

## SPLIT WINDOW YÖNTEMİ KULLANILARAK KİREÇTAŞI VE BAZALT ÜZERİNDE YERYÜZEYİ SICAKLIKLARININ (YYS) İNCELENMESİ

Investigation of Land Surface Temperature (LST) Of Basalt and Limestone Using Split Window Method

MEHMET ALİ ÇELİK<sup>1</sup>

### Özet

Uzaktan algılama yöntemi ile yeryüzünün geniş alanlarına dair birçok parametre incelenebilmektedir. Bu parametrelerden birisi de Yer Yüzey Sıcaklıklarıdır (YYS). YYS ile yeryüzünde farklı objelerin fiziksel, çevresel ve iklimsel özellikleri hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirilebilmektedir. YYS modeli, birçok çevresel parametreyi ve bunlar arasındaki ilişkiyi anlama için etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada farklı litolojik birimler üzerinde yer yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır. YYS verilerinin oluşturulmasında split-window (sw) algoritması kullanılmıştır. Sonuçlar, bazalt yüzeyinin kireçtaşından daha sıcak olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, kireçtaşı yer yüzeyinin yıllık sıcaklık değişimi, bazalta göre daha fazladır.

**Anahtar Kelimeler:** Yer yüzey sıcaklığı (YYS), iklim, bazalt, kireçtaşı, uzaktan algılama, Split-window

### Abstract

Remotely sensed data have already become one of the major resources. Environmental monitoring with satellite data is facilitated by frequent observations at a fine spatial scale. LST images obtained by thermal infrared remote sensing can be evaluated quickly and effectively for different objects on the earth by the mean of physical, environmental and climatic characteristics. LST is a key parameter in many environmental studies related to different disciplines such as geology, hydrology, ecology, oceanography, meteorology, climatology, etc. LST variations in space and time, measured by satellite remote sensing, are used for the estimation of a multitude of geophysical variables, such as evapotranspiration, vegetation water stress, soil moisture, and thermal inertia. In this letter, we present coefficients for the most popular thermal sensors used to calculate LST from split-window (SW) algorithm. Results, temperature of basalt surface warmer than limestone surface. At the same time, annual temperature changes of limestone surface more than basalt surface.

**Keywords:** Land surface temperature (LST), Splir-window(SW), climate, basalt, limestone, remote sensing(RS)

---

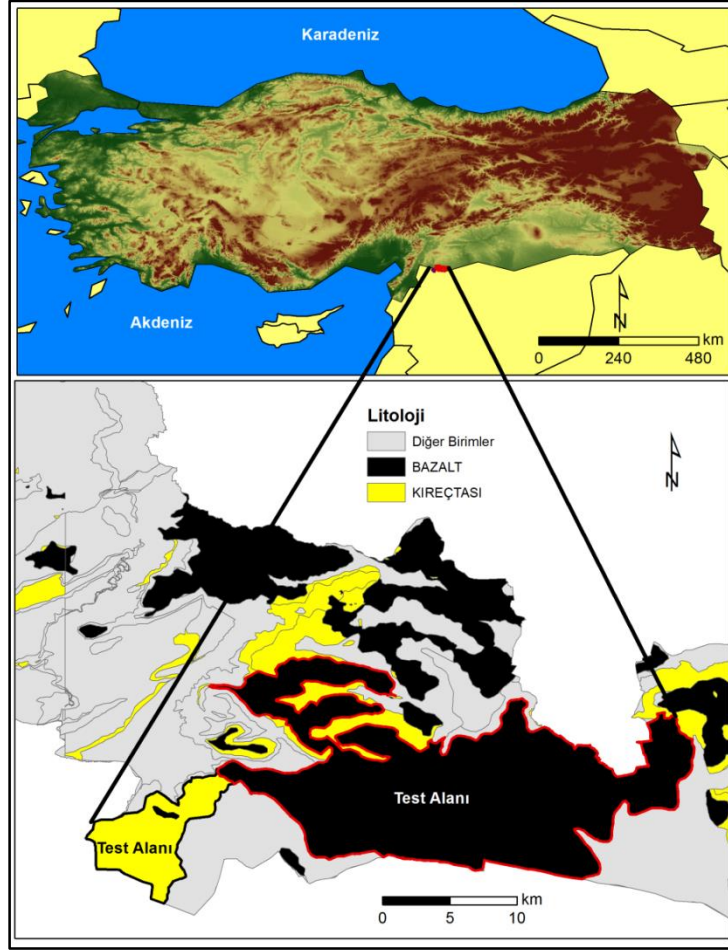
<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., mehmet.ali.celikk@gmail.com

## GİRİŞ

Toprakta bitkilerin yetişmesi, toprak canlılarının faaliyeti, organik maddelerin parçalanması ve mineralizasyonu ile topraktaki kimyasal süreçlerin devamı için toprak sıcaklığının bilinmesi büyük önem arz etmektedir (Atalay, 2006 s.23). Çünkü toprak sıcaklığı bitkilerin çimlenme hızını ve süresine, ürün verimini, toprakta oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri etkileyen bir faktördür (Ekberli ve ark., 2005 s.85). İdeal toprak sıcaklığı 15 – 25 °C arasındadır. Ancak çevre faktörlerine bağlı olarak bazı toprakların sıcaklıkları kışın 0 °C'nin çok altına düşerek donabilir. Yazında bazı toprakların sıcaklıkları 60-70 °C ye kadar çıkabilir (Oğuz, 2008 s.36). Toprak sıcaklığının yanı sıra toprağın üzerinde geliştiği ana kaya, toprağın rengini, içerisindeki mineral ve inorganik madde miktarını vs. büyük oranda etkiler. Bilhassa yarı-kurak bölgelerde, toprağın tekstür özelliklerini ana kaya belirler (Mater, 2004 s.25). Ana kayanın farklılaşması toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklılaşmasına sebep olmaktadır. Ana kayanın farklı özellikler göstermesi iklim koşullarının aynı olduğu alanlarda, toprak sıcaklığının kısa mesafede farklılaşmasına sebep olabilmektedir. Kısacası, toprak sıcaklığı aynı alanda yer alan çeşitli ana kayalar üzerinde farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, koyu renkli topraklar gelen enerjinin % 80'ini, açık renkli kuvars kumları ise % 30'unu tutar. Toprakta tutulan ısı; suyun buharlaşmasını, toprak üzerindeki havanın ve toprağın ısıtılmasını sağlar. Aynı zamanda toprakta tutulan sıcaklık, uzun dalga boylu radyasyon halinde tekrar atmosfere dönmesi şeklinde harcanır. Burada, toprağa gelen güneş radyasyonu, yansıyan radyasyondan fazla ise, bilanço artı yönde olur ve toprak ısınmaya başlar (Atalay, 2006 s.23).

Aynı iklim bölgesinde yakın mesafede yer alan toprakların farklı sıcaklık özellikleri göstermesi, her ana kayanın farklı yansıma ve yutma özellikleri göstermesinden kaynaklanmaktadır (Duran, 2007:6). Koyu renkli kayalar güneşten gelen enerjinin büyük bir bölümünü yutarak ısınırken, açık renkli kayalar ise gelen enerjiyi büyük oranda geri yansıtır. Kayaların renginin yanı sıra, matlık ve parlaklık durumu da gelen ışığın yansıma ve yutulması bakımından önemlidir. Uzaktan algılama metodolojisi sözü edilen durum üzerinde yeryüzü objelerini birbirinden ayırmaktadır. Bir başka ifade ile yeryüzündeki her unsurun güneşten gelen enerjiyi farklı oranda tutup, farklı oranda yansıtması bu objelerin uzaktan algılama ile tespiti için kolaylık sağlamaktadır. Uzaktan algılama tekniğinden faydalanılarak, çok geniş bir yelpazede araştırmalar yapılmaktadır. Son dönemlerde Türkiye'de araştırmacılar tarafından uzaktan algılama tekniği kullanılarak bitki örtüsü (Akkartal, 2005; Çelik ve Karabulut, 2014) arazi örtüsü değişimi (Gülersoy, 2013), sulak alanların izlenmesi (Çelik ve ark., 2013), iklim koşulları (Karadoğan, 2010; Çiçek ve ark., 2013) doğal afetlerin tespit ve planlaması (Özdemir ve Bayraktar, 007; Küçükönder ve Çan, 2012) konularında birçok çalışma yapılmıştır. Fakat bu yönde bir çalışma literatürde çok fazla bulunmamaktadır. Bu açıdan çalışmamız, söz konusu literatüre önemli bir katkı niteliğindedir. Araştırmamızda, split window tekniği kullanılarak hesaplanan YYS'nin litoloji, hava ve toprak sıcaklığı parametreleri olan ilişkisi incelenmiştir. Böylelikle yarı-kurak iklim özellikleri gösteren Kilis'te birbirine çok yakın iki litolojik birimin YYS sıcaklıkları incelenmiştir. Kireçtaşı ve bazalt üzerinde gelişen toprakların ana kaya özelliklerine bağlı olarak, aynı iklim özellikleri gösteren sahalarda, farklı sıcaklık değerleri göstermesi üzerinde yetişen tarımsal ürün ve doğal bitki örtüsünün de farklı günlerde gelişme ve kuruma dönemlerine girmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda değişen litolojik birimler üzerinde gelişen toprakların sıcaklıkların ortaya konulması, tarım ve ekoloji çalışmaları bakımından önemlidir.

Çalışmamızda yarı-kurak iklim özellikleri gösteren Kilis'te kireçtaşı ve bazalt birimleri üzerinden test alanları belirlenmiştir. Test alanları, Kilis İli'nin güney kesiminde yer almaktadır (Şekil 1).



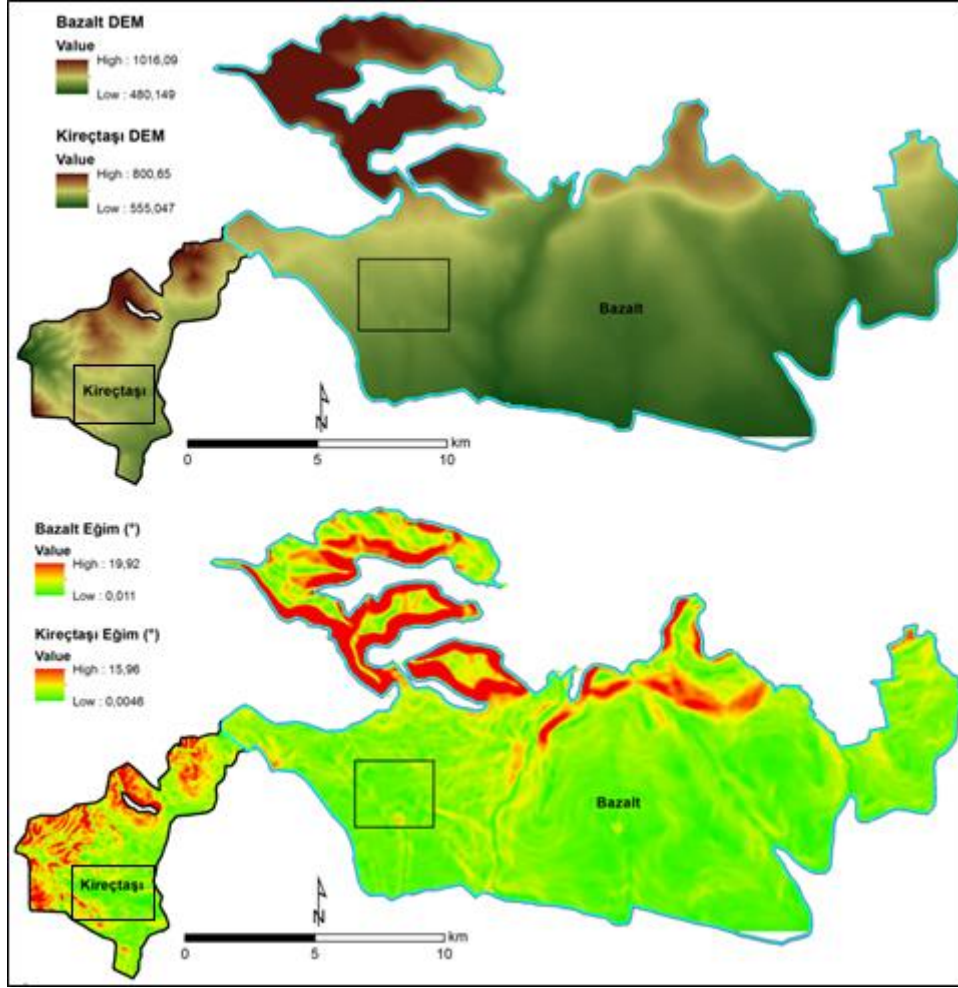
Şekil 1: Test alanlarının lokasyonu

Belirlenen örneklem alanlarının birbirine yakın mesafede olması önem arz etmektedir. Çünkü test alanları arasındaki mesafe arttıkça, yükselti, bitki örtüsü, eğim koşulları değişmektedir. Dolayısıyla örneklem alanları arasındaki mesafe kısa tutularak, bu alanlar arasında yükselti, arazi örtüsü ve eğim gibi koşulların çok farklı olmaması sağlanmıştır. Test alanları arasındaki yükselti, eğim ve arazi örtüsü gibi farklılıkların çok fazla olması yer yüzeyi sıcaklıklarını etkilemektedir. Bu çalışmada amaç bakı, yükselti, arazi örtüsü ve eğim gibi koşulları sabit tutarak değişen litolojik birimler arasındaki yer yüzey sıcaklıklarını incelemektir.

Kireçtaşı ve Bazalt örneklem alanı olarak seçilmiştir. Bu alanların ortalama yükseltisi, eğimi ve bakışı birbirine benzerdir. Kireçtaşına ait test alanının yükseltisi ortalama 672 m., eğimi 3,92°, bakışı % 35 kuzey, %32 güney, %18'i doğu ve %13'ü batı yönündür. Bazalta ait test alanının ise ortalama yükseltisi kireçtaşından biraz aşağıdadır. Yükselti 631 m., eğim 3,02°, bakı ise %43 kuzey, 34 güney, %14 doğu ve %7 batı yönündür (Tablo 1).

| <b>Tablo 1: Test alanlarının bazı coğrafi özellikleri</b> |                  |               |
|---|------------------|---------------|
| <b>Litoloji</b>   | <b>Kireçtaşı</b> | <b>Bazalt</b> |
| <b>Ort Yükselti</b>                                       | 672              | 631           |
| <b>Ort Eğim(°)</b>  | 3,92             | 3,02          |
| <b>Bakı</b>   | % 35,63 Kuzey    | % 43,18 Kuzey |
|   | % 32,71 Güney    | % 34,51 Güney |
|   | % 18,28 Doğu     | % 14,49 Doğu  |
|   | % 13,37 Batı     | % 7,67 Batı   |

Bazalta ait test alanının kuzey kesimlerinde eğimin arttığı görülmektedir. Bu alanlar aynı zamanda test alanının en yüksek kesimidir. Eğim bu kesimlerde 10°'nin üzerine çıkmaktadır. Kireçtaşına ait test alanının kuzey ve batı kesimlerinde eğim artmaktadır. Bu alanlar aynı zamanda yükselti ve eğimin yüksek olduğu kesimlerdir (Şekil 2).



Şekil 2: Test alanların SYM ve eğim haritaları

Test alanlarında arazi örtüsünün aynı olmasına bilhassa dikkat edilmiştir. Test alanlarının birinde orman birinde ise kuru tarım yapılması ya da çıplak yüzey olması yansıma değerleri üzerine etki etmektedir. Kilis şehrinin hemen güneyinde aynı enlem üzerinde bulunan birbirine bir birine sınır iki litolojik birimde de yoğun olarak tarımsal faaliyetler yapılmaktadır. Bilhassa zeytin tarımı her iki birim üzerinde yaygın bir şekilde yapılan ekonomik faaliyettir (Şekil 3).



Şekil 3: Bazalt (a) ve kireçtaşı (b) üzerinde gelişen toprakların rengi

## MATERYAL VE METOT

Bilindiği gibi, Türkiye’de yeryüzü şekillerinin kısa mesafede değişmesine bağlı olarak, iklim elemanları da kısa mesafede farklılık göstermektedir (Atalay, 2010 s.417; Atalay, 2015 s.2). Bundan dolayı, meteoroloji ağının sık olması önem arz

eden bir konudur. Fakat Türkiye’de meteoroloji ağı sıklığı yeterli değildir. Dolayısıyla iklim hakkında fikir elde edebilmek için farklı ve yeni yöntemler gerekmektedir. Bu yöntemlerden birisi, uzaktan algılamadır. Uydu verileri kullanılarak başta iklim (Şahin ve ark., 2011; Küçükönder ve ark., 2014; Senay ve ark., 2015) olmak üzere jeoloji (Aboelkhair ve ark., 2010; Amer ve ark., 2010; Gabr ve ark., 2010) bitki örtüsü (Singh ve ark., 2004; Setiawan ve ark., 2014; Vlassova ve Cabello, 2016) ile tüm bunların birbiriyle olan ilişkisini konu alan (Yang ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2015; Hutengs ve Vohland, 2016; Zheng ve ark., 2016) bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar jeoloji, toprak, iklim ve bitki örtüsü parametrelerinin birbiriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Nitekim bu araştırma da, söz konusu parametrelerin birbiriyle olan ilişkiyi konu almaktadır. Bu çalışmada, farklı litolojik birimlerde yeryüzü sıcaklıklarının durumu nedir? sorusuna cevap aranmaktadır. Literatürde farklı mekanları konu alan çalışmalarda, değişen litolojiye bağlı olarak bilhassa toprak ve yeryüzü sıcaklıklarının değiştiği bildirilmiştir (Ninomiya, 2005; Hartmann ve ark., 2014). Bu çalışmada, Temperature Condition Indeks (TCI) ve Land Surface Temperature (LST) modellerinin toprak sıcaklığı ve hava sıcaklığı verileri ile olan ilişkisi incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda cevabı aranan sorulardan bazıları şunlardır: Uzaktan algılama metodolojisi iklim koşullarını doğru yansıtmakta mıdır? İklim çalışmalarında uzaktan algılama metodolojisi ne ölçüde kullanılışlıdır? Yıllara göre hava sıcaklıklarında ve toprak sıcaklıklarında meydana gelen varyasyonları ve değişimleri LST ve TCI modelleri ne kadar yansıtmaktadır? Bu soruların cevabına ulaşmak için, Kilis MGM günlük toprak sıcaklığı (5, 10, 20, 50 ve 100cm) ile ortalama hava sıcaklığı verileri kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, Uzaktan algılama metodolojisi kullanılarak, Land Surface Reflectance verilerine iki yöntem uygulanmıştır. Bunların ilki, LST verilerinin oluşturulması için kullanılan split-window (SW) modelidir (Sobrino ve ark., 1996). Aşağıda LST verilerin elde edilmesin kullanılan SW algoritmasının hangi formül ile hesaplandığı verilmiştir:

$$T_s = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4W)(1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6W)\Delta\varepsilon \quad (1)$$

Bu formülde, i ve j kelvin cinsinden sıcaklık değerleridir.  $T_i$  ve  $T_j$  parlaklık sıcaklığı (brightness temperature),  $\Delta\varepsilon$  gelen ışınları geri salmada her bir pikselin gösterdiği farklılık durumudur (emissivity difference).  $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_i - \varepsilon_j)$  formülasyonunda elde edilen W değeri ise atmosferdeki su durumudur ( $\text{cm}^3/\text{lik}$  alanda gram cinsinde su miktarı).  $c_0-c_6$  formülü ise SW katsayısını verir.

SW algoritması ile elde edilen LST verisinin hata katsayısını indirmek gerekir. Aksi takdirde bilhassa yarı-kurak bölgelerde aerosol ve atmosferik etkilerden kaynaklanan hata oranları artmaktadır (<http://landval.gsfc.nasa.gov/ProductStatus.php?ProductID=MOD11>). LST verisinin güvenilirliğini arttırmak için sensitivity analizi yapılmıştır. Sensitivity analizi şu formül ile hesaplanmaktadır (Munoz ve Sobrino, 2008 s.807):

$$e(\text{LST}) = \sqrt{\delta_{\text{alg}}^2 + \delta_{\text{NE}\Delta T}^2 + \delta_{\varepsilon}^2 + \delta_W^2} \quad (2)$$

Formüldeki girdilerden  $\delta_{\text{alg}}$  değeri hata oranını minimize etmek amacıyla kullanılmıştır. Formüldeki girdilerden bir diğeri ise,  $\delta_{\text{NE}\Delta T}$ ’dir. Bu girdi uydu verisinden yansıyan sıcaklık değerlerinde, gürültü(noise) kaynaklı bozulma meydana gelmemesi için kullanılmıştır.  $\delta_{\text{NE}\Delta T}$  girdisi şu formül ile hesaplanmaktadır:

$$\delta_{\text{NE}\Delta T} = \sqrt{\left(\frac{\partial T_s}{\partial T_i}\right)^2 e^2(T_i) + \left(\frac{\partial T_s}{\partial T_j}\right)^2 e^2(T_j)} \quad (3)$$

Yüzeydeki objeden yansıyan parlaklığın hata oranını düşürmek için ise şu formül kullanılmıştır:

$$\delta_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{\partial T_s}{\partial \varepsilon_i}\right)^2 e^2(\varepsilon_i) + \left(\frac{\partial T_s}{\partial \varepsilon_j}\right)^2 e^2(\varepsilon_j)} \quad (4)$$

Son olarak sensitivity analizine atmosferdeki  $\text{cm}$  alanda gram cinsinden su buharı miktarındaki belirsizliği düşürmek için yani atmosferdeki su buharı miktarını daha net elde edebilmek için şu girdi eklenmiştir:

$$\delta_W = \left(\frac{\partial T_s}{\partial W}\right) e(W) \quad (5)$$



Hata oranı minimize edilen LST verilerinden TCI model hesaplanmıştır. Kogan tarafından (1990) geliştirilen formül şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$TCI = 100 * (BT_{max} - BT) / (BT_{max} - BT_{min}) \quad (6)$$

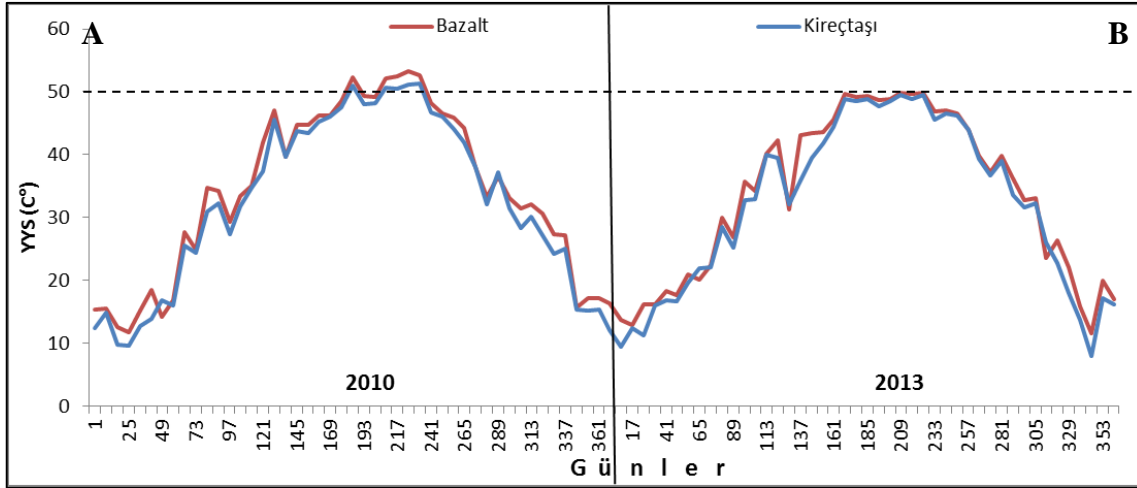
Formülde  $BT_{maks}$  gün içinde en yüksek yer yüzeyi sıcaklık değerine,  $BT$  ise günlük ortalama YYS değerine tekabül etmektedir.  $BT_{min}$  değeri ise yer yüzeyi sıcaklıklarının gün içindeki en düşük değeridir. Denklem sonucunda elde edilen rakamlar "0" ile "100" arasındadır. "0" yer yüzeyi sıcaklığının en yüksek olduğu, 100 ise en düşük olduğu dönemi ifade eder. Bu formül ile yer yüzeyi sıcaklıklarının yılın hangi döneminde yükselip hangi dönemde düşüşe geçtiği konusunda önemli bilgiler elde edilmektedir.

Son olarak uzaktan algılama ile MGM verileri birbirine entegre edilmiştir. Bu parametreler arasındaki ilişki regresyon analizleri ile ölçülmüştür. Böylelikle elde edilen LST ve TCI değerlerinin iklim verileriyle ne kadar uyduğu sorusunun cevabına ulaşılmıştır. Çalışmada ulaşılmaması amaçlanan bir diğer mesele ise, meteoroloji istasyonunun bulunmadığı bölgelerde, LST ve TCI verileri kullanılarak sıcaklık koşulları hakkında fikir edinilebilir mi? sorusunun cevabına ulaşmaktır.

## BULGULAR

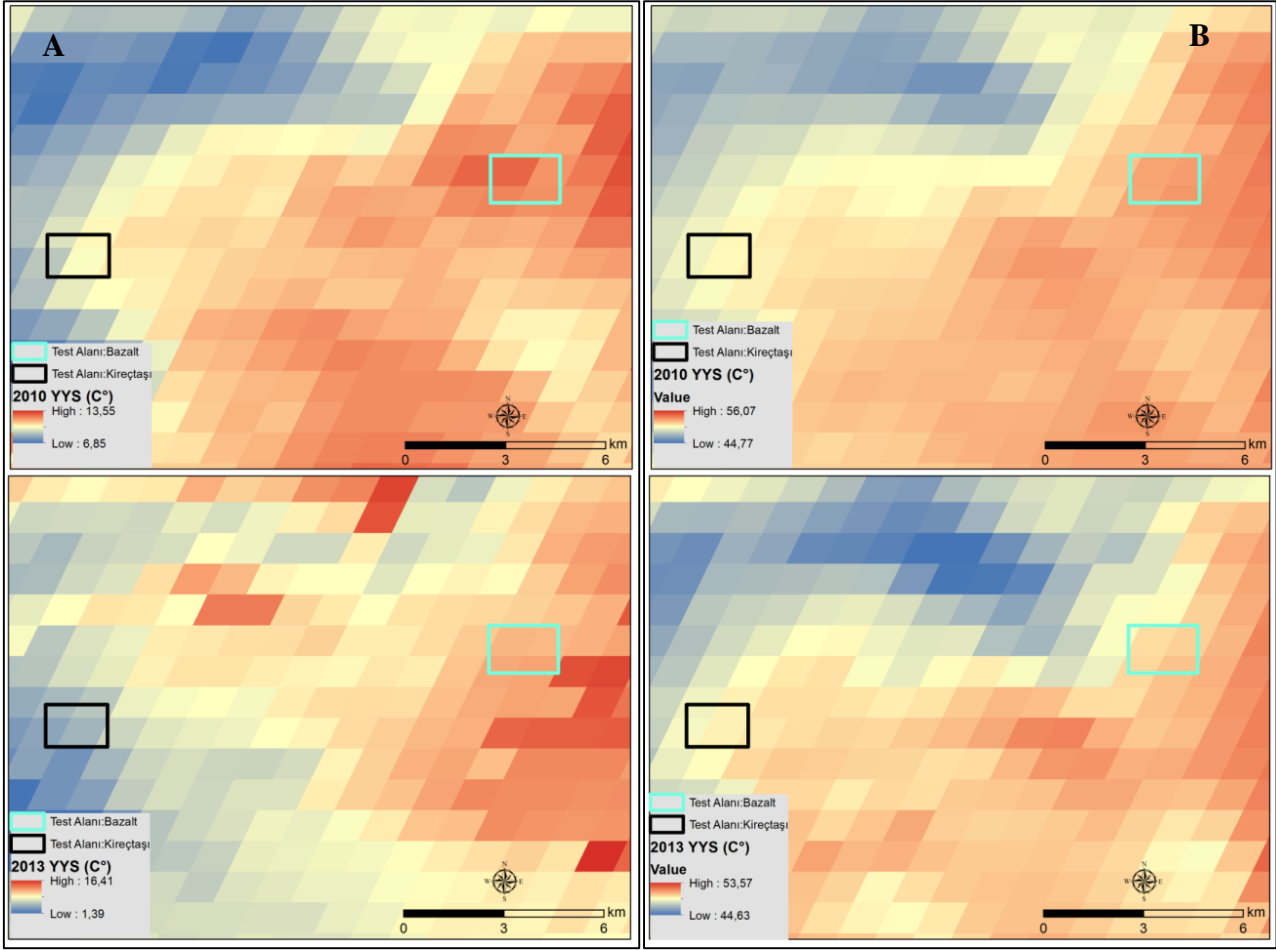
### YYS ve TCI analizleri

2010 yılında ortalama YYS değeri kireçtaşında  $32,9^{\circ}C$  bazalt üzerinde ise  $34,4^{\circ}C$ 'tür. 2013 yılında kireçtaşı YYS değeri  $31,7^{\circ}C$ , bazalt ise  $33,2^{\circ}C$ 'dir. 2013 yılında sıcaklık ortalamasının düşmesine bağlı olarak maksimum yüzey sıcaklıklarının da düştüğü görülmektedir. 2013 yılında bazaltın maksimum yüzey sıcaklığı  $49,9^{\circ}C$  iken kireçtaşının maksimum yüzey sıcaklığı ise  $49,5^{\circ}C$ 'dir (Şekil 4).



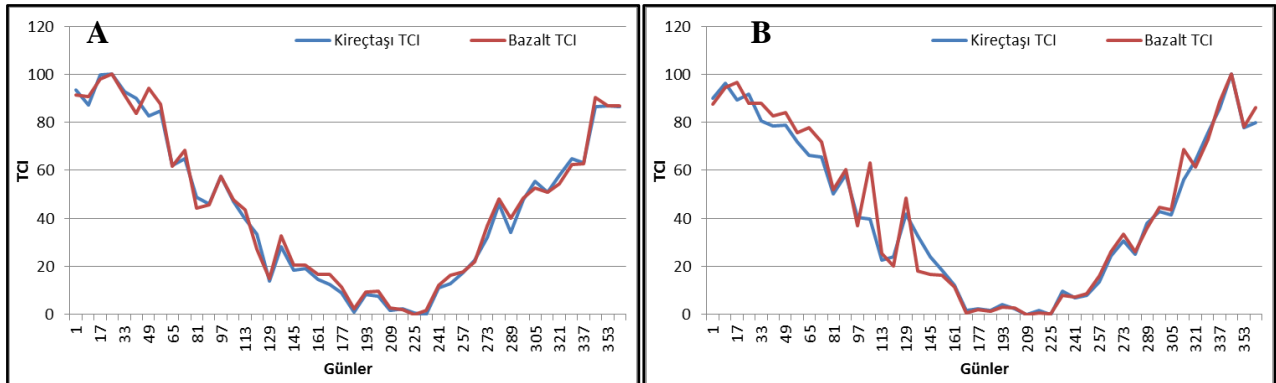
Şekil 4: 2010 (a) ve 2013 (b) yıllarına ait YYS değerlerinin 8 günlük trendi

2010 yılına ait 8 günlük YYS değerleri incelendiğinde, bazaltın kireçtaşına oranla daha erken ısındığı dikkati çekmektedir. Bazalt en sıcak yüzey sıcaklıklarına, yılın 225.gününde ulaşırken, kireçtaşı 8 gün daha geç ulaşmaktadır. Bazalt üzerindeki test alanının 2010 yılı maksimum sıcaklığı,  $53,2^{\circ}C$  iken kireçtaşının maksimum yüzey sıcaklığı ise  $51,4^{\circ}C$ 'tür. 2010 yılında maksimum ve minimum yüzey sıcaklıkları arasındaki fark bazaltta  $41,5^{\circ}C$  iken kireçtaşında daha yüksektir. Kireçtaşında 2010 yılında maksimum ve minimum yüzey sıcaklıklarının farkı  $41,7^{\circ}C$ 'dir. 2013 yılında da benzer bir durum söz konusudur. Kireçtaşının maksimum ve minimum yüzey sıcaklıkları arasındaki fark  $41,5^{\circ}C$  iken bazaltta bu fark biraz daha düşmektedir. Bazaltta 2013 yılı maksimum ve minimum yüzey sıcaklık değerleri arasındaki fark  $38,2^{\circ}C$ 'dir. Bu durum bazaltın yıl içinde daha az yüzey sıcaklık farkı gösterdiğine dair fikir vermektedir ( Şekil 5).



Şekil 5: Çalışma alanında YYS değerlerinin en düşük (a) ve en yüksek (b) olduğu dönemlerin haritası

Ortalama, maksimum ve minimum YYS verileri kullanılarak TCI hesaplaması yapılmıştır (Şekil 6). TCI ile yer yüzeyinin hangi dönemde ne kadar oranda ısındığı hesaplanmaktadır. TCI verileri kullanılarak bilhassa yer yüzeyinin yılın hangi gününde en sıcak, yılın hangi döneminde ise en soğuk olduğu hesaplanmaktadır. TCI analizi sonuçlarına göre 2010 yılının 25. gününde, hem bazalt hem de kireçtaşının yer yüzey sıcaklıkları en düşük seviyededir. Bu dönemde kireçtaşı, 9,7°C bazaltın yüzeyi ise 11,8°C'dir. 2013'te yüzey sıcaklıklarının en düşük olduğu dönem, hem kireçtaşında hem de bazalt birimi üzerinde, yılın 345.günüdür. 2010 yılında yılın en düşük yüzey sıcaklıkları kireçtaşında 7,9°C iken 2013 yılında bu sıcaklıklar 11,6°C'dir.

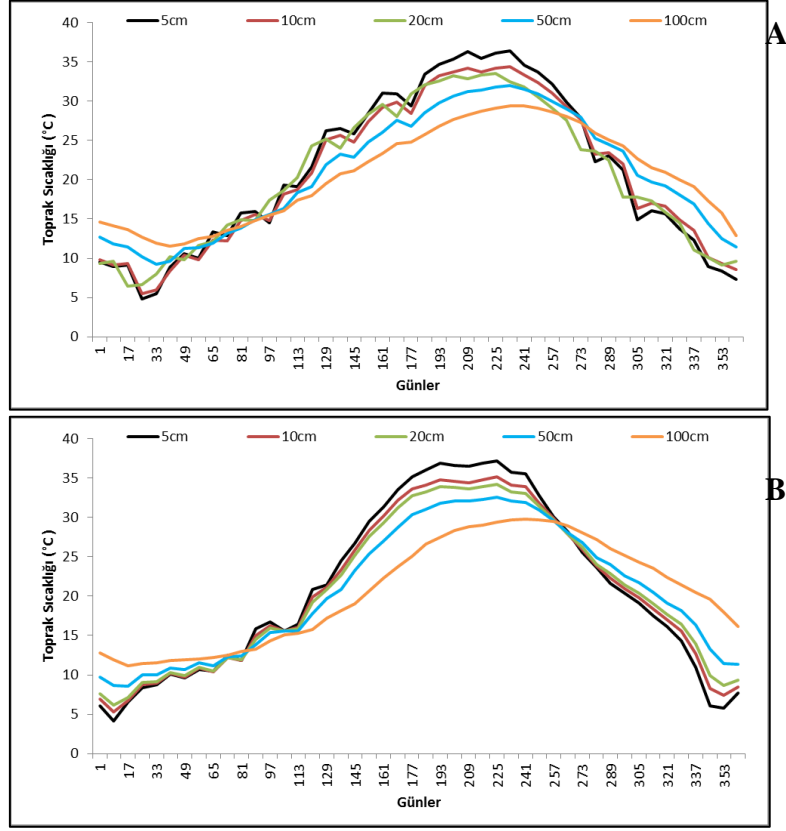


Şekil 6: Kireçtaşı ve Bazalt test alanlarının 2010 (a) ve 2013 (b) yıllarına ait TCI değerleri

### YYS ve TCI Değerleri ile Toprak ve Hava Sıcaklıklarına Ait Veriler Arasındaki İlişki

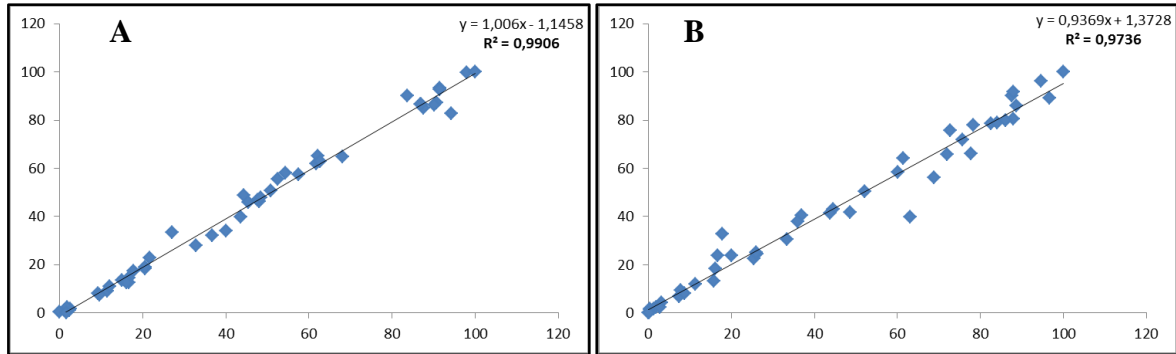
Daha önce yapılan birçok çalışma değişen ana kaya ve toprak derinliğine bağlı olarak YYS değerlerinin değişim gösterdiğini vurgulamıştır (Goward vd., 2002; Huang, Li ve Lu, 2008; Jin ve Dickinson, 2010; Benali vd., 2012). Söz

konusu çalışmaların birçoğu iklimin ekstrem özellikler gösterdiği dönemlerde, YYS değerlerini incelemiştir. Bu çalışmalarda elde edilen bulgular, ekstrem hava olaylarının gerçekleştiği dönemde YYS değerlerinin de farklılaştığını ortaya koymaktadır. Hava olaylarında meydana gelen ekstrem durumlar, yer yüzeyi sıcaklıklarına yansımakla birlikte aynı sürede ve şiddette sirayet etmemektedir. Çalışmamızda elde edilen bulgular literatürü desteklemektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, gerek toprak sıcaklıkları gerekse de hava sıcaklıklarının 8 günlük değişimi incelendiğinde, genel olarak 2010 yılının 2013'ten daha sıcak geçtiği görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7: 2010 (a) ve 2013 (b) yıllarına ait toprak sıcaklıkları

Her ne kadar kireçtaşı bazalta oranla daha düşük sıcaklıklara sahip olsa ve yıl içinde kireçtaşı bazalta oranla daha çok ısınıp daha çok soğusa da, genel olarak yıl içerisinde benzer salınımlar göstermektedirler. Nitekim bazalt ve kireçtaşının TCI değerlerinin birbiriyle olan benzerliği yapılan regresyon analizine yansımıştır.  $R^2$  katsayısına bakıldığında kireçtaşı ve bazaltın TCI değerlerinin 2010 yılında 2013 yılına oranla daha çok benzeştiği görülmektedir. 2010 yılının  $r^2$  kat sayısı 0,99 iken, 2013 yılının  $r^2$  değeri 0,97'dir (Şekil 8).

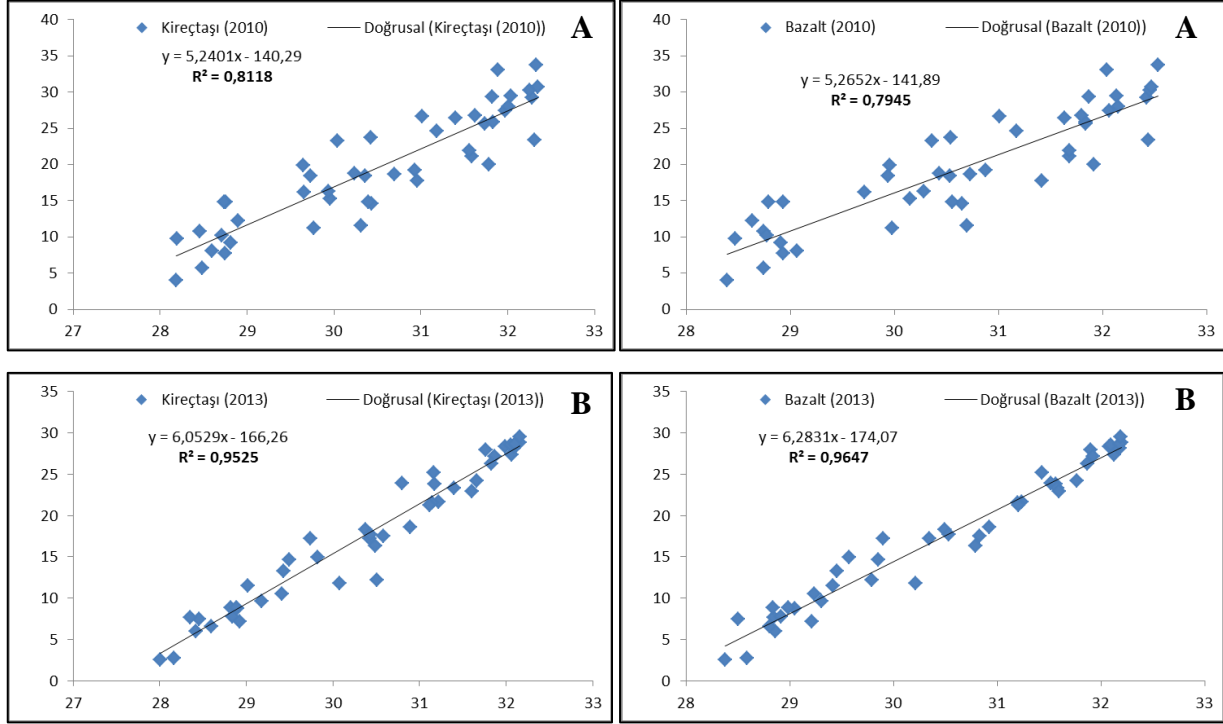


Şekil 8: 2010 (a) 2013 (b) kireçtaşı ve bazalt üzerinden belirlenen test alanlarının TCI değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2010 ve 2013 yıllarının ortalama YYS değerleri ile hava sıcaklıkları arasında ne gibi bir ilişki vardır? YYS değerleri hava sıcaklıkları hakkında ne gibi fikirler verir? gibi soruların cevabına ulaşabilmek için MGM'nin 8 günlük hava sıcaklığı verisi



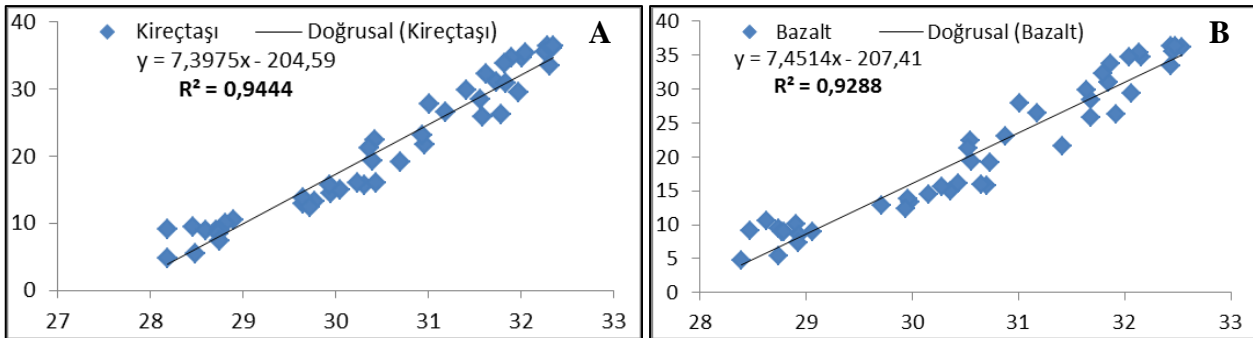
ile uydu verilerinden elde edilen YYS verilerinin arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen sonuç, aşağıdaki şekilde verilen regresyon analizlerine yansımıştır. Hem kireçtaşı YYS hem de bazalt YYS değerleri hava sıcaklığı ile büyük oranda örtüşmektedir. 2010 yılında kireçtaşı YYS değerleri, 2013 yılında ise bazalt YYS değerleri hava sıcaklıkları ile daha anlamlı bir ilişki içerisindedir. Genel olarak bakıldığında, hava sıcaklıklarının YYS değerleri ile çok kuvvetli bir ilişki içinde olduğu dikkati çekmektedir. İlişkinin kuvveti  $r^2$  katsayısına yansımıştır. 2010 yılında kireçtaşı YYS değerleri ile hava sıcaklıkları arasında 0,81, 2013 yılında ise 0,95 oranında bir ilişki söz konusudur. Bazalt YYS sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişki de çok yüksektir. 2010 yılında  $r^2$  katsayısı 0,79, 2013 yılında ise 0,96 oranında ilişki olduğunu göstermektedir (Şekil 9).



**Şekil 9:** Bazalt ve Kireçtaşı üzerinden belirlenen test alanlarının, 2010 (a) ve 2013 (b) yıllarına ait YYS ve ortalama sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

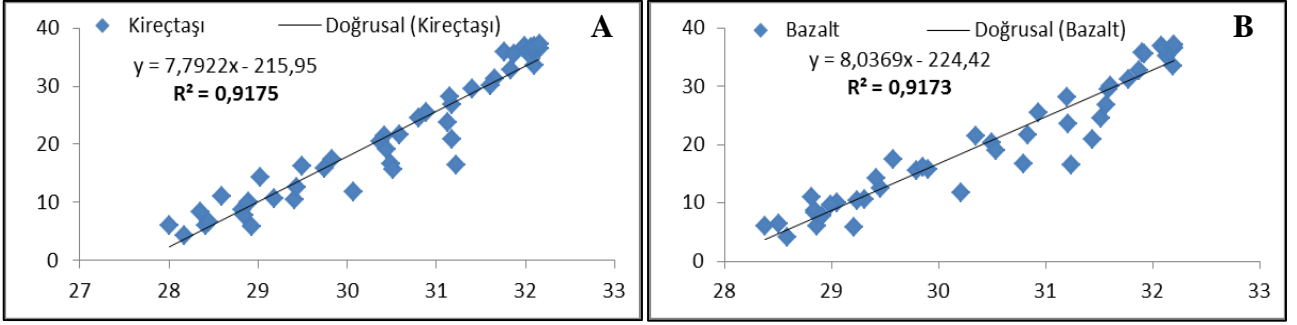
YYS değerlerinin 2010 ve 2013 yıllarına ait toprak sıcaklıkları ile olan ilişkisi incelenmiştir. Böylelikle YYS değerleri ile toprak sıcaklıklarının ilişkisi nedir? YYS değerleri kaç cm derinlikteki toprak sıcaklıkları ile daha yakın ilişki içerisindedir? sorularının cevabına ulaşılmıştır.

5 cm toprak sıcaklığı ile bazalt ve kireçtaşı YYS değerleri arasındaki ilişkinin çok kuvvetli olduğu görülmektedir. Bu ilişkiyi kireçtaşı YYS değerlerinin daha kuvvetli bir şekilde yansıttığı görülmektedir. 2010 yılında kireçtaşı YYS değerleri ile Kilis MGM 5 cm toprak sıcaklığı arasındaki ilişki 0,94'tür. Bazalt YYS değerleri ile 5 cm toprak sıcaklıkları arasındaki ilişki ise 0,93'tür (Şekil 10). Bu durum, uzaktan algılama verileri kullanılarak elde edilen YYS değerlerinin ne kadar güvenilir ve doğru olduğunu göstermektedir.



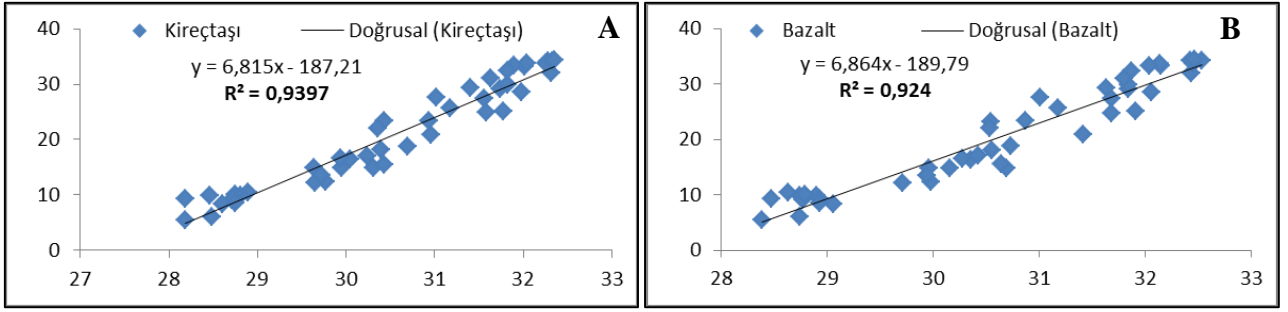
**Şekil 10:** Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerinden belirlenen test alanlarının, 2010 yılına ait YYS ve 5 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2013 yılında hava sıcaklığında olduğu gibi YYS değerleri ile toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak düştüğü görülmektedir. Fakat yine de çok yüksek anlamlılık derecesinde bir ilişki söz konusudur. Kireçtaşı ve bazalt YYS değerleri ile 5 cm toprak sıcaklığı arasındaki ilişkinin  $r^2$  değeri 0,92'dir (Şekil 11).



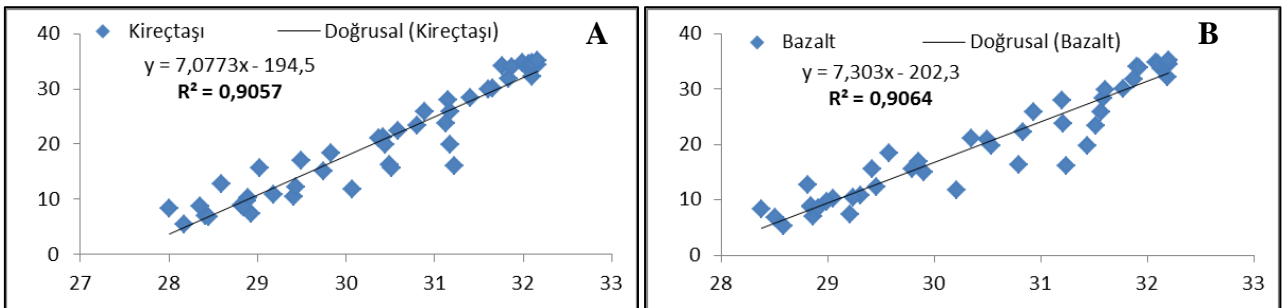
Şekil 11: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerinden belirlenen test alanlarının, 2013 yılına ait YYS ve 5 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2010 yılı Kilis MGM 10 cm toprak sıcaklığı ile YYS değerleri arasındaki ilişki regresyon modelleri oluşturmak suretiyle incelenmiştir. Toprak derinleştikçe ilişkinin biraz düştüğü görülmektedir. Fakat yine de istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. 10 cm toprak sıcaklık verileri ile kireçtaşı YYS değerleri arasındaki ilişki daha kuvvetlidir. Bu ilişkinin,  $r^2$  değeri 0,94 iken, bazalt ile 0,92'dir (Şekil 12).



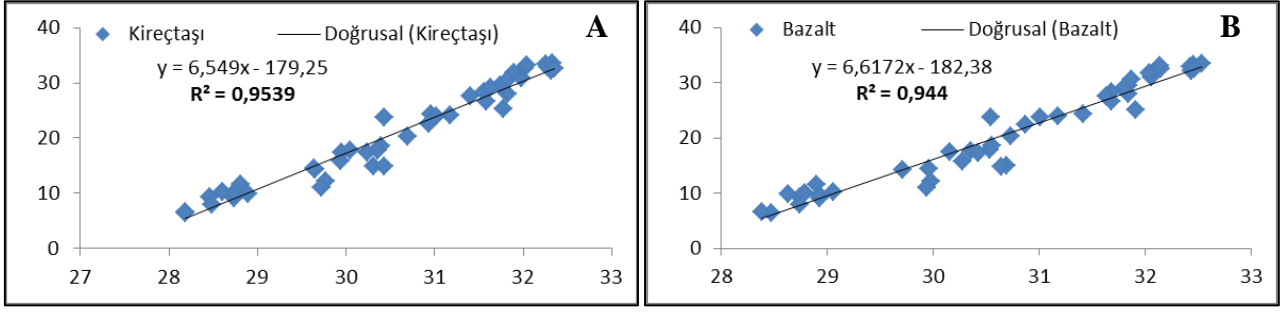
Şekil 12: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerinden belirlenen test alanlarının, 2010 yılına ait YYS ve 10 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2013 yılına bakıldığında, 2010 yılına oranla ilişkinin  $r^2$  katsayısının düştüğü görülmektedir. 2013 yılının MGM 10 cm toprak sıcaklığı verileri ile YYS değerleri arasındaki ilişkinin  $r^2$  değeri 0,91 ile hem bazalt hem de kireçtaşı üzerinde aynıdır (Şekil 13).



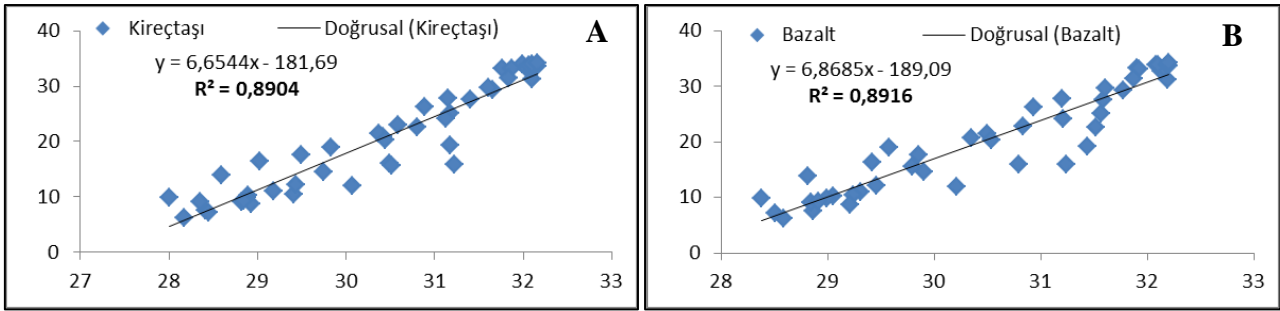
Şekil 13: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerinden belirlenen test alanlarının, 2013 yılına ait YYS ve 10 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2010 yılı Kilis MGM verilerine ait 20 cm toprak sıcaklığı ile YYS değerleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlılık seviyesi yüksektir. 20 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı ile YYS değerleri arasındaki ilişkinin  $r^2$  değeri, 10 cm toprak sıcaklığına oranla, yüksektir. Kireçtaşı YYS değerleri 20 cm toprak sıcaklıkları ile, bazalta oranla, daha kuvvetli bir ilişki içerisindedir. Kireçtaşı YYS değerlerinin 20 cm toprak sıcaklığı ile ilişkisinin  $r^2$  değeri 0,95 iken bazalt YYS'nin 20 cm toprak sıcaklıkları ile ilişkisinin  $r^2$  değeri 0,94'tür (Şekil 14).



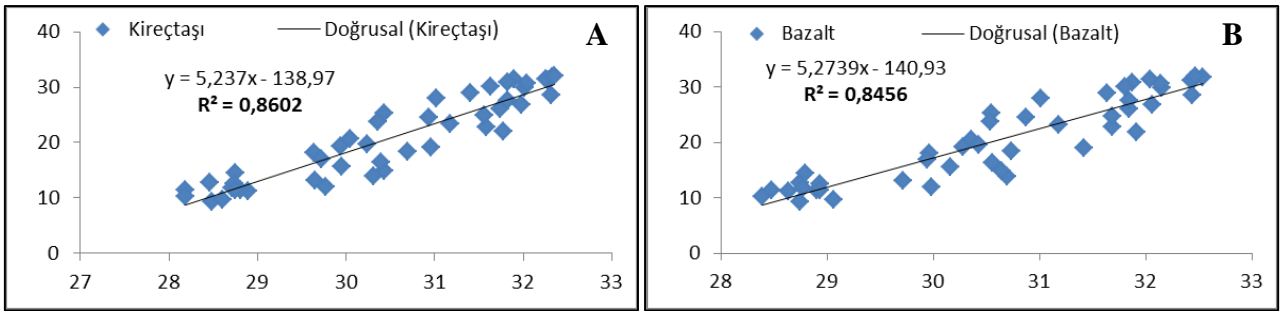
Şekil 14: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerindeki belirlenen test alanlarının, 2010 yılına ait YYS ve 20 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2013 yılında iki değişken arasındaki ilişkinin anlamlılık seviyesinin istatistiksel olarak düştüğü görülmektedir. Her iki litolojik birimin de YYS değerleri ile 20 cm toprak sıcaklıkları ile ilişkisinin  $r^2$  değeri 0,9'dur (Şekil 15).



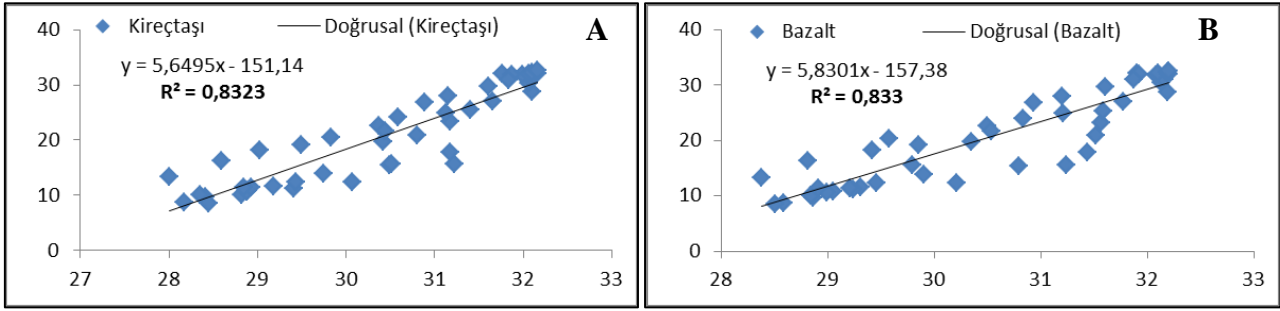
Şekil 15: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerindeki belirlenen test alanlarının, 2013 yılına ait YYS ve 20 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2010 yılı MGM 50 cm toprak sıcaklıkları değeri ile YYS arasındaki ilişkinin nispeten düştüğü görülmektedir. Kireçtaşı YYS değerleri ile 50 cm toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkinin yüksek, bazaltta ise nispeten düşük olduğu görülmektedir. Toprak derinliğinin artması ile  $r^2$  değerlerinin net bir şekilde düştüğü aşağıda verilen regresyon analizlerine açık bir şekilde yansımıştır (Şekil 16)



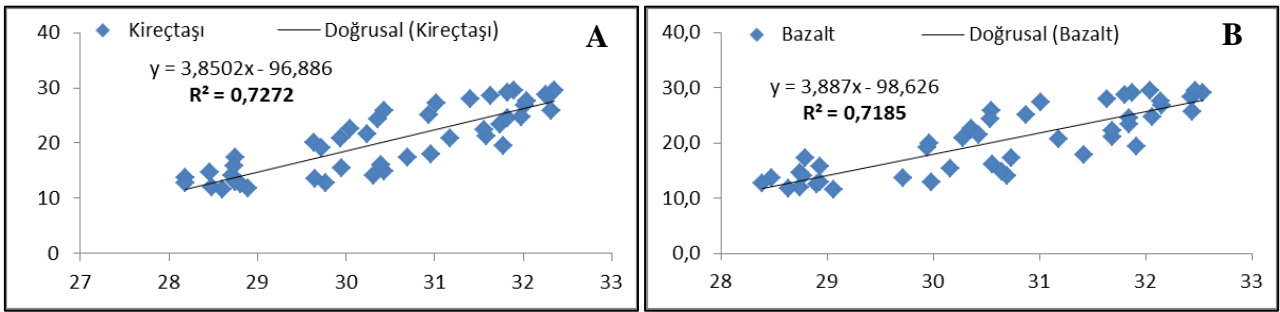
Şekil 16: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerindeki belirlenen test alanlarının, 2010 yılına ait YYS ve 50 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2013 yılında, 2010 yılına oranla  $r^2$  değerlerinin daha fazla düştüğü görülmektedir. 2013 yılı MGM 50 cm toprak sıcaklığı ile YYS değerleri arasındaki ilişkinin  $r^2$  değeri 0,72 olmuştur (Şekil 17).



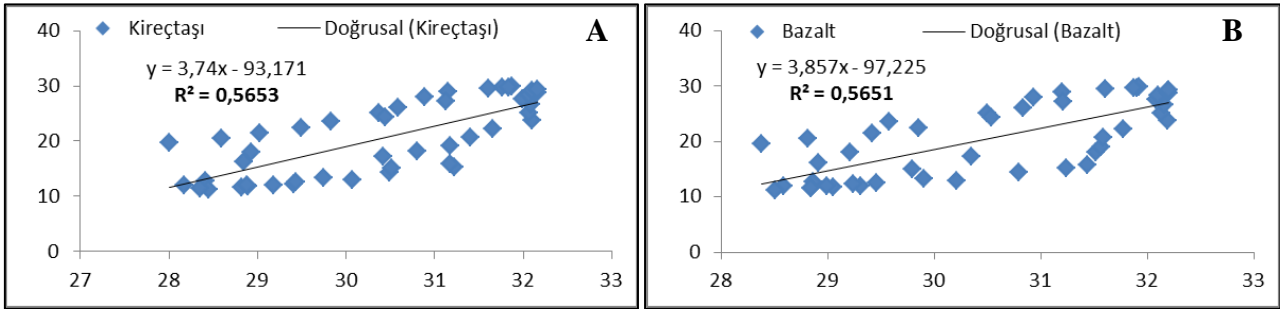
Şekil 17: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerindeki belirlenen test alanlarının, 2013 yılına ait YYS ve 50 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

100 cm toprak sıcaklıkları ile YYS değerleri arasındaki ilişki anlamlıdır. Fakat daha düşük derinliğe sahip (5-10-20 ve 50 cm) toprak sıcaklıklarının YYS ile daha kuvvetli ilişki içinde olduğu görülmektedir. 2010 yılında YYS ile 50 cm toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkinin  $r^2$  değeri 0,72'dir (Şekil 18).



Şekil 18: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerindeki belirlenen test alanlarının, 2010 yılına ait YYS ve 100 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

2013 yılında ise ilişkinin daha da düştüğü görülmektedir. 2013 yılına ait 100 cm toprak sıcaklığı ile YYS değerleri arasındaki ilişkinin  $r^2$  değeri 0,56'dır (Şekil 19).



Şekil 19: Kireçtaşı (a) ve Bazalt (b) üzerindeki belirlenen test alanlarının, 2013 yılına ait YYS ve 100 cm ortalama toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon modeli

Bulgular özetlenecek olursa, bazalt üzerinde belirlenen test alanının YYS değerleri, kireçtaşına oranla daha yüksektir. Kireçtaşı YYS değerleri, bazalta oranla, yıl içinde daha fazla değişim göstermektedir. Bir başka ifade ile kireçtaşının standart sapması ve maksimum ile minimum YYS değerleri arasındaki fark daha fazladır (Tablo2).

| Tablo2: Toprak sıcaklıklarının ve YYS değerlerinin ortalama sıcaklığı ve standart sapması (2010 ve 2013) |       |       |       |       |       |           |        |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|--------|
| 2010   |       |       |       |       |       |           |        |
| Toprak kalınlığı   | 5cm   | 10cm  | 20cm  | 50cm  | 100cm | Kireçtaşı | Bazalt |
| Ortalama   | 21,05 | 20,66 | 20,50 | 20,76 | 20,55 | 32,86     | 34,45  |
| Standart Sapma   | 10,12 | 9,34  | 8,91  | 7,50  | 6,00  | 13,29     | 13,08  |
| 2013   |       |       |       |       |       |           |        |
| Toprak kalınlığı   | 5cm   | 10cm  | 20cm  | 50cm  | 100cm | Kireçtaşı | Bazalt |
| Ortalama   | 20,82 | 20,55 | 20,51 | 20,52 | 20,47 | 31,71     | 33,19  |
| Standart Sapma   | 10,79 | 9,86  | 9,35  | 8,21  | 6,60  | 13,26     | 12,81  |

Kireçtaşı YYS değerleri istatistiksel olarak hem hava hem de toprak sıcaklıkları ile daha anlamlı bir ilişki içerisindedir. 2010 yılında hava sıcaklığı değeri, 2013 yılına oranla, daha yüksektir. Bu durum, bazalt ve kireçtaşı YYS değerlerine de aynı şekilde yansımıştır.

Toprak sıcaklıklarına ait değerler ile YYS değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde, 5 – 10 ve 20 cm toprak sıcaklık verileri, YYS değerleri ile çok kuvvetli ilişki içerisindeyken, 50 ve 100 cm toprak derinliği sıcaklıkları ile YYS arasındaki ilişkinin anlamlılık seviyesi istatistiksel olarak nispeten düşüktür.

| Yıl              | Ortalama Sıcaklık | Standart Sapma |
|------------------|-------------------|----------------|
| 2010             | 19,03             | 7,58           |
| 2013             | 17,69             | 7,94           |
| Uzun Yıllar Ort. | 17,06             | 8,06           |

Toprak yıl içinde havaya oranla daha fazla değişim göstermektedir (Tablo 2 ve 3). YYS değerleri yıl içinde standart sapması en yüksek verilerdir. Yıl içinde en fazla değişim gösteren toprak sıcaklığı derinliği 5 cm iken toprak derinliği düştükçe standart sapmanın da düştüğü görülmektedir. Toprak artan ve azalan sıcaklıklardan daha fazla etkilenmektedir. Nitekim Atalay (2006) bir gram toprak parçasının sıcaklığını bir derece yükseltmek için gerekli olan ısınma ve sıcaklık miktarı, bir gram suyun ısıtılması için gerekli olan sıcaklığın 1/5'i kadardır diye belirtmiştir. Yani bir gram kuru toprağın sıcaklığının 1°C artması için sadece 0.2 kalori sıcaklık enerjisi gereklidir. Bu nedenle toprağın özgül ısısı 0.2'dir. Böylece bir gram suyun bir derece yükseltilmesi, beş gram toprağın bir derece yükseltilmesine eşittir (Atalay, 2006 s.23). Bu durumun çalışmamızın bulgularına yansıdığı görülmüştür. Çalışma sonucunda en hızlı değişim gösteren YYS değerleri olurken, en yavaş değişim gösteren ise hava sıcaklıklarıdır. Toprağın da derinliği arttıkça standart sapması düşmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada farklı litolojik birimlerin YYS değerlerini hesaplamak için, SW metodu kullanılarak LST ve TCI hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, LST ve TCI'nin MGM tarafından ölçülen toprak ve hava sıcaklık verileri ile uyduyu göstermektedir. Yapılan regresyon analizlerinden elde edilen bulgular bu durumu kanıtlamaktadır. LST ve TCI sonuçlarının MGM verileri ile istatistiksel olarak anlamlı ilişki göstermesi, uzaktan algılamanın sıcaklık koşulları hakkında önemli bir kaynak olduğunun işaretidir. Türkiye gibi üç tarafı denizlerle çevrili ve topoğrafyanın kısa mesafelerde ani bir şekilde değiştiği yerlerde, iklim koşulları da ani bir şekilde değişmektedir. Dolayısıyla meteoroloji istasyonu verileriyle, Türkiye'nin her yerinin ikliminde meydana gelen varyasyon ve değişimleri analiz etmek pek mümkün değildir. Bu yerlere ait iklim analizlerinde, uzaktan algılama verilerinin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, LST ve TCI verilerinin hem toprak hem de hava sıcaklıkları ile olan ilişkisini ortaya koymuştur. Bundan sonra yapılacak iklim analizlerinde, MGM verilerinin yanı sıra, uzaktan algılama metodolojisinin de kullanılması yapılan analizleri hem daha doğru hem de daha kapsamlı kılacaktır. Zira bu çalışmada, sıcaklık koşullarının havaya ve yere olan yansımaları aynı şekilde olmadığını göstermiştir. Hava sıcaklıklarında meydana gelen artış ve azalışlar yer yüzeyi sıcaklıklarını da arttırmaktadır fakat bunun şiddeti farklılaşmaktadır. Bu çalışma aynı zamanda, hava sıcaklıklarının farklı litolojik birimler üzerine etkisini incelemiştir. Sonuçlar, havada meydana gelen değişimlerin farklı litolojik birimlere etkisinin farklı olduğunu göstermektedir. çünkü farklı litolojik birimler üzerinde toprak gelişimi, topraktaki organik ve inorganik madde miktarı, toprağın drenaj durumu kısacası toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri değişim göstermektedir. dolayısıyla değişen ana kayalarda değişen toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, bu yüzeyler üzerinde sıcaklığın da farklı olmasını sağlamaktadır. Nitekim bu çalışmada, bazaltın kireçtaşından daha sıcak olduğu ve kireçtaşının yıl içinde sıcaklık değişiminin bazalttan daha fazla olduğu görülmüştür.

Sonuçları özetleyecek olursak, uzaktan algılama metodolojisinin iklim çalışmalarında kullanımının iki büyük önemi vardır. Birincisi, meteoroloji istasyonun sık olmadığı yerlerde iklim hakkında fikir elde etmek için. İkincisi ise, havanın yere etkisini daha iyi anlamak için uzaktan algılamanın iklim çalışmalarında kullanımı büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla bundan sonra yapılacak çalışmalarda değişen hava koşullarının yer üzerine etkisini daha detaylı bir şekilde anlamak için uzaktan algılamanın kullanımı önemlidir.

## Kaynakça

- Aboelkhair, H. Ninomiya, Y. Watanabe, Y. & Sato, I.(2010). Processing and interpretation of ASTER TIR data for mapping of rare-metal-enriched albite granit oids in the Central Eastern Desert of Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 58, 141-151.
- Akkartal, A., Türüdü, O. & Erbek, S. (2007). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Bitki Örtüsü, Değişim Analizi TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. Ankara: 10. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 1-8.

- Amer, R. M., Kusky, T.M. & Ghulam, A. (2008). New methods of processing ASTER Data for Lithological mapping: examples from fawakhir, central eastern desert of Egypt. *Journal of African Earth Science*, 56, 75-82.
- Atalay, İ. (2006). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*. İzmir: Meta Basımevi.
- Atalay, İ. (2006). *Uygulamalı Klimatoloji*. İzmir: Meta Basımevi.
- Atalay, İ. (2015). *Türkiye Vegetasyon Coğrafyası*. İzmir: Meta Basımevi.
- Benali, A., Carvalho A.C., Nunes J.P., Carvalhais N. & Santos A. (2012) Estimating air surface temperature in Portugal using MODIS LST data. *Remote Sensing of Environment*, 124, 108–121.
- Çelik, M. A. & Karabulut M. (2014). Antakya-Kahramanmaraş Grabeninde Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orman alanları ile yağış arasındaki ilişkilerin MODIS verileri (2000-2010) kullanılarak incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(1), 49-68.
- Çelik, M. A., Kızılelma, Y., Denizdurduran, M. & Gülersoy A. E. (2013). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası güneyindeki sulak alanlarda meydana gelen değişimin incelenmesi (1990-2010). *Turkish Studies*, 8(12), 263-284.
- Duran, C. (2007). Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi. *DOA Dergisi*, 13, 45-67.
- Gabr, S., Ghulam, A. & Kusky, T. (2010). Detecting areas of high-potential gold mineralization using ASTER data, *Ore Geology Reviews* 38, 59–69.
- Goward, S. N., Xue, Y. K. & Czajkowski, K. P. (2002). Evaluating land surfacemoisture conditions from the remotely sensed temperature/vegetation index measurements— An exploration with the simplified simple biosphere model. *Remote Sensing of Environment*, 79, 225–242.
- Gülersoy, A. E. (2013). Marmara Gölü yakın çevresindeki arazi kullanım faaliyetlerinin zamansal değişimi (1975-2011) ve göl ekosistemine etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 61, 31-44.
- Hartmann, J., Moosdorf, N., Lauerwald, R., Hinderer, M. & West, A. J. (2014). Global chemical weathering and associated P-release — The role of lithology, temperature and soil properties. *Chemical Geology*, 363, 145–163.
- Huang, C, Li, X. & Lu, L. (2008) Retrieving soil temperature profile by assimilating MODIS LST products with ensemble Kalman filter. *Remote Sensing of Environment*, 112, 1320–1336.
- Hutengs, C. & Vohland, M. (2016). Downscaling land surface temperatures at regional scales with random forest regression. *Remote Sensing of Environment*, 178, 127–141.
- Jin, M. & Dickinson, R. E. (2010). Land surface skin temperature climatology: benefitting from the strengths of satellite observations. *Environmental Research Letters*, 5(4).
- Karadoğan, S., Kavak, M. T. & Yıldırım, A. (2010). Marmara Denizde Su yüzeyi sıcaklığı ile tektonik aktivite ilişkisinin uzaktan algılama metoduyla karşılaştırılması. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde (s.134-142).
- Kogan, F. N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *International Journal of Remote Sensing*, 11, 1405–1419.
- Küçükönder M., Karabulut M. & Çelik, M. A. (2014). Afşin-Elbistan termik santral çevresinde yer yüzeyi sıcaklıklarının değişimi. *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı* içinde (s.445-452).
- Küçükönder, M. & Çan, T. (2012). Derin-kompleks heyelan hareketlerinin RADAR interferometri yöntemi kullanılarak izlenmesi, *65.Türkiye Jeoloji Kurultayı Özeti*, (s. 588-589).
- Mater, B. (2004) *Toprak Coğrafyası*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Munoz, J. C. & Sobrino, J. A. (2008). Split-Window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 5(4), 806-809.
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), (2016) 28 Mart 2016 tarihinde, <<http://landval.gsfc.nasa.gov/ProductStatus.php?ProductID=MOD11>> adresinden edinilmiştir.
- Ninomiya, Y., Fu, B., & Cudahy, T. J. (2005). Detecting lithology with Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared “radiance-at-sensor” data. *Remote Sensing of Environment*, 99, 127-139.
- Oğuz, H. (2008). *Toprak Bilgisi Ders Notu*. Gümüşhane Üniversitesi,1-53.
- Özdemir, H. & Bayrakdar, C. (2007). 16 Kasım 2007 Tuzla Deresi taşkınının nedenleri üzerine bir araştırma (Silivri-İstanbul). *Türk Coğrafya Dergisi*, 49, 123-140.
- Senay, G. B., Velpuri, N. M., Bohms, S., Budde, M., Young, C., J. Rowland, J. & Verdin, J. P.(2015). Drought monitoring and assessment: remote sensing and modeling approaches for the famine early warning systems. *Hydro-Meteorological Hazards, Risks and Disasters*, 233–262.
- Setiawan, Y., Yoshino, K. & Prasetyo, L. B. (2014). Characterizing the dynamics change of vegetation cover on tropical forestlands using 250 m multi-temporal MODIS EVI. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26, 132–144.
- Singh, R.P., Roy, S. & Kogan, F. (2004). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 4393-4402.
- Sobrino J. A. & Raissouni, N. (2000). Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: Application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, 21(2), 353–366.



- Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P. & Becker, F. (1996). Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(11), 2089–2114.
- Şahin, M., Yıldız, B.Y. Şenkal, O. & Peştemalçı, V. (2011). Uydu verileri kullanılarak izmir şehir merkezinin yer yüzey sıcaklığının tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 36-45.
- Vlassova, L. & Cabello, F. P. (2016). Effects of post-fire wood management strategies on vegetation recovery and land surface temperature (LST) estimated from Landsat images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44, 171–183.
- Yang, Q., Liu, X., Li, X., Ding, C. & Yang, F.-(2013). Lithology identification of the North Qilian Belt by surface temperature and spectral emissivity information derived from ASTER TIR Data. *International Journal of Remote Sensing Applications*, 3(4), 235-239.
- Zhanga, Y., Balzter, H., Zou, C., Xu, H. & Tang F. (2015). Characterizing bi-temporal patterns of land surface temperature using landscape metrics based on sub-pixel classifications from Landsat TM/ETM+. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42, 87–96.
- Zheng, Z., Zeng, Y., Li, S. & Huang, W. (2016). A new burn severity index based on land surface temperature and enhanced vegetation index. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 45, 84–94.