arasında günün farklı saatlerine göre yüzey sıcaklığı analizleri incelendiğinde, yüzey sıcaklığını etkileyen en önemli faktörlerin başında yükseltinin geldiği görülmüştür (Şekil 3). Batı Torosları meydana getiren dağlık sahalarda yükselti arttıkça sıcaklıkların düştüğü görülmektedir. Yükseltiye bağlı olarak sıcaklıkların düşmesi beklenen bir durumdur (Erol, 2014). Bunun yanı sıra denizellik-karasallık etkisinin de yüzey sıcaklığı üzerinde etkisinin olduğu görülmektedir. Aksu Ovası ve Antalya şehir merkezi gibi düşük yükseltiye sahip ve deniz etkisine açık sahalarda gece ve gündüz sıcaklık farklarının az olduğu belirlenmiştir. Ancak Antalya Tufa Platosu ve Kestel Polye Sistemini oluşturan sahada gece ile gündüz arasında sıcaklık farkının bir hayli yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yüzey sıcaklığı üzerinde etkisi olan diğer bir faktör ise arazi örtüsüdür. Antalya genelinde özellikle orman sahalarının düşük, şehir alanları ve tarım arazileri gibi beşeri yüzeylerin ise yüksek sıcaklara sahip olduğu görülmektedir.

Yangın sezonunun ilk ayı olan haziranda en düşük sıcaklıklar yükselti etkisiyle, Bey Dağları, Geyik Dağları ve Ak Dağlarda belirlenmiştir (Şekil 3). Bu ayda Bey Dağlarının en yüksek zirvesi olan Kızlar Sivrısı Tepesinde (3070 m) sıcaklar 0 °C'nin altına düşebilmektedir. Gündüz saatlerinde Antalya şehir merkezinin kuzey bölümünün ve Antalya Tufa Platosunun en yüksek sıcaklıklara sahip sahalarda olduğu görülmektedir. Söz konusu sahalarda sıcaklık 42 °C'nin üzerine çıkmaktadır. Antalya şehir merkezinin kuzey bölümünde seraların geniş alanlara yayılması bu sonucu ortaya çıkarmaktadır. Bey Dağları ve Ak Dağlar arasında kalan Kestel Polye Sistemi ve Antalya Tufa Platosunda gündüz ile gece arasında ortalama olarak 26 °C'lik bir sıcaklık farkı oluşmaktadır. Ancak deniz etkisine açık olan Aksu Ovasında sıcaklık farkının ortalama olarak 22 °C civarında olduğu görülmektedir. Bu durumun özellikle denizellik-karasallık etkisinden ötürü olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca arazi kullanımının da bu durumun ortaya çıkmasında etkili olduğu, sıcaklık farkının en yüksek olduğu sahaların çoğunlukla kuru tarım yapılan sahalarda olduğu belirlenmiştir. Antalya şehir merkezi hem gündüzleri hem de geceleri pozitif yüzey ısı adası (YIA) özelliği göstermektedir. YIA gündüzleri seraların bulunduğu kuzey bölümde meydana gelirken, geceleri ise yoğun yerleşimin bulunduğu güney bölümde meydana gelmektedir.



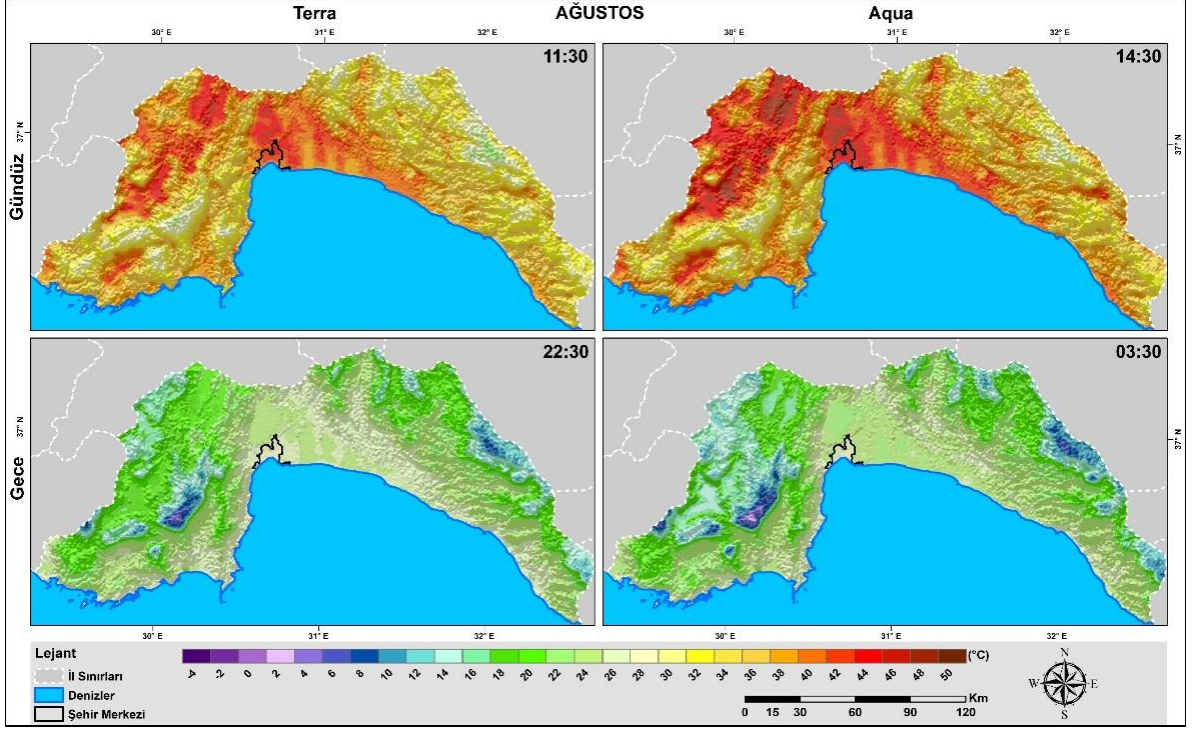
Şekil 3: Antalya ili haziran ayı ortalama yüzey sıcaklığı haritası (2000-2022)

Temmuz ayında gündüzleri en düşük sıcaklıklar Geyik Dağında, en yüksek sıcaklıklar ise Aksu Ovası, Antalya Tufa Platosu ve dağlar arasında kalan Kestel Polye Sisteminde belirlenmiştir (Şekil 4). Bu sahalarda sıcaklık 40-48 °C arasında değişmektedir. Bazı sahalarda (Döşemealtı/Altınkale, Korkuteli/İmecik) ise sıcaklığın 50 °C'ye kadar çıktığı görülmektedir. Geceleri ise en düşük yüzey sıcaklıkları Bey Dağlarında, en yüksek yüzey sıcaklıkları ise sahil şeridinde gözlemlenmektedir. Ayrıca temmuz ayı gecelerinde Antalya şehir merkezi ve Kaş ilçe merkezinde YIA oluşumu görülmektedir. Saat 03:30 ölçümlerinde Antalya şehir merkezinin çevresinden 2 °C daha sıcak olan bir YIA oluşumu görülürken, bu YIA içinde kendisine göre 2 °C, şehir merkezinin çevresine göre ise 4 °C daha sıcak olan ikinci bir YIA oluşumu dikkat çekmektedir.



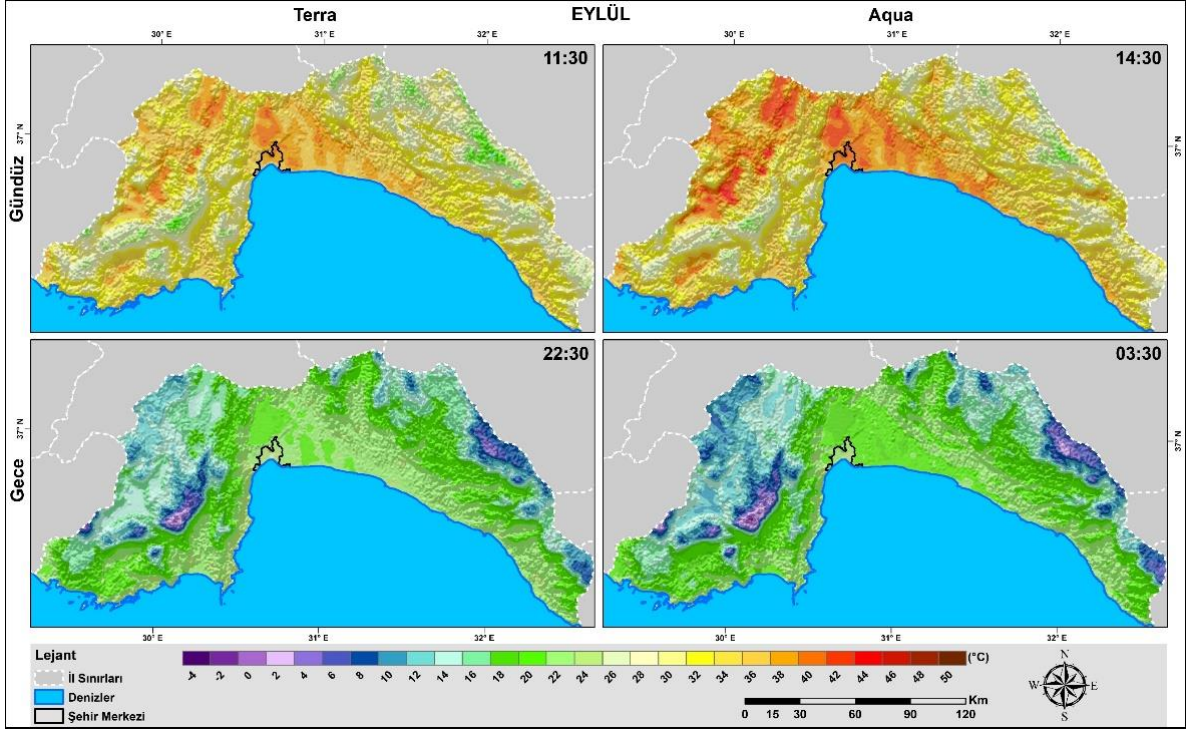
Şekil 4: Antalya ili temmuz ayı ortalama yüzey sıcaklığı haritası (2000-2022)

Ağustos ayının gündüz ve gecelerinde en yüksek ve en düşük yüzey sıcaklıklarına sahip alanların, temmuz ayına benzer şekilde aynı sahalarda olduğu görülmektedir (Şekil 5). Gündüz saatlerinde en sıcak olan sahalarda temmuz ayına benzer şekilde sıcaklıklar 40-48 °C arasında değişirken, yine dar bir sahada (Korkuteli/İmecik, Korkuteli/Yalınlıgediği, Korkuteli/Küçükköy) sıcaklıkların 50 °C'ye kadar çıkabildiği görülmektedir. Ağustos ayında özellikle Elmalı Polyesinde ortaya çıkan sıcaklık farkı dikkat çekmekte, bu sahada gündüz ile gece arasındaki sıcaklık farkı yer yer 26 °C'ye kadar çıkabilmektedir. Geceleri Antalya şehir merkezinde YIA oluşumu görülmekte ve sıcaklık 26 °C'nin üzerine çıkmaktadır.



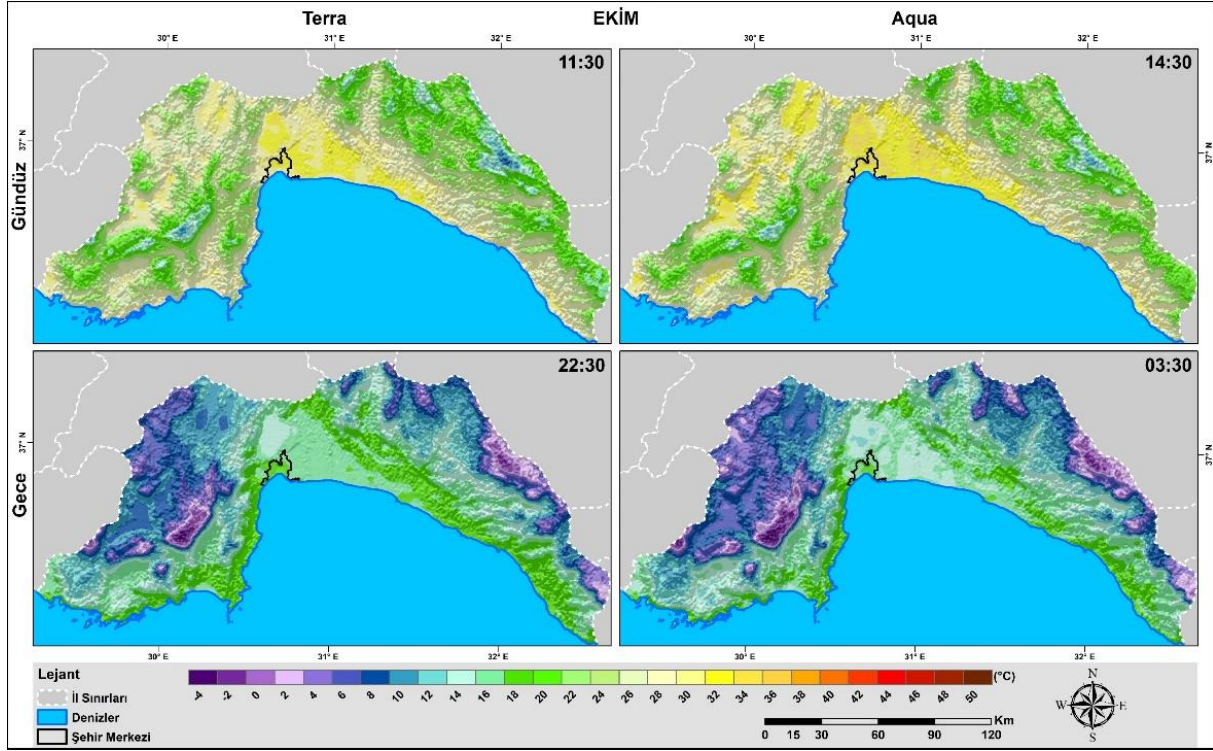
Şekil 5: Antalya ili ağustos ayı ortalama yüzey sıcaklığı haritası (2000-2022)

Temmuz ve ağustos aylarında zirveye ulaşan yüzey sıcaklıklarının eylül ayıyla birlikte düşüş sürecine girdiği görülmektedir (Şekil 6). Sıcaklıklar düşmekle beraber gündüzleri yine Aksu Ovası, Antalya Tufa Platosu ve Kestel Polyesteiminin en sıcak sahaları olduğu görülmektedir. En sıcak sahalarda sıcaklıklar eylül ayında 36-44 °C arasında değişmektedir. Geceleri şehir merkezinden Kaş ilçe merkezine kadar uzanan kıyı hattında en yüksek sıcaklıklar belirlenmektedir. Bu sahada sıcaklıklar 24 °C'ye ulaşmaktadır. Buna ek olarak Manavgat, Serik ve Alanya ilçe merkezlerinde YIA oluşumu görülmektedir. En düşük sıcaklıklar ise yine Bey Dağlarında belirlenmekte ve zirvede sıcaklıkların -4 °C'ye kadar düştüğü görülmektedir.



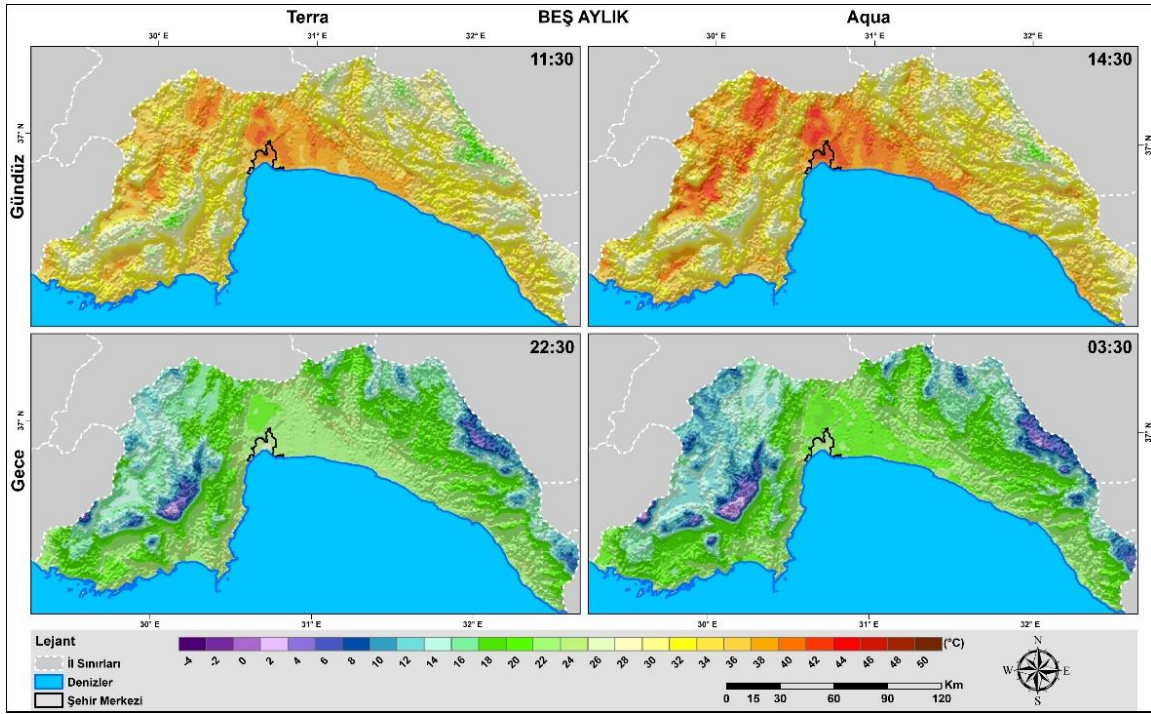
Şekil 6: Antalya ili eylül ayı ortalama yüzey sıcaklığı haritası (2000-2022)

Ekim ayında tüm yangın sezonu boyunca en düşük sıcaklıklar belirlenmektedir (Şekil 7). Antalya'nın en sıcak sahalarında gündüzleri sıcaklıklar diğer aylarda 50 °C'ye kadar çıkabilirken, ekimde bu sahalarda sıcaklıkların günün en sıcak saatinde 28-34 °C arasında değiştiği görülmektedir. Geceleri yine Antalya şehir merkezi, Alanya ve Manavgat ilçe merkezlerinde YIA oluşumu görülmektedir. Geceleri Bey Dağları yine en düşük sıcaklıklara sahip saha iken, bu sefer Geyik Dağları da ona eşlik etmekte ve sıcaklık -4 °C'ye kadar düşmektedir. Karasallığın ve arazi örtüsünün de etkisiyle Kestel Polye Sistemini meydana getiren depresyonlarda gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkının bazı sahalarda 28 °C'ye kadar çıktığı belirlenmiştir.



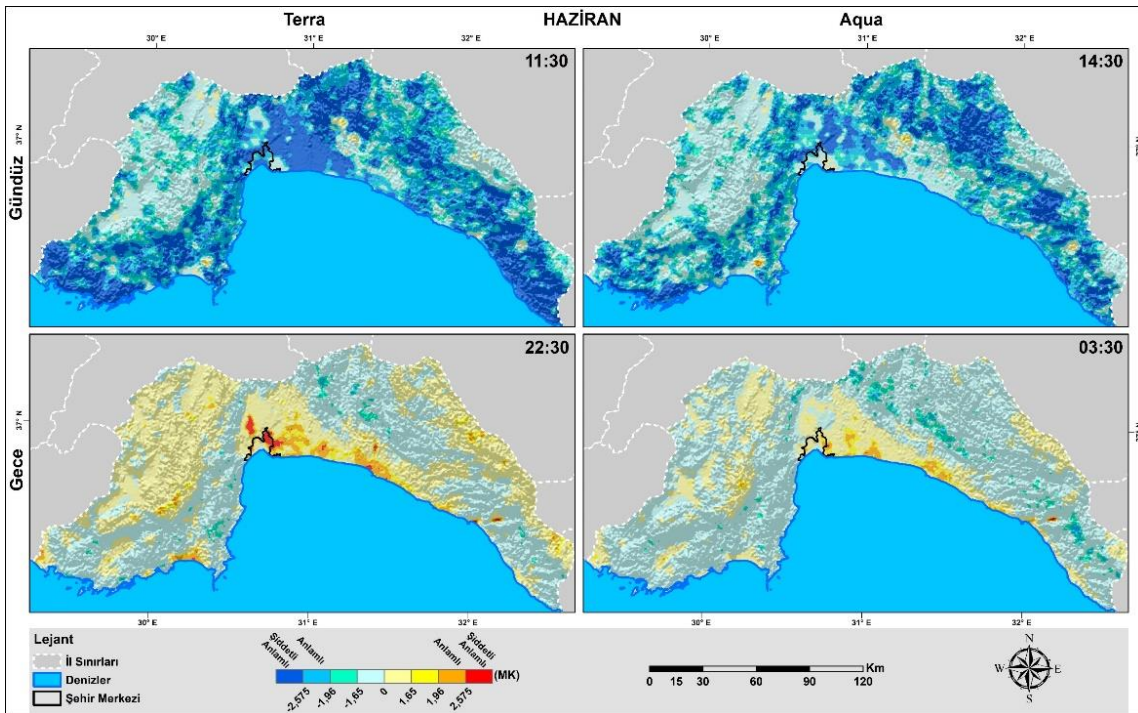
Şekil 7: Antalya ili ekim ayı ortalama yüzey sıcaklığı haritası (2000-2022)

Antalya'nın yangın sezonunu oluşturan haziran-ekim aylarının ortalamasına bakıldığında; gündüzleri sıcaklıkların 14 ila 44 °C arasında değiştiği, Antalya Tufa Platosu ve Ak Dağlar ile Bey Dağları arasında yer alan Kestel Polye Sisteminin en yüksek yüzey sıcaklığına sahip sahalara olduğu görülmektedir (Şekil 8). Geyik Dağlarında ise en düşük sıcaklıklar belirlenmiştir. Geceleri ise sıcaklıkların -2 ila 26 °C arasında değiştiği, Bey Dağlarının en düşük sıcaklığa sahip saha olduğu, kıyı şeridinde yer alan ilçe merkezlerinin ise en sıcak sahalara olduğu ve pozitif YIA oluşumu meydana geldiği görülmektedir. Antalya şehir merkezinde hem gündüz hem de geceleri YIA oluşmaktadır. YIA gündüzleri seraların bulunduğu kuzey bölümde meydana gelirken, geceleri ise yerleşmelerin yoğunlukta olduğu güney bölümde meydana gelmektedir. Antalya ilinin batı bölümünde birçok dağ sırasının olması ve bu dağ sıraları arasında yer alan depresyon sahalarından ötürü sıcaklıkların kısa mesafelerde değiştiği de göze çarpmaktadır.



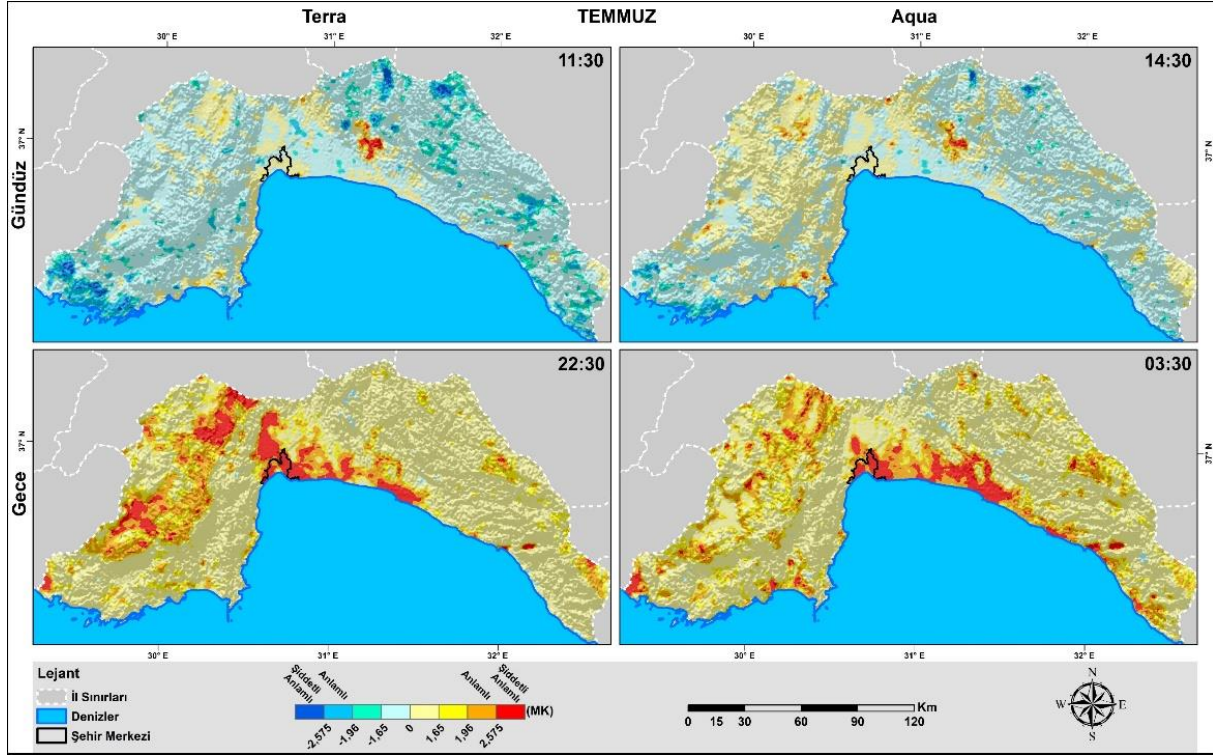
Şekil 8: Antalya ili beş aylık ortalama yüzey sıcaklığı haritası (2000-2022)

Çalışma alanındaki yüzey sıcaklığı eğilimleri incelendiğinde; haziran ayının gündüzlerinde il genelinde anlamlı sıcaklık azalışlarının olduğu görülmektedir (Şekil 9). Geyik Dağları, Ak Dağlar, Kestel Polye Sistemi ve Elmalı Polyesinde ise anlamlı bir değişim söz konusu değildir. Haziran ayının gecelerinde ise anlamlı sıcaklık değişimlerinin çok dar bir sahada sıkıştığı görülmektedir. Kıyı hattında ve kıyıya yakın olan Serik, Kumluca, Alanya ve Manavgat gibi ilçe merkezleri ve çevrelerinde sıcaklık artışları görülmektedir. Mann-Kendall eğilim testine göre özellikle Antalya şehir merkezinin kuzey bölümü ile Antalya Tufa Platosunun güney kesiminde şiddetli anlamlı sıcaklık artışlarının söz konusu olduğu belirlenmiştir. Gece saatlerinde görülen sıcaklık azalış eğilimleri ise ilin doğu bölümünde, gündüz saatlerine kıyasla oldukça dar bir alanda karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca gündüzleri  $p < 0,01$  düzeyinde olan yüzey sıcaklığı azalış eğilimlerinin, geceleri ancak  $p < 0,05$  düzeyinde olduğu görülmektedir.



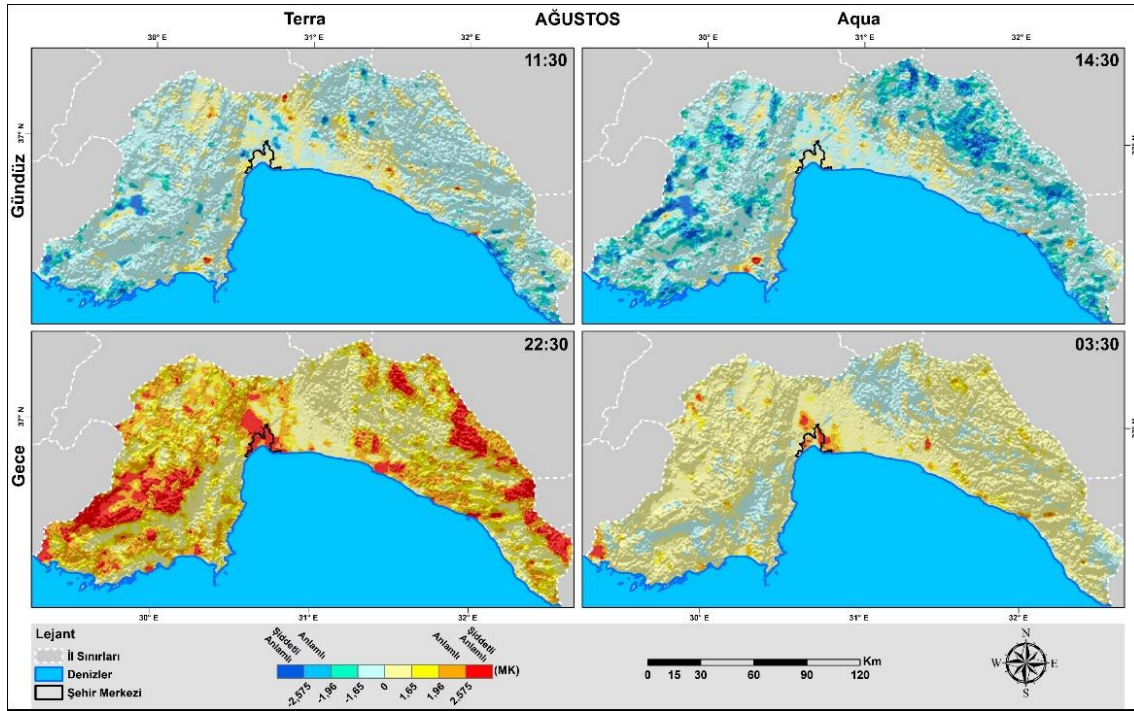
Şekil 9: Antalya ili haziran ayı yüzey sıcaklığı Mann-Kendall eğilim haritası (2000-2022)

Haziran ayının aksine temmuz ayının gündüzlerinde anlamlı sıcaklık eğilimleri geniş bir alan kaplamamaktadır (Şekil 10). Kaş ilçesinin batı kesiminde ve ilin kuzeydoğusundaki dağlık bölgelerde anlamlı sıcaklık azalışları görülmektedir. Sıcaklık artışları ise Serik ve Manavgat arasında yer alan tarım arazileri ile seraların bulunduğu sahada ve Alanya ilçe merkezinde karşımıza çıkmaktadır. Geceleri ise sıcaklıklarda artış eğilimi görülmekte, bu eğilimler Antalya Tufa Platosu, Kestel Polye Sistemi, Elmalı Polyesi, Antalya şehir merkezi, ilin kıyı hattı ve kıyıda bulunan ilçe merkezlerinde kendini göstermektedir. Hali hazırda en sıcak sahalara olarak belirlenen bu yerlerin giderek daha sıcak bir hale geldiği görülmektedir. Antalya ilinde gece ölçümlerine göre anlamlı bir sıcaklık azalışı olmadığı da belirlenmiştir.



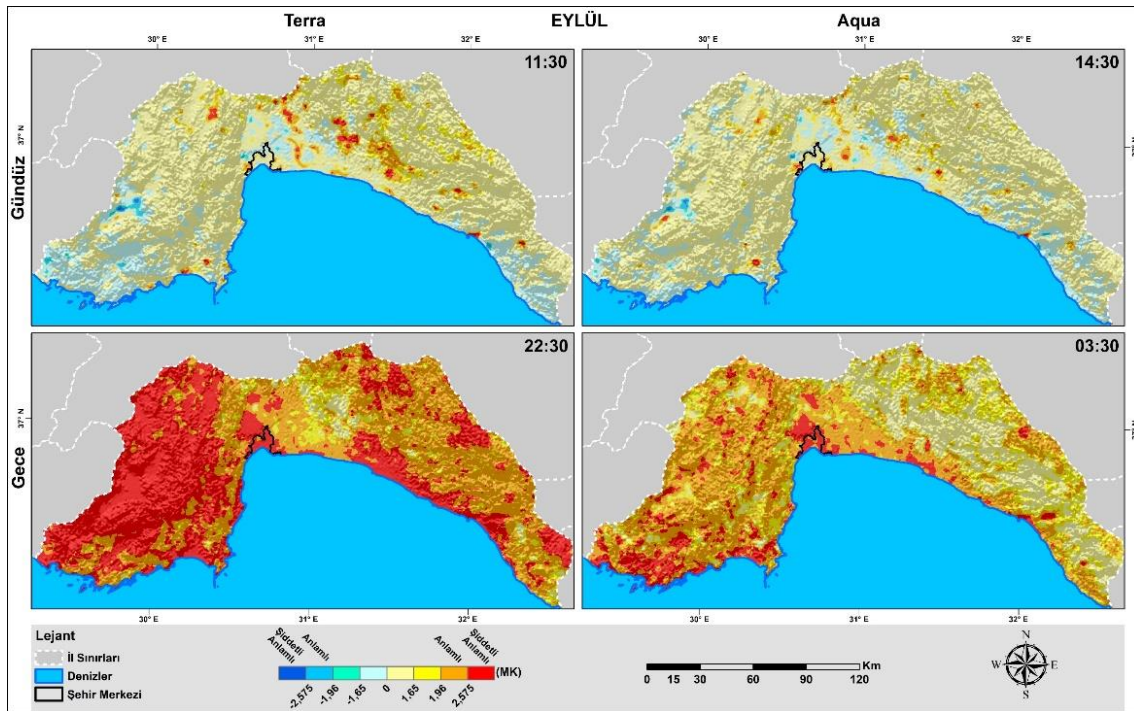
Şekil 10: Antalya ili temmuz ayı yüzey sıcaklığı Mann-Kendall eğilim haritası (2000-2022)

Ağustos ayına gelindiğinde gündüzleri yine ilin kuzey ve kuzeydoğusundaki dağlık sahalarda ve Elmalı Polyesinde sıcaklıklarda bir azalış eğilimi görülmektedir (Şekil 11). Gündüzleri oldukça dar bir sahada karşımıza çıkan sıcaklık artışlarının en belirginini Kumluca/Beşikçi köyündedir. Normalde ormanlık bir saha olan alan, 2016 yılında orman yangınlarına maruz kalmıştır. Sıcaklıklardaki artış eğiliminin sahanın çıplak kalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Gece saatlerinde ve özellikle saat 22:30'da sıcaklıklarda bir artış eğiliminin olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık artışlarının Geyik Dağları, Akçalı Dağları ve Bey Dağları gibi dağlık sahalarda, Antalya şehir merkezi ve kıyıdaki ilçe merkezlerinde ve Antalya Tufa Platosunun güney bölümünde olduğu anlaşılmaktadır. Saat 03:30'da ise anlamlı sıcaklık artışları Antalya şehir merkezinde, Antalya Tufa Platosunun güney bölümünde ve Kaş ilçesinin batısında kendini göstermektedir.



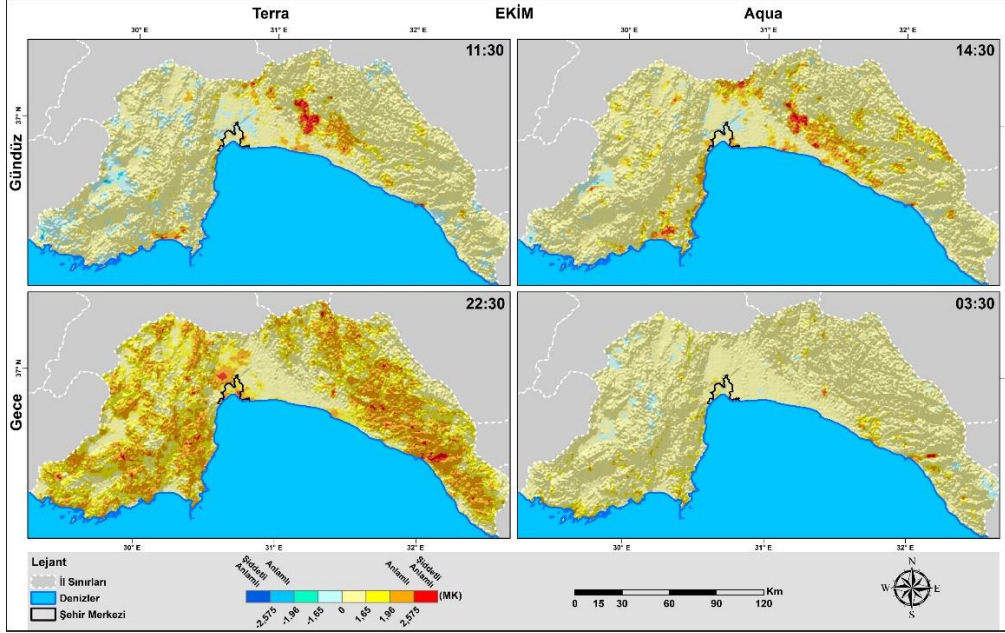
Şekil 11: Antalya ili ağustos ayı yüzey sıcaklığı Mann-Kendall eğilim haritası (2000-2022)

Eylül ayının gündüzlerinde de temmuz ve ağustos aylarına benzer şekilde yüzey sıcaklığındaki anlamlı eğilimler geniş bir alan kaplamamaktadır (Şekil 12). Gündüzleri Elmalı Polyesinde sıcaklıklarda azalış eğilimi belirlenirken, sıcaklıklardaki artışları ise Aksu, Manavgat ve Köprüçay gibi akarsulara paralel bir şekilde kendini göstermektedir. Akarsular boyunca yoğun bir şekilde tarım ve seracılık faaliyetlerinin yürütülmesi bu sonucun çıkmasında etkili olmaktadır. Eylül ayının gecelerinde ise hiçbir ayda olmadığı kadar geniş bir alanda yüzey sıcaklığı artış eğilimi görülmektedir. Özellikle saat 22:30'da Antalya'nın büyük bölümünde  $p < 0,01$  düzeyinde sıcaklık artışlarının olduğu belirlenmiştir. Saat 03:30'da da diğer aylara kıyasla oldukça geniş bir sahada sıcaklık artış eğilimlerinin olduğu görülmektedir. Ancak bu artış eğilimleri 22:30 ölçümlerine göre hem daha dar bir sahada görülmekte hem de anlamlılık seviyesinin yer yer daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.



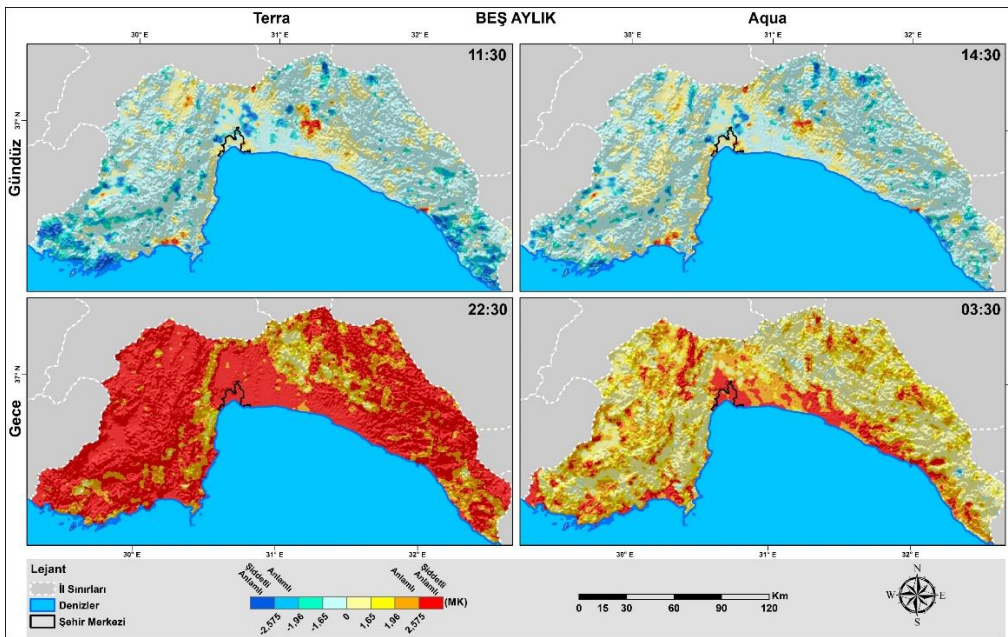
Şekil 12: Antalya ili eylül ayı yüzey sıcaklığı Mann-Kendall eğilim haritası (2000-2022)

Ekim ayının gündüzlerinde Elmalı Polyesi ve Kaş ilçesinde oldukça kısıtlı bir alandaki azalış eğilimleri dışında yüzey sıcaklıklarında azalış eğilimi görülmemektedir (Şekil 13). Manavgat ilçesi ve bazı ilçe merkezlerinde (Alanya, Demre, Finike, Kemer, Kumluca, Manavgat) ise sıcaklıklarda artış eğiliminin olduğu görülmüştür. Geceleri ise ağustos ve eylül aylarındakine benzer şekilde sıcaklıklardaki artış eğilimleri saat 22:30'da daha geniş bir alana yayılmış durumdadır. İl genelinde sıcaklıklardaki artışlar  $p < 0,05$  düzeyinde kalırken, Dim Barajı ve Döşemealtı şehir merkezinde artışların  $p < 0,01$  düzeyine eriştiği gözlemlenmiştir.



Şekil 13: Antalya ili ekim ayı yüzey sıcaklığı Mann-Kendall eğilim haritası (2000-2022)

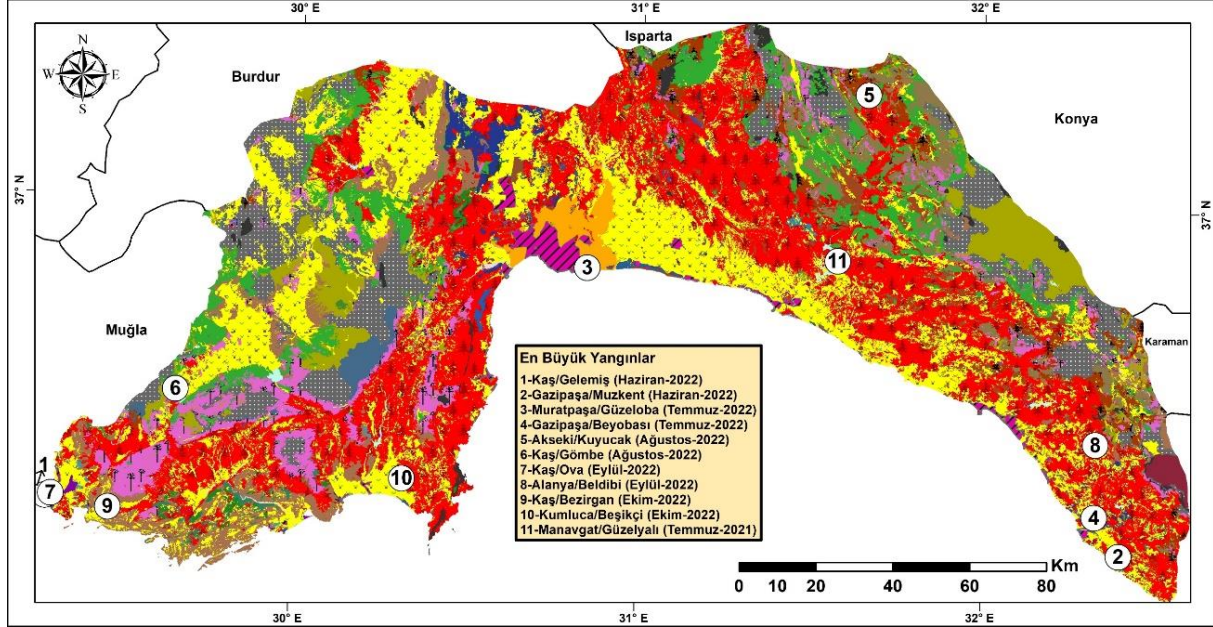
Haziran-ekim arasındaki 5 aya ait yüzey sıcaklıklarının eğilimlerine bakıldığında; gündüzleri anlamlı eğilimlerin çok geniş alan kaplamadığı görülmektedir (Şekil 14). İlin batısındaki Kaş ilçesi ile doğusunda yer alan Gazipaşa ilçelerinde sıcaklıklarda azalış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Sıcaklıklardaki artışlar ise temmuz ayında da bahsi geçen, Serik ve Manavgat arasında yer alan tarım arazileri ve seraların bulunduğu sahada karşımıza çıkmaktadır. Bunun dışında ise Alanya ilçe merkezi ve Finike ile Kumluca arasındaki sahada da sıcaklıklarda artış eğilimi söz konusudur. Geceleri ise tüm aylarda olduğu gibi daha geniş bir alana yayılmış sıcaklık artışlarının olduğu görülmektedir. Özellikle saat 22:30'da ilin neredeyse tamamında  $p < 0,01$  düzeyinde sıcaklık artışlarının olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 14: Antalya ili beş aylık yüzey sıcaklığı Mann-Kendall eğilim haritası (2000-2022)

#### 4.2. Orman Yangınları ile Yüzey Sıcaklığı İlişkisi

Orman yangını ile yüzey sıcaklığı ilişkisini incelemek üzere seçilen orman yangınları çalışma sahasının farklı ortamlarını yansıtmaktadır. Yangınların 5'i Antalya'nın doğu kesiminde, 5'i ise batı kesiminde yer almaktadır (Şekil 15). 1 yangın ise şehir merkezinin doğusunda kalan küçük ormanlık sahada meydana gelmiştir. Bu sayede orman yangını ve yüzey sıcaklığı ilişkisini farklı ortamlarda ve farklı aylarda test edebilme olanağı bulunmuştur. Orman yangınlarının 6'sı (Kaş/Gelemiş, Gazipaşa/Muzkent, Muratpaşa/Güzeloba, Kaş/Gömbe, Alanya/Beldibi, Manavgat/Güzelyalı) saf kızılçam ormanlarında, 2'si (Akseki/Kuyucak, Kumluca/Beşikçi) karışık kızılçam ormanlarında, 3 yangın ise (Gazipaşa/Beyobası, Kaş/Ova, Kaş/Bezirgan) farklı meşcerelerin (Badem, Okalptus, Pınal meşesi) bulunduğu sahalarda meydana gelmiştir.



Şekil 15: Yüzey sıcaklığı ilişkisinin incelendiği 11 orman yangının dağılışı

Birinci orman yangını 21.06.2022'de Antalya/Kaş/Gelemiş'te meydana gelmiş ve bir günden kısa sürede söndürülen yangında 9 ha orman arazisi yanmıştır. İkinci yangın 01.06.2022 tarihinde Antalya/Gazipaşa/Muzkent'te meydana gelmiş ve 3,09 ha alan yanmıştır. Üçüncü yangın Antalya/Muratpaşa/Güzeloba'da, 24.07.2022 tarihinde gerçekleşmiştir. İki gün süren yangın sonucunda 8,29 ha orman arazisi tahrip olmuştur. Dördüncü yangın olan Antalya/Gazipaşa/Beyobası yangını ise yine 24.07.2022 tarihinde meydana gelmiş ve aynı gün içinde söndürülmüştür. Bu yangında toplam 1,76 ha orman arazisi yanmıştır. Beşinci yangın Antalya/Akseki/Kuyucak'ta, 31.08.2022 tarihinde meydana gelmiş ve 6 gün süren yangında 5,32 ha orman yanmıştır. Altıncı yangın 30.08.2022 tarihinde Antalya/Kaş/Gömbe'de çıkmıştır. Bir günden daha kısa sürede söndürülen yangında 1,94 ha alan yanmıştır. Yedinci yangın Antalya/Kaş/Ova'da, 21.09.2022 tarihinde meydana gelmiş ve 13 gün süren bu yangında 66,79 ha orman alanı yanmıştır. Sekizinci yangın 08.09.2022 tarihinde Antalya/Alanya/Beldibi'de gerçekleşmiştir. 4 günden daha uzun süren yangında 6,05 ha orman arazisi yanmıştır. Dokuzuncu orman yangını Antalya/Kaş/Bezirgan'da, 02.10.2022 tarihinde meydana gelmiş ve 1 gün süren yangında 26 ha orman yanmıştır. Onuncu yangın 10.10.2022 tarihinde Antalya/Kumluca/Beşikçi'de çıkmıştır. 4 gün süren yangın sonucunda 5,87 ha orman alanı yanmıştır. On birinci yangın olan Antalya/Manavgat/Güzelyalı yangını 29.07.2021 tarihinde başlamış ve 03.09.2021 tarihine kadar kontrol altına alınamamıştır. Antalya ve Türkiye tarihine geçen bu yangında toplam 26.903,2 ha orman arazisi tahrip olmuştur.

Her yangın çıkış noktasına ait 3 farklı grafik hazırlanmıştır. 1. grafik her yılın 6, 7, 8, 9 ve 10'uncu aylarının saat 11:30, 14:30, 22:30 ve 03:30 saatlerine ait ortalama yüzey sıcaklığını ifade etmekte ve 2003-2021 yılları arasındaki değişimini göstermektedir (Şekil 16) (Şekil 17) (Şekil 18) (Şekil 19) (Şekil 20) (Şekil 21) (Şekil 22) (Şekil 23) (Şekil 24) (Şekil 25) (Şekil 26). 2. grafikte ise yangının çıktığı aya ve günün en sıcak saati olarak belirlenen 14:30 ölçümüne ait ortalama yüzey sıcaklığı verileri ve 2003-2021 yılları arasındaki değişim görülmektedir. 3. ve son grafikte ise test edilen orman yangınında, yangından önceki son 10 günün her gününe ait ortalama yüzey sıcaklığı ve söz konusu son 10 gündeki değişim görülmektedir. Uydu bulutlu günlerde veri toplayamadığı için verisi bulunmayan günler "Bulutlu Gün" olarak belirtilmiştir.

11 orman yangını çıkış noktasında 2003-2021 yılları arasındaki ve günün en sıcak saatindeki (14:30) yüzey sıcaklıkları için uygulanan regresyon analizleri incelendiğinde, 2022 yılı haziran, temmuz, eylül ve ekiminde meydana gelen yangınlarda anlamlı bir yüzey sıcaklığı değişimi olmadığı görülmüştür (Tablo 1) (Şekil 16) (Şekil 17) (Şekil 19) (Şekil 22) (Şekil 23) (Şekil 24) (Şekil 25) (Şekil 26).

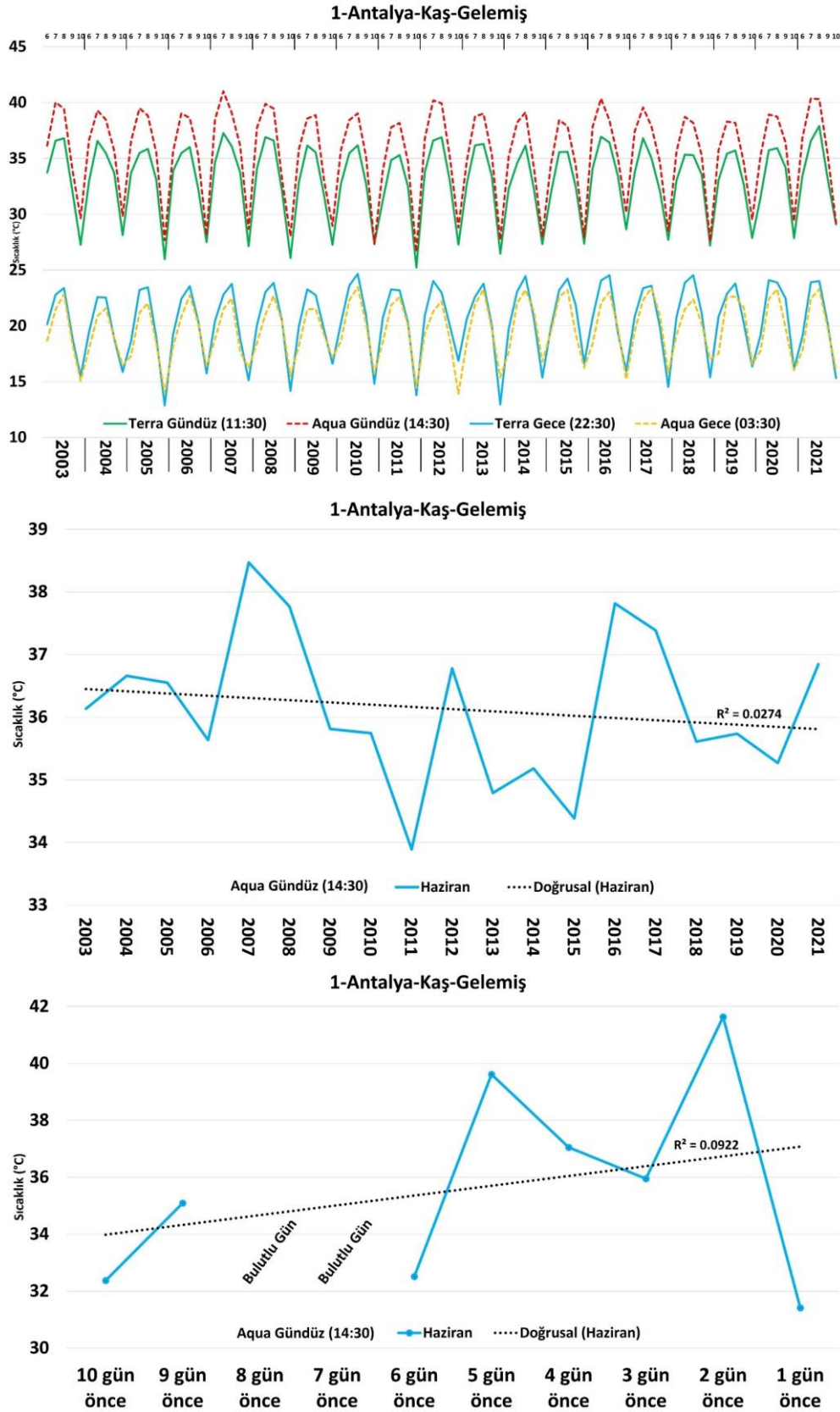
Yangın çıkış noktalarının yalnızca 2'sinde anlamlı sıcaklık değişimlerinin olduğu görülmektedir. Bunlar 2022 Ağustos'unda meydana gelen Akseki/Kuyucak ve 2021 Temmuz'unda meydana gelen Manavgat/Güzelyalı orman yangınlarıdır (Tablo 1) (Şekil 20) (Şekil 26). Söz konusu 2 yangın sahasında, sıcaklık değişimindeki anlamlılığın yönünü tespit etmek için ise Mann-Kendall eğilim analizi uygulanmıştır. 5,32 ha orman arazinin yandığı Akseki/Kuyucak yangını ile 26.903,2 ha orman arazisinin yanarak Antalya ve Türkiye tarihine rekor olarak geçen Manavgat/Güzelyalı yangınlarının 2'sinde de sıcaklıklardaki eğilimin azalış yönünde olduğu tespit edilmiştir. Tüm orman yangını çıkış noktalarının yalnızca 1'inde, 2022 Ekim'inde meydana gelen ve 5,87 ha alanın yandığı Kumluca/Beşikçi yangınında yüzey sıcaklıklarında anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 25). Ancak Kumluca/Beşikçi yangın çıkış noktasındaki artış eğiliminin günün en sıcak ölçüm zamanı olan 14:30'da değil saat 11:30'da olduğu belirlenmiştir. Böylelikle günün en sıcak zamanında, seçilen hiçbir orman yangını çıkış noktasında anlamlı bir sıcaklık artışının olmadığı görülmüştür.

Tablo 1: Yangın çıkış noktalarına ait yüzey sıcaklıklarına uygulanan regresyon analizi sonuçları

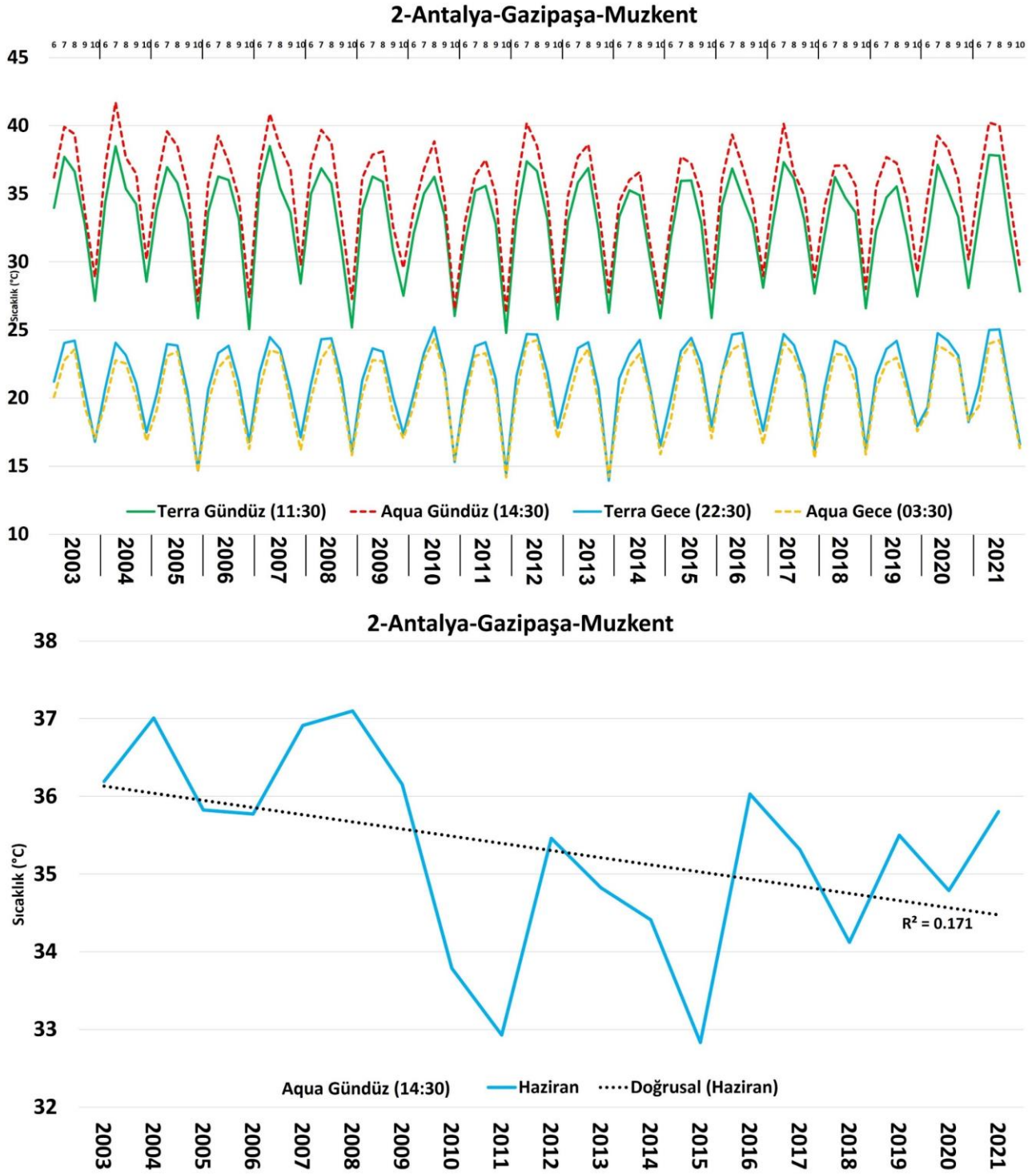
| Yangın Noktası             | 1-Kaş-Gelemiş    | 2-Gazipaşa-Muzkent | 3-Muratpaşa-Güzeloba  | 4-Gazipaşa-Beyobası |
|----------------------------|------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| R <sup>2</sup>             | 0.027440081      | 0.171009034        | 0.003943608           | 0.11401787          |
| F Değeri                   | 0.479642806      | 3.506857969        | 0.06730677            | 2.187745917         |
| P Değeri                   | 0.497936416      | 0.078417967        | 0.798414866           | 0.157404085         |
| T (B <sub>1</sub> )        | -1.44391302      | -0.533999575       | 3.854522849           | -0.676085402        |
| T (B <sub>0</sub> )        | 0.960076704      | 0.448593867        | 12.61211183           | 0.540346198         |
| P Değeri (B <sub>1</sub> ) | 0.083470212      | 0.300127892        | 0.99936443            | 0.254040333         |
| P Değeri (B <sub>0</sub> ) | 0.824763103      | 0.670305022        | 1                     | 0.702016387         |
| HT                         | Eğilim Yok       | Eğilim Yok         | Eğilim Yok            | Eğilim Yok          |
| Yangın Noktası             | 5-Akseki-Kuyucak | 6-Kaş-Gömbe        | 7-Kaş-Ova             | 8-Alanya-Beldibi    |
| R <sup>2</sup>             | 0.389042459      | 0.006751426        | 0.016106038           | 0.004981483         |
| F Değeri                   | 10.82517419      | 0.115554402        | 0.278284708           | 0.085109188         |
| P Değeri                   | 0.004320873      | 0.738070917        | 0.604645085           | 0.774019395         |
| T (B <sub>1</sub> )        | -0.303936287     | -2.941756707       | -1.895637664          | 3.427770807         |
| T (B <sub>0</sub> )        | 0.278382599      | 1.329863447        | 1.065760645           | -8.323308237        |
| P Değeri (B <sub>1</sub> ) | 0.382432546      | 0.004558882        | 0.037570012           | 0.998395529         |
| P Değeri (B <sub>0</sub> ) | 0.607961807      | 0.899434072        | 0.849282454           | 1.05971E-07         |
| HT                         | Eğilim Var       | Eğilim Yok         | Eğilim Yok            | Eğilim Yok          |
| Yangın Noktası             | 9-Kaş-Bezirgan   | 10-Kumluca-Beşikçi | 11-Manavgat-Güzelyalı |                     |
| R <sup>2</sup>             | 0.015074316      | 0.189728634        | 0.223781389           |                     |
| F Değeri                   | 0.260185487      | 3.980625409        | 4.612749769           |                     |
| P Değeri                   | 0.61655142       | 0.062310255        | 0.046445439           |                     |
| T (B <sub>1</sub> )        | 1.960462166      | 0.501215329        | -0.465607591          |                     |
| T (B <sub>0</sub> )        | -3.218353939     | -0.595047741       | 0.418774314           |                     |
| P Değeri (B <sub>1</sub> ) | 0.96672995       | 0.688676211        | 0.323702931           |                     |
| P Değeri (B <sub>0</sub> ) | 0.002522147      | 0.279824855        | 0.659687856           |                     |
| HT                         | Eğilim Yok       | Eğilim Yok         | Eğilim Var            |                     |

\*P değeri 0,05 anlamlılık seviyesinde sınanmıştır.

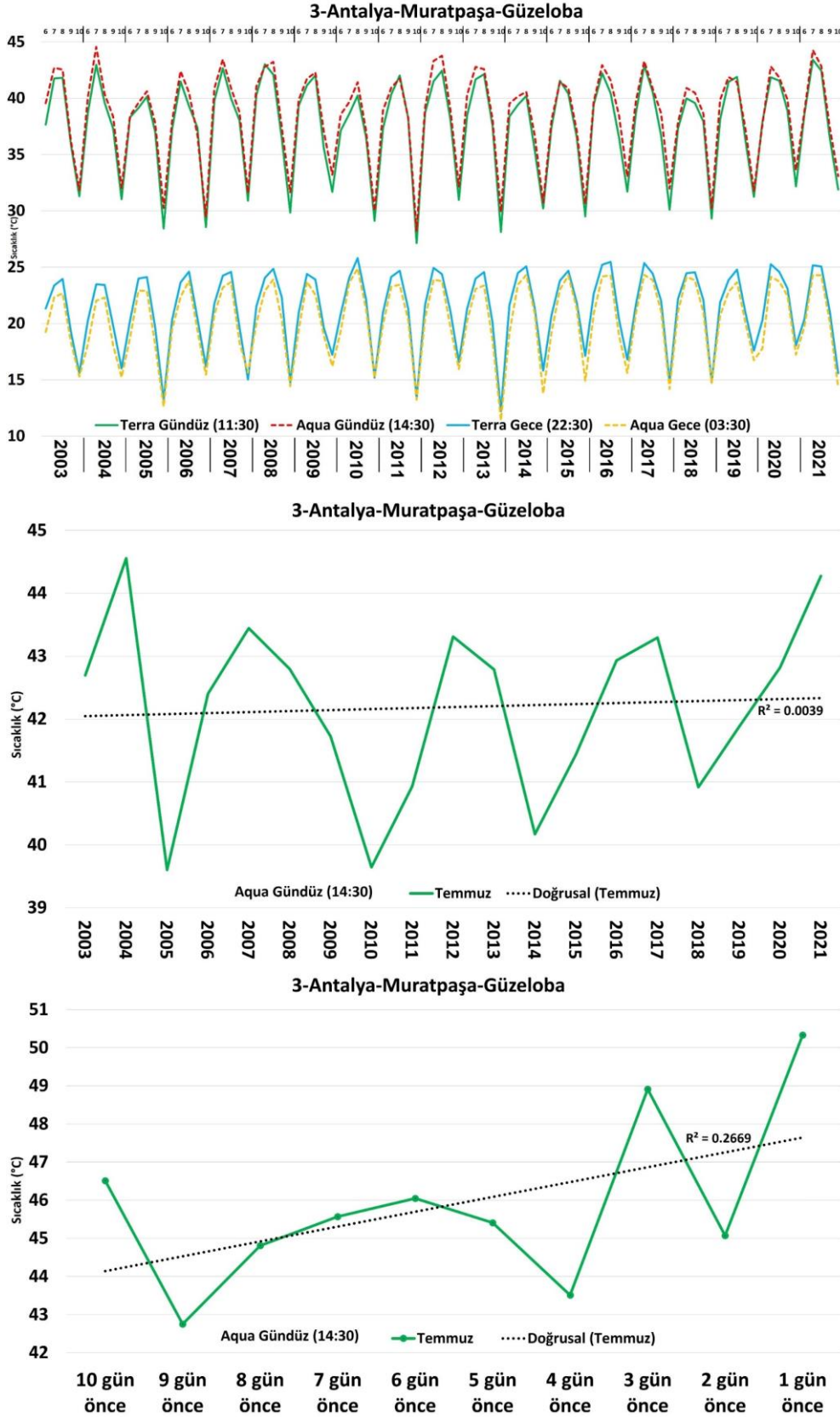
Tablo 1 incelendiğinde; basit doğrusal regresyon analizinde, B<sub>1</sub> regresyon katsayısını, B<sub>0</sub> regresyon sabitini ve R<sup>2</sup> ise regresyonu belirleme katsayısını ifade etmektedir. Değişen yıllara göre yüzey sıcaklığında anlamlı bir değişimin olup olmadığını görmek için yapılan testler B<sub>1</sub> regresyon katsayısı üzerinden yapılmış ve P değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar 0,05 anlamlılık seviyesinde test edilmiş ve yüzey sıcaklıklarında anlamlı bir eğilim olup olmadığı belirlenmiştir. Yukarıda bahsedildiği üzere orman yangını çıkış noktalarından yalnızca ikisinde (Akseki/Kuyucak, Manavgat/Güzelyalı) bir eğilimin olduğu belirlenmiştir. Ancak eğilimin yönünün belirlenmesi için yapılan Mann-Kendall eğilim testi sonucunda her iki yangın çıkış noktasındaki yüzey sıcaklıklarının düşüş eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçta test edilen 11 orman yangını çıkış noktasının hiçbirinde anlamlı bir sıcaklık artış eğiliminin olmadığı belirlenmiştir.



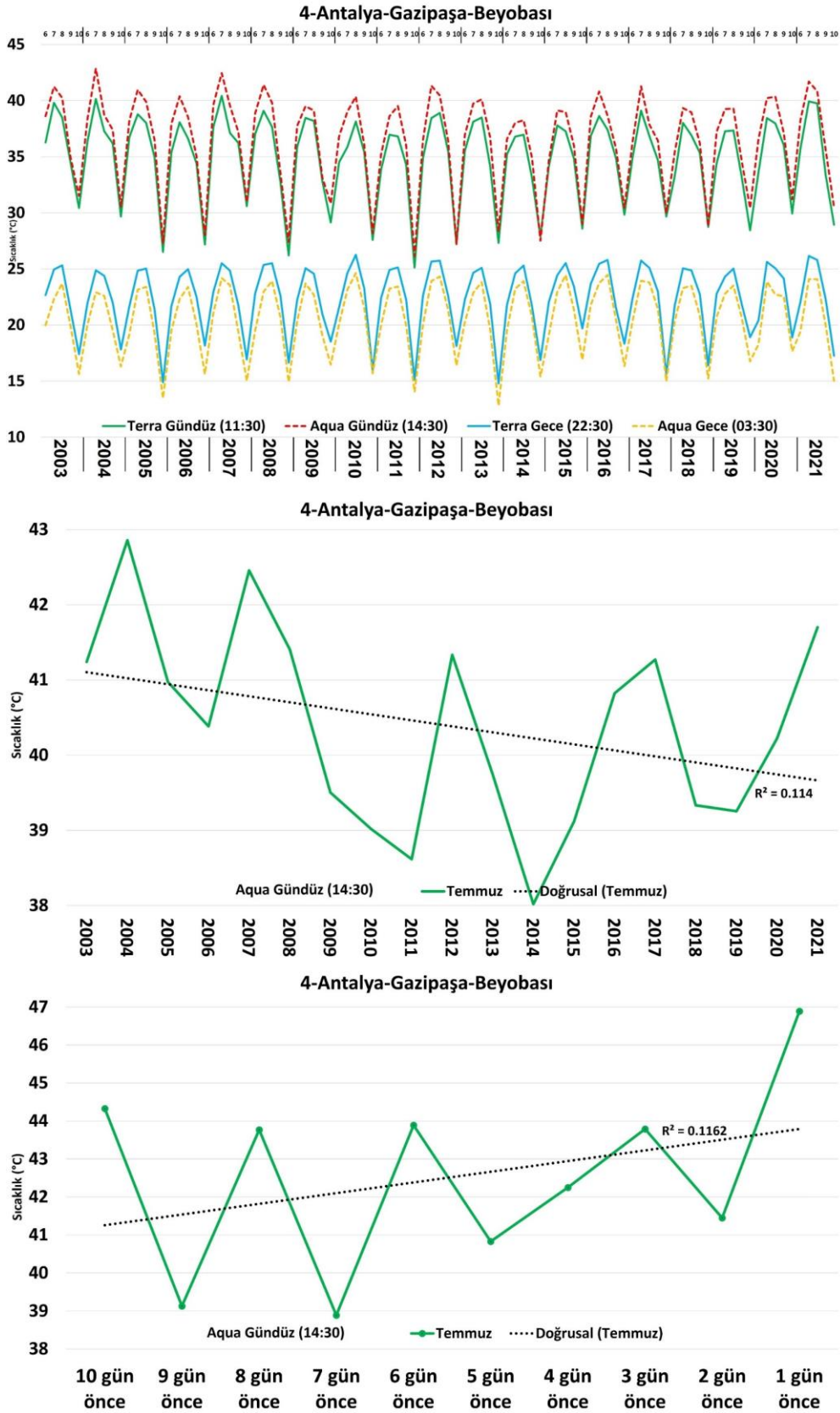
Şekil 16: Kaş-Gelemiş yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



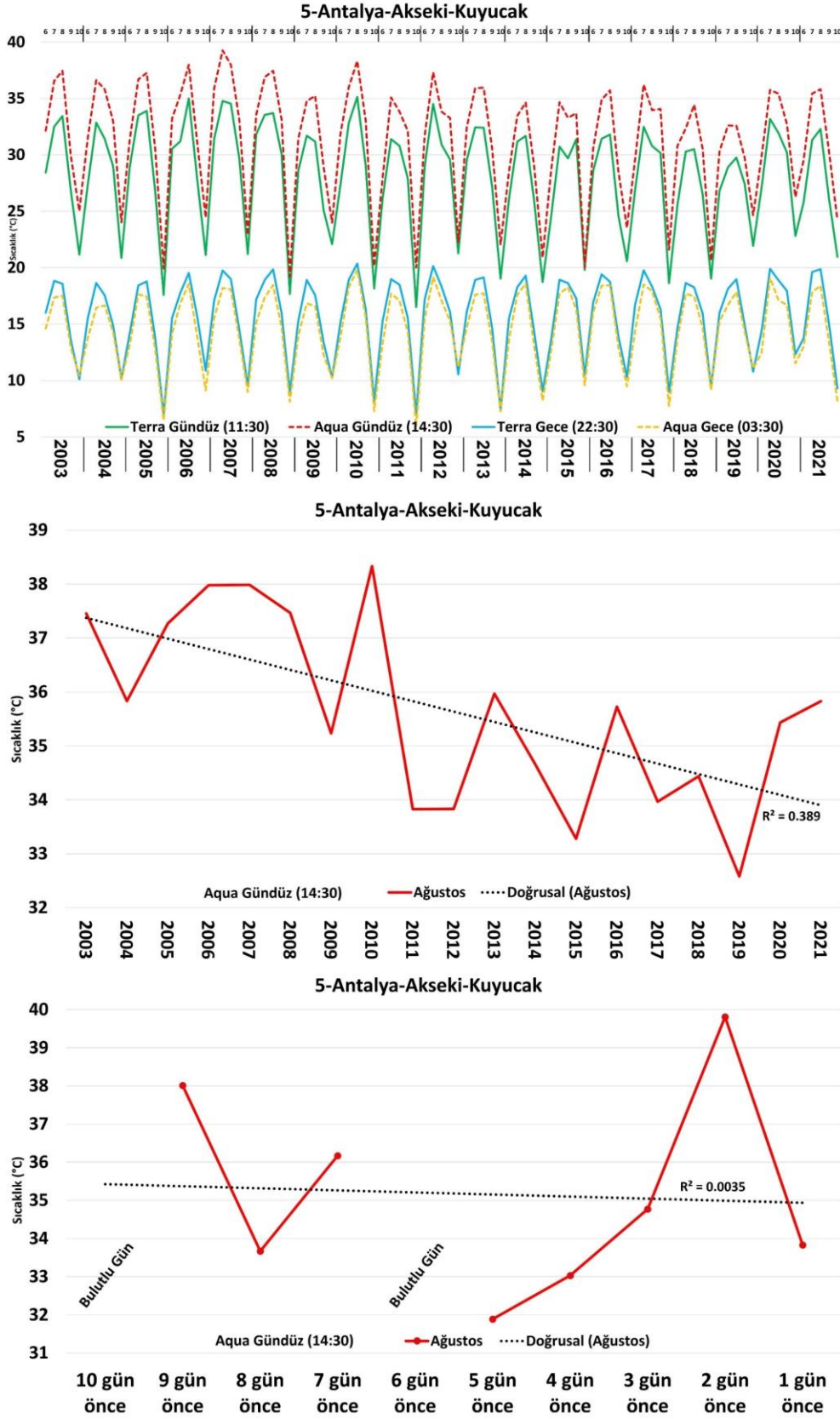
Şekil 17: Gazipaşa-Muzkent yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllardaki değişimi



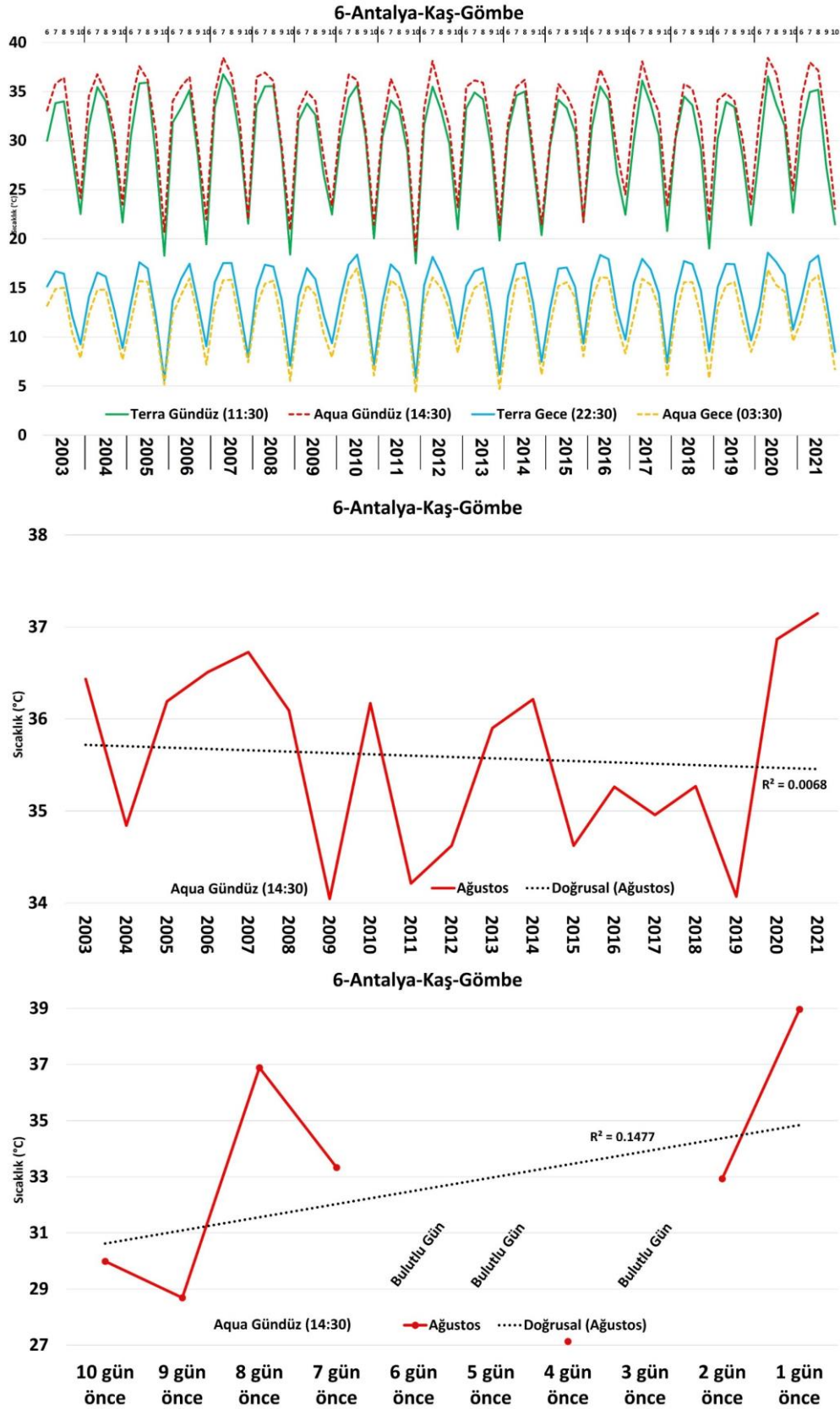
Şekil 18: Muratpaşa-Güzeloba yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



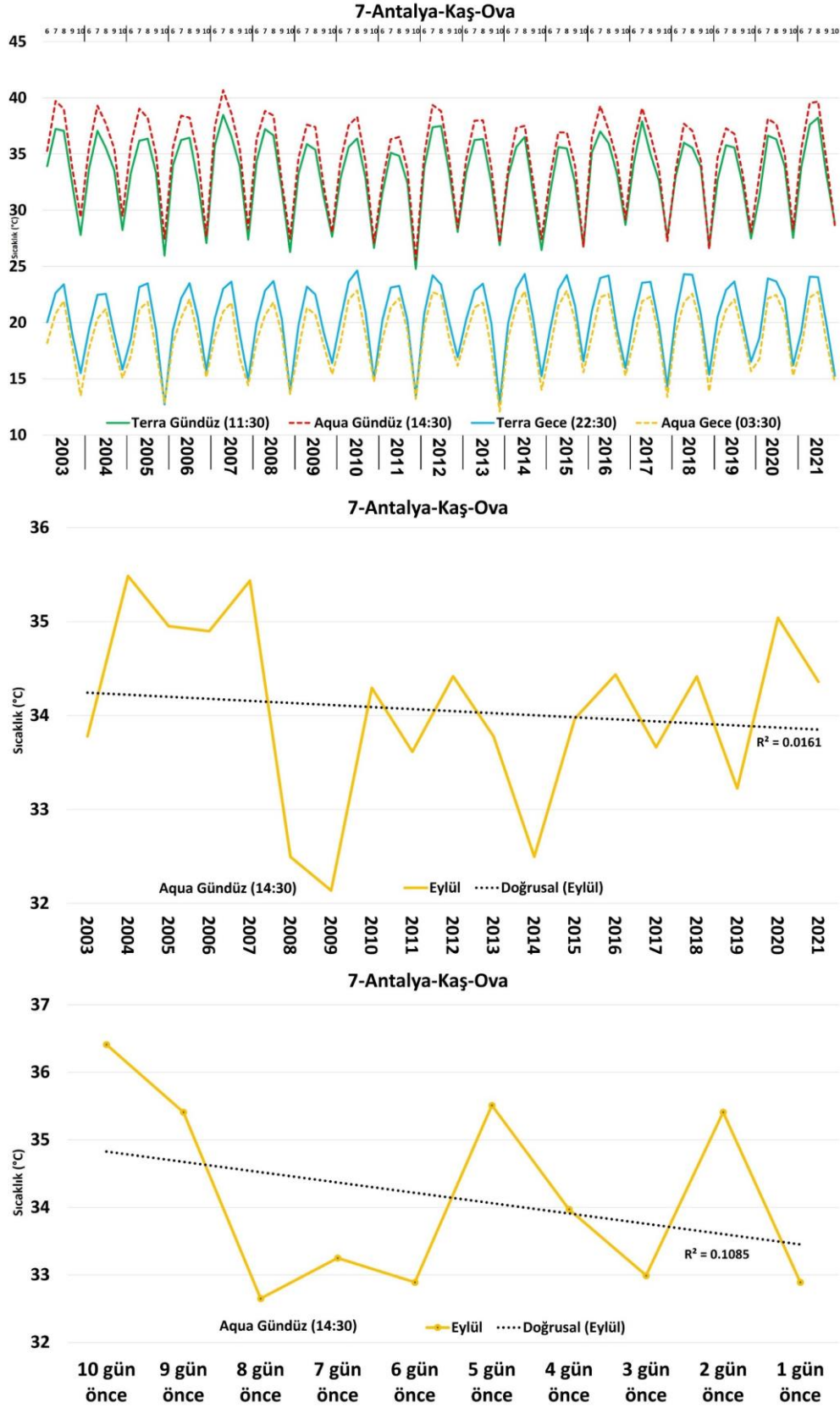
Şekil 19: Gazipaşa-Beyobası yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



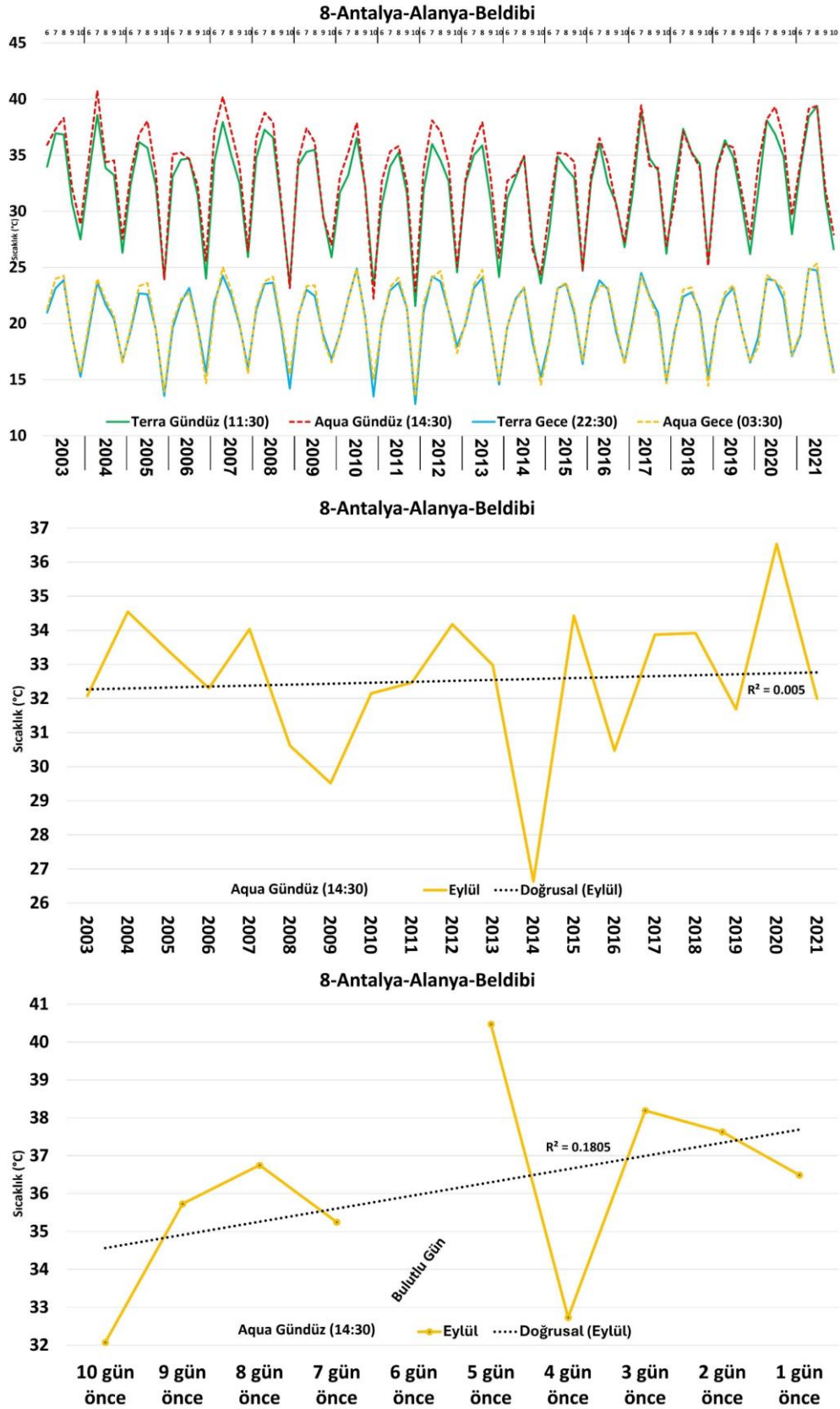
Şekil 20: Akseki-Kuyucak yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



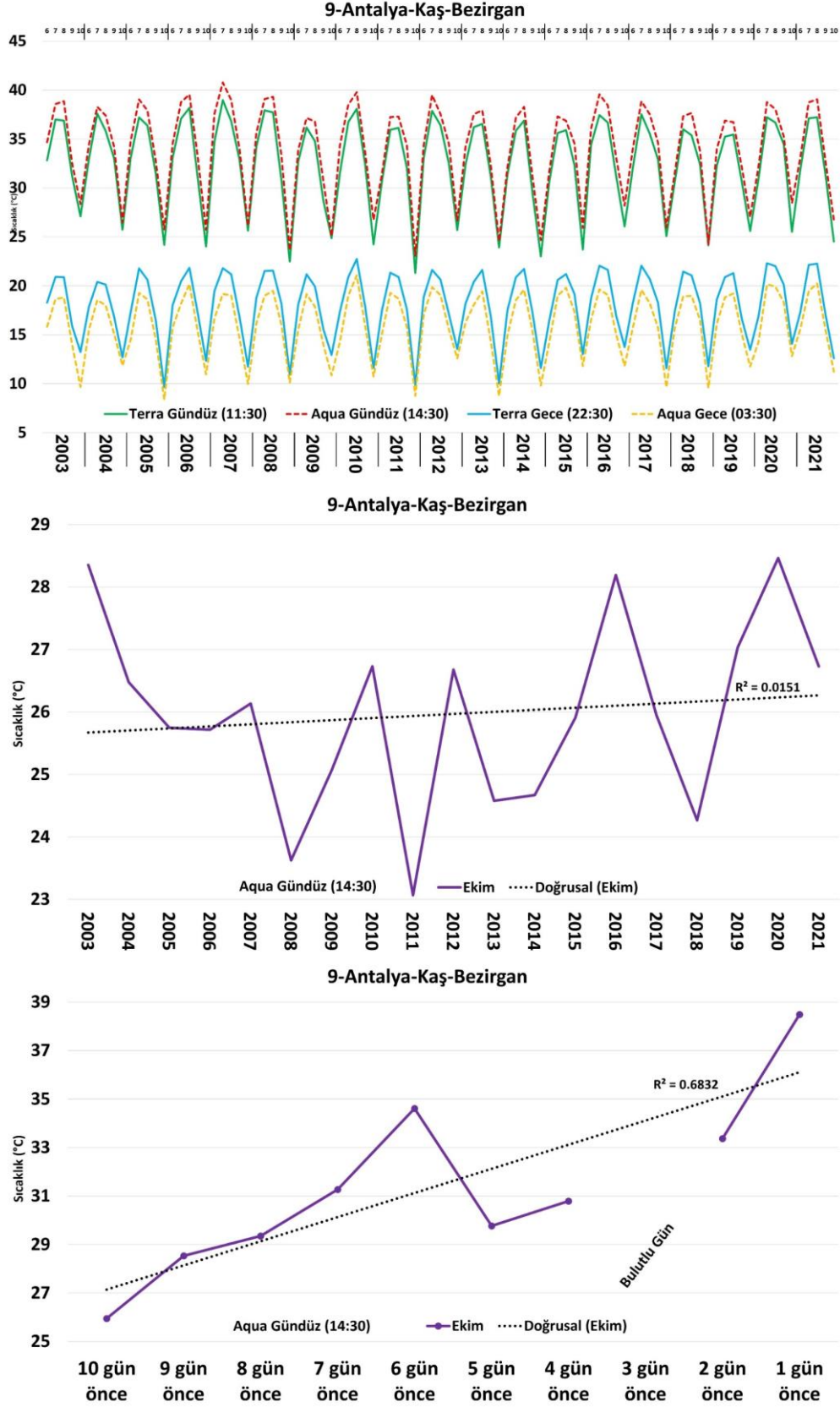
Şekil 21: Kaş-Gömbe yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



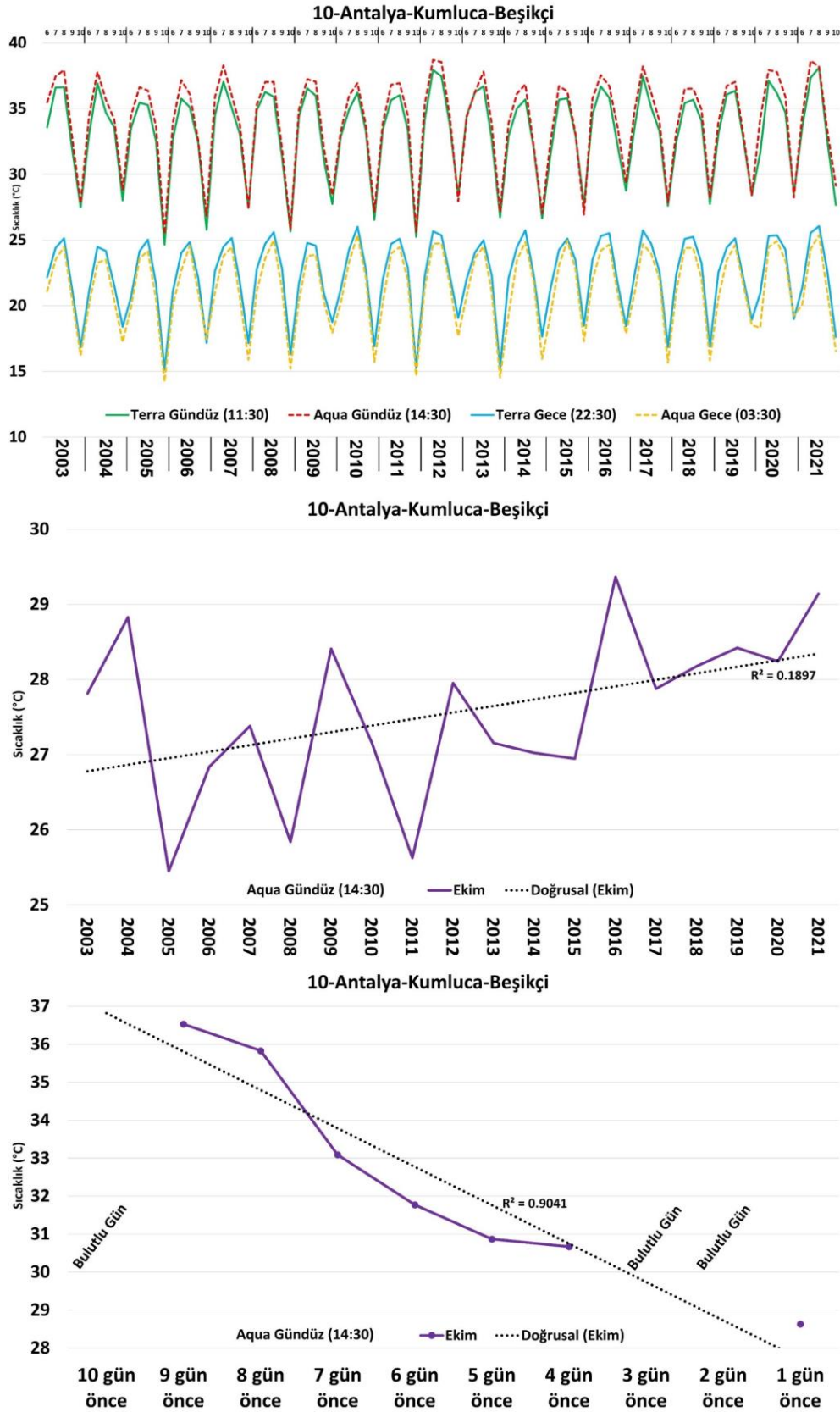
Şekil 22: Kaş-Ova yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 günde değişimi



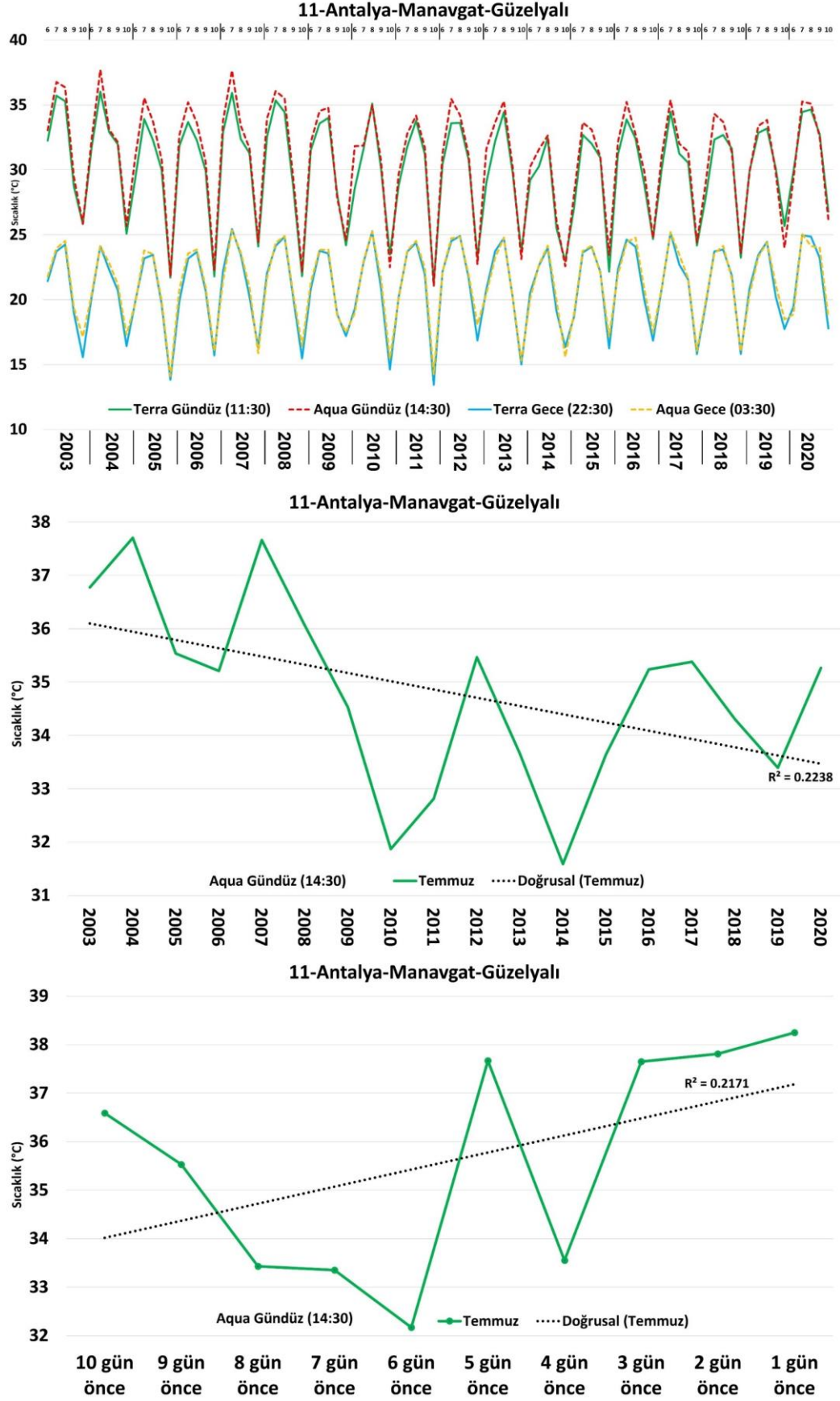
Şekil 23: Alanya-Beldibi yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



Şekil 24: Kaş-Bezirgan yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



Şekil 25: Kumluca-Beşikçi yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi



Şekil 26: Manavgat-Güzelyalı yangın çıkış noktasında yüzey sıcaklığının uzun yıllar ve son 10 gündeki değişimi

Seçilen orman yangını çıkış noktalarında son 10 gündeki durumda incelenmiş; 1 Haziran 2022’de meydana gelen Gazipaşa/Muzkent yangını veri eksikliğinden dolayı değerlendirme dışı bırakılmıştır. Yüzey sıcaklığı verilerinin Antalya için yangın sezonu olan haziran-ekim ayları arasına ait olması bu duruma neden olmuştur. Geriye kalan 10 yangına bakıldığında ise son 10 günde yalnızca 2 orman yangını çıkış noktasında anlamlı yüzey sıcaklığı değişimlerinin olduğu görülmüştür (Şekil 24) (Şekil 25). Saat 11:30’da uzun yıllara ait sıcaklık değerlerinde anlamlı artış eğilimlerinin görüldüğü Kumluca/Beşikçi orman yangınında, yangından önceki son 10 günde yüzey sıcaklıklarında anlamlı bir azalış eğilimi olduğu belirlenmiştir (Şekil 25). Yangından önceki son 10 günde sıcaklıklarda istatistiksel olarak anlamlı bir artışın görüldüğü tek yangın çıkış noktası ise, ekim ayında meydana gelen ve 26 ha orman arazisinin yandığı Kaş/Bezirgan yangını olmuştur (Şekil 24).

Yangın çıkış noktalarında yangının meydana geldiği ay dışında ve diğer ölçüm saatlerinde (11:30, 14:30, 22:30 ve 03:30) yüzey sıcaklıklarında anlamlı bir değişim olup olmadığı incelendiğinde; Alanya/Beldibi, Kaş/Bezirgan ve Manavgat/Güzelyalı orman yangınları dışındaki tüm yangın çıkış noktaları ve özellikle gece saatlerinde anlamlı sıcaklık artışlarının olduğu görülmüştür (Şekil 16) (Şekil 17) (Şekil 18) (Şekil 19) (Şekil 20) (Şekil 21) (Şekil 22) (Şekil 25). Yangın çıkış noktalarında görülen anlamlı sıcaklık artışlarının çoğunlukla temmuz, ağustos ve eylül aylarında olduğu da belirlenmiştir.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Antalya ilini ele alan bu çalışmada; 2000-2022 yılları arasına ait MODIS (AQUA ve TERRA) uydu görüntülerinden yararlanılarak yangın sezonu içinde olan ayların (haziran, temmuz, ağustos, eylül, ekim) ortalama yüzey sıcaklığı dağılışı belirlenmiş ayrıca sıcaklıklardaki eğilimler Mann-Kendall eğilim analizi ile tespit edilmiştir. Daha sonra ise Antalya OBM’den temin edilen orman yangını çıkış verileri ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiler örnek orman yangınları üzerinden incelenmiştir. Orman yangını ve yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkilerin incelenebilmesi için 2003-2021 yılları arasında günün en sıcak saatindeki (14:30) sıcaklıklara regresyon analizi uygulanmış ve yıllara göre sıcaklıklarda anlamlı bir değişim olup olmadığı belirlenmiştir. Daha sonra Mann-Kendall eğilim analizi ile var olan anlamlı değişimlerin yönü (artış ya da azalış) belirlenmiştir. Ayrıca örnek olarak seçilen orman yangınlarında, yangından önceki son 10 gündeki sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Son olarak diğer tüm ölçüm saatlerindeki (11:30, 14:30, 22:30, 03:30) sıcaklık değişimleri tespit edilmiştir.

Guangmeng ve Mei (2004) tarafından yapılan çalışmada Çin ve Avrupa’da meydana gelmiş örnek yangınlar seçilmiş ve bu yangınlardan önceki son 5 günde yüzey sıcaklıklarında anlamlı bir değişim olup olmadığı incelenmiştir. Çin’de meydana gelen orman yangınlarında son 3 gün, Avrupa’daki yangınlarda ise son 4 gün sıcaklıklarda artış eğiliminin olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise son 10 gündeki değişimler incelenmiş ancak 1 yangın dışında (Kaş/Bezirgan) anlamlı bir sıcaklık artışının olmadığı görülmüştür. Ayrıca 1 orman yangınında (Kumluca/Beşikçi) ise anlamlı sıcaklık azalışının olduğu belirlenmiştir.

Manzo-Delgado vd. (2004) tarafından Meksika’ya konu alan çalışmada, El Nino devresinde yüzey sıcaklığı değerlerinin oldukça yükseldiği ve orman yangınlarının çoğunun bu dönemde meydana geldiği belirlenmiştir. Sonuçta El Nino’nun yüzey sıcaklığı, yüzey sıcaklığının ise orman yangınları üzerinde doğrudan etkisi olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ise özellikle temmuz ve ağustos aylarında yüzey sıcaklıklarının diğer aylara kıyasla çok daha yüksek olduğu görülmüş ancak yüksek yüzey sıcaklığı değerlerinin orman yangınları üzerinde doğrudan bir etkisi belirlenmemiştir. En sıcak olarak tespit edilen sahaların genellikle tarım arazisi ve yerleşme sahaları gibi yapay yüzeyler olduğu görülmüştür.

Maffei vd. (2018) tarafından İtalya’nın Campania bölgesini konu alan çalışmada; 2003 ile 2017 yılları arasındaki orman yangınları ile AQUA-MODIS’den temin edilen yüzey sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda pozitif yüzey sıcaklığı anomalilerinin orman yangınlarının süresi ve büyüklüğü üzerinde önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada ise Antalya ilinde yer yer sıcaklık artış eğilimlerinin olduğu görülmüş ancak örnek orman yangınlarında, 2003 ile 2021 yılları arasında günün en sıcak saatinde anlamlı bir sıcaklık artışının olmadığı belirlenmiştir.

Beşli ve Tenekeci (2020) tarafından yapılan çalışma Kanada’da meydana gelen orman yangınlarını tahmin etmek için Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, yüzey sıcaklığı ve termal anomali verileri kullanılmıştır. Sonuçta bu parametreler ile orman yangınlarının doğru bir şekilde tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur. Çalışma sahası olan Antalya ilinde günün en sıcak saatindeki ve son 10 günlerdeki yüzey sıcaklığı değişimi incelenmiş ancak yüzey sıcaklıkları ile orman yangınları arasında doğrudan bir ilişki olmadığı ilişkinin sadece dolaylı olabileceği belirlenmiştir.

Cihan vd. (2022) tarafından İzmir’in Menderes ilçesinde gerçekleşen bir orman yangınına konu alan çalışma ile Mesut (2022) tarafından Antalya ve Muğla’da meydana gelen orman yangınlarını konu alan çalışmada; orman yangınlarından sonra yüzey sıcaklıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanında yer alan Kumluca/Beşikçi’de 2016 da meydana gelen orman yangınlarından sonra normalde ormanlık olan saha çıplak kalmıştır ve bu sahada özellikle ağustos ayında anlamlı sıcaklık artış eğilimlerinin olduğu belirlenmiştir.

Stoyanova vd. (2022) tarafından Bulgaristan’daki orman yangınları ile yüzey sıcaklıklarının karşılaştırıldığı çalışmada, yangın sezonu boyunca meydana gelen tüm orman yangınlarının pozitif yüzey sıcaklığı anomalilerinin olduğu günlere rastladığı belirlenmiştir. Antalya’da seçilen örnek yangınların bazılarında günler arasında sıcaklıklarda artışlar olmak beraber bu artışlar anlamlılık kazanmamaktadır. Hatta bazı yangınlardan (Kumluca/Beşikçi) önce sıcaklıklarda azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

Antalya’da 2000-2022 yılları arasında toplam 5076 orman yangınının meydana geldiği ve bunların %87’sinin insan kaynaklı olduğu görülmüştür (Şenlik, 2024). Orman yangınları ve yüzey sıcaklığı ilişkisinin incelenmesi için seçilen yangınların tamamının da insan kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Günün en sıcak zamanında yangın çıkış noktalarının hiçbirinde yüzey sıcaklıklarında anlamlı bir artış eğiliminin olmadığı görülmüştür. Antalya’da yüzey sıcaklıklarının en yüksek olduğu sahalara bakıldığında Aksu Ovası, Kestel Polye Sistemi ve Antalya Tufa Platosu gibi tarım arazisi olarak kullanılan sahalarda olduğu görülmektedir. Bunun dışında ise Antalya şehir merkezi gibi şehirselleşmiş alanlarda en yüksek sıcaklıklar görülmüştür. Sıcaklıklardaki artış eğilimlerinin ise genellikle gece saatlerinde olduğu görülmüş ve bu değişimler seçilen orman yangınlarına da yansımıştır. Geceleri bu sahalarda ısınması zemindeki yanıcı maddelerin nem oranının düşürerek çıkacak yangınlara bir zemin hazırlayabileceği düşünülmektedir. Lakin burada yüzey sıcaklığının orman yangınları üzerinde ancak dolaylı olarak bir etkisinin olabileceği anlaşılmaktadır. Çalışma sahasının nüfusu 1950’den (28.000) 2022 (2.688.004) yılına kadar 96 kat artmıştır (Şenlik, 2024). Ayrıca Antalya ili 2022 yılı itibarıyla yılda yaklaşık 13 milyon turisti misafir etmekte ve bu turistlerin yaklaşık %78’i yangın sezonu içerisinde çalışma sahasına gelmektedir. Örnek olarak seçilen yangınların tamamının da insan kaynaklı olması, Antalya ilinde yangına sebep olan birincil faktörün “insan” olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek nüfuslu ve turizm bölgesi olan sahalarda yangın potansiyeli yüksek olan kızılcıcam ormanlarının kesişmesi bu durumu kaçınılmaz hale getirmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere yüzey sıcaklığı bu noktada ancak dolaylı etkisi olan ve insan kaynaklı yangınların ortaya çıkmasına yardımcı bir etken olarak gözükmemektedir. Antalya gibi her geçen gün nüfus ve turist sayısı hızla artan şehirlerde “Büyük Manavgat Yangını” gibi mega yangınların tekrar yaşanmaması için hem insan sayısının kontrol altında tutulması hem de yangın öncesi ve sonrasına dair önlemlerin alınması son derece önemlidir. İnsan sayısının orman yangınlarına sebep olacak düzeyde artmasına engel olabilmek için, özellikle turist sayısının belirli bir düzeyin altında tutulması gerekmektedir. Özellikle yangın sezonu olarak adlandırdığımız haziran ile ekim ayları arasındaki turist sayısının azaltılması önemlidir. Turistlerin %78’inin yaz döneminde Antalya iline geldiği göz önüne alındığında bu oranın düşürülmesi için turist sayısına kota konulmalıdır. Ayrıca Antalya’da düzenlenen safari turlarının kaldırılması, ormanlarla ilgili turistik faaliyetlerin kısıtlanması ve özellikle yangın riskinin yüksek olduğu bölgelere girişlerin yasaklanması son derece önemlidir. Yeni açılacak turistik sahalara kontrol altında tutulması ve yangın riski yüksek sahalarda turizme açılmaması gerekmektedir. Turizme açılmış olan sahalarda ise yangın emniyet yol ve şeritleri gibi yangının yayılım hızını düşürecek önleyici önlemler ve uyarı levhaları gibi koruyucu önlemlerin alınması yerinde olacaktır.

Avrupa, Amerika ve Asya ülkeleri için yüzey sıcaklığı ile orman yangınları arasında ilişki kuran ve yüzey sıcaklığının yangınları doğrudan etkileyebileceğini gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada ise Türkiye’nin Antalya ili örnek olarak seçilmiş ve aynı ilişkinin burada kurulup kurulamayacağı araştırılmıştır. Ancak Antalya için yüzey sıcaklığının orman yangınları üzerinde yalnızca dolaylı bir etkisinin olabileceği anlaşılmıştır. Bu tür çalışmaların devam etmesi ve Türkiye’nin başka illerinde veya bölgelerinde yüzey sıcaklığı ile orman yangını ilişkisinin incelenmesi faydalı olacaktır. Ayrıca Antalya’nın yüzey sıcaklığı dağılışı ve eğilimlerinin ilerleyen yıllarda da takip altında tutulması ve sıcaklık artışının olduğu sahalarda belirlenmesi önemlidir.

## Teşekkür

Bu makale, birinci yazarın "Antalya İlinde Orman Yangınlarının Farklı Parametrelerle İlişkisi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Adeyeri, O. E., Folorunsho, A. H., Ayegbusi, K. I., Bobde, V., Adeliyi, T. E., Ndehedehe, C. E., & Akinsanola, A. A. (2024). Land surface dynamics and meteorological forcings modulate land surface temperature characteristics. *Sustainable Cities and Society*, 101, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105072>
- Akyürek, Ö. (2020). Termal uzaktan algılama görüntüleri ile yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi: Kocaeli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377–390. <https://doi.org/10.21324/dacd.667594>
- Avcı, M. (1993). Türkiye’nin flora bölgeleri ve “Anadolu Diagonali”ne coğrafi bir yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 28, 225–248.
- Berberoğlu, E., & Ertürk, M. (2020). Antalya’nın doğal bitki örtüsünün yıllara göre alansal değişimi. In B. Koçakoğlu & D. Çakıcı (Eds.), *Antalya Kitabı: Antalya’da Doğa ve Medeniyet* (ss. 217–242). Dizgi Ofset.
- Beşli, N., & Tenekeci, E. (2020). Uydu verilerinden karar ağaçları kullanarak orman yangını tahmini. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11(3), 899–906. <https://doi.org/10.24012/dumf.661925>
- Çanakçıoğlu, H. (1979). Türkiye orman yangın istatistiklerinin temeline ilişkin tartışmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 29(2), 10–19.
- Cho, D., Bae, D., Yoo, C., Im, J., Lee, Y., & Lee, S. (2022). All-sky 1 km MODIS land surface temperature reconstruction considering cloud effects based on machine learning. *Remote Sensing*, 14(8), Article 1815. <https://doi.org/10.3390/rs14081815>
- Cihan, A., Cerit, K., & Erenler, A. (2022). Yangın alanında uydu görüntüleri ile yer yüzey sıcaklık değişimi gözlemi ve mekânsal alan tespiti. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(1), 142–155. <https://doi.org/10.21324/dacd.942724>
- Çolak, E., & Sunar, F. (2018, 18–21 Eylül). *Yüzey sıcaklığı ve spektral yanma indekslerinin orman yangın analizinde kullanımı* [Bildiri sunumu]. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.

- Dikici, M. (2019). Asi Havzası'nda (Türkiye) kuraklık analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1), 22–40. <https://doi.org/10.21324/dacd.426784>
- Diñç, N., Aydınşakir, K., Işık, M., & Büyüktaş, D. (2016). Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Antalya ili kuraklık analizi. *Derim*, 33(2), 279–298. <https://doi.org/10.16882/derim.2016.267912>
- Duran, M. (2023). *Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü sahalılarında orman yangını sorunu ve yangınlar üzerinde etkili olan faktörler* [Yüksek lisans tezi, Bursa Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Ergün, O. F. (2023). Türkiye'de orman yangınları ve gönüllülük. *Emergency Aid and Disaster Science*, 3(1), 7–14.
- Erol, O. (2014). *Genel klimatoloji* (10. Baskı). Çantay Kitapevi.
- Guangmeng, G., & Mei, Z. (2004). Using MODIS land surface temperature to evaluate forest fire risk of Northeast China. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 1(2), 98–100. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2004.826550>
- Güney, C. O., Özkan, K., & Şentürk, Ö. (2016). Antalya-Manavgat yöresi ormanlarında tutuşma riskinin coğrafi dağılım modellemesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(2), 459–470. <https://doi.org/10.17099/jffiu.42696>
- Guo, D., Wang, C., Zang, S., Hua, J., Lv, Z., & Lin, Y. (2021). Gap-filling of 8-day terra MODIS daytime land surface temperature in high-latitude cold region with generalized additive models (GAM). *Remote Sensing*, 13(18), 3667–3685. <https://doi.org/10.3390/rs13183667>
- Hızal, E., & Akkuzu, E. (2002). Orman yangınlarının yaban hayatı üzerindeki etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52/53(2/1-2), 87–94. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/176194>
- İrcan, M. R., & Duman, N. (2022). Van Gölü Havzası'ndaki maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 80, 39–52.
- Kantarci, M. D. (2009). Taşagıl-Serik (Antalya) orman yangını (31.7.2008-4.8.2008) ve yangın sonrası öngörülen işlemler üzerine ekolojik değerlendirmeler. *Orman Mühendisleri Odası Yayın Organı*, 1-2-3, 33–37.
- Karabacak, K., Bayar, R., & Türkşen, Ö. (2019, 20-22 Haziran). *Antalya ilinde orman yangınlarının mekânsal istatistiksel yöntemler ile analizi* [Bildiri sunumu]. 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi, İstanbul, Türkiye.
- Kılıç, H. (2012). *Orman Yangınları ve İnsan İlişkisi: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü örneği* [Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Kurt, B. (2014). *Türkiye'de orman yangınlarının coğrafi dağılışı* [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Lata, R., & Ghosh, S. (2022). Assessing the impact of spatio-temporal land cover changes on land surface temperature using satellite data in Beas Valley, Himachal Pradesh, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 1–15. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012050>
- Lavanya, B., & Padmaja, B. (2014). A novel approach for identification of forest fires using land surface temperature images. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 16(5), 78–83. <https://doi.org/10.9790/0661-16547883>
- Lewis, T. (1998). The effect of deforestation on ground surface temperatures. *Global and Planetary Change*, 18(1-2), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(97\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(97)00011-8)
- Li, S., Wang, J., Li, D., Ran, Z., & Yang, B. (2021). Evaluation of landsat 8-like land surface temperature by fusing Landsat 8 and Modis land surface temperature product. *Processes*, 9(12), 2262–2279. <https://doi.org/10.3390/pr9122262>
- Lund, H. G. (2014). Orman nedir? tanımlar farklı sonuçlar doğurur Türkiye örneği. *Avrasya Terim Dergisi*, 2(1), 9–16. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/59836>
- 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 Sensing*, 10(11), 1777–1797. <https://doi.org/10.3390/rs10111777>
- Manzo-Delgado, L., Aguirre-Gómez, R., & Álvarez, R. (2004). Multitemporal analysis of land surface temperature using NOAA-AVHRR: preliminary relationships between climatic anomalies and forest fires. *International Journal of Remote Sensing*, 25(20), 4417–4423. <https://doi.org/10.1080/01431160412331269643>
- Mesut, M. N. (2022). *Orman yangınlarının hava kalitesi ve yer yüzey sıcaklığı üzerindeki etkilerinin uzaktan algılama yöntemleri ile incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024, 7 Şubat). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri: Antalya*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ANTALYA>
- NASA/Level-1 and Atmosphere Archive & Distribution System (2024, 5 Mart). *Orbit Tracks and Overpass Times*. [https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/viewdata/#!Sentinel\\_2B\\_Orbit\\_Dsc;@31.2,38.4,6.4z](https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/viewdata/#!Sentinel_2B_Orbit_Dsc;@31.2,38.4,6.4z)
- Neyişçi, T. (1986). *Antalya Doyran yöresi kızılçam (Pinus brutia Ten.) ormanlarından yangınların tarihsel etkileri* (Teknik Rapor Seri No: 29). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Orman Genel Müdürlüğü. (2024, 29 Mayıs). *Orman Genel Müdürlüğü Ormancılık İstatistikleri 2022*. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>
- Özdemir, N. C., & Çelik, İ. (2020, 4–5 Aralık). *Akıllı şehirlerde orman yangınları özelinde afet ve acil durum yönetimi* [Bildiri sunumu]. International Marmara Sciences Congress, Kocaeli, Türkiye.
- Sabancı, S. (2016, 13–14 Ekim). *Antalya'nın doğusu-Akseki, Gündoğmuş ve Manavgat (Karpuz Çayı Havzası)'ta orman yangınları'nın sebepleri ve alınması gereken önlemler* [Bildiri sunumu]. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara, Türkiye.
- Sarıbaşak, H. (2000). *Batı Akdeniz (Antalya) yöresinde orman yangınlarının topografik, meteorolojik ve sosyo-ekonomik açılardan değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Soydan, O. (2022). Detection of burnt areas by remote sensing techniques: Antalya Manavgat forest fire. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(2), 3029–3035. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10isp2.3029-3035.5763>
- Stoyanova, J. S., Georgiev, C. G., & Neytchev, P. N. (2022). Satellite observations of fire activity in relation to biophysical forcing effect of land surface temperature in Mediterranean climate. *Remote Sensing*, 14(7), 1747–1771. <https://doi.org/10.3390/rs14071747>
- Şenlik, Y. F. (2024). *Antalya ilinde orman yangınlarının farklı parametrelerle ilişkisi* [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Türkeş, M. (2021). *Genel klimatoloji atmosfer, hava ve iklimin temelleri* (5. Baskı). Kriter Yayınevi.

- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2018). Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri. *Journal of Human Sciences*, 15(1), 225–242. <https://doi.org/10.14687/jhs.v15i1.5040>
- Zainalabden, T. I. A. (2022). Çok kriterli karar analizi ile oluşturulan orman yangını risk haritalarının gerçekleşen orman yangınları ile karşılaştırılması (Manavgat örneği) [Yüksek lisans tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Zhao, J., Wang, L., Hou, X., Li, G., Tian, Q., Chan, E., Ciaisi, P., Yu, Q., & Yue, C. (2021). Fire regime impacts on postfire diurnal land surface temperature change over North American boreal forest. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(23), 1–14. <https://doi.org/10.1029/2021JD035589>
- Zile, M. (2018). Orman yangınlarının olay yerinde analizi, kusurluların ile kusur oranlarının belirlenmesi ve alınması gereken önlemler. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 89–97.