KIRKA AÇIK OCAK BORAKS MADENİNDE FARKLI BOR MİNERAL TÜRLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE AYIRT EDİLEBİLMESİ

Can AYDAY[1], Gani EŞİYOK[2], Ersan AYTEN[3], Osman ZENGİN[3], Ersoy ÇETİNKAYA[3]

[1]Prof. Dr., CVM Ltd. Şti., Anadolu Üniversitesi Teknopark 26470, Tepebaşı, Eskişehir, cayday@cvm.com.tr
[2]Maden Yük. Müh. Micromine Türkiye Temsilcisi, Ankara
[3] Maden Yük.Müh., Eti Maden, Kırka Bor İşletme Müdürlüğü, Kırka Eskişehir

ÖZET

Doğada az bulunan ve duraysız elementlerden birisi olan bor, su, oksijen, Ca ve Na ile birlikte doğal mineral boraksı oluşturur. Günümüzde bor dünyanın en önemli ve statejik mineralleri arasındadır. Önemi, gelecekte enerji elde etmede kullanılma olasılığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yaşadığımız yıllarda roket yakıtlarında ve ısıya dayanıklı cam sanayinde başta olmak üzere bugünün modern endüstrisinde geniş kullanım alanları bulmuştur. Dünya boraks rezervinin yaklaşık % 70'ine sahip olan ülkemizde, dünyanın en büyük tinkal yatağı olan Kırka boraks sahası yaklaşık 830 milyon ton rezerve sahiptir. Bu sahada tinkal, üleksit ve kolemanit gibi farklı bor mineralleri bulunur (Eti Maden 2012) .

Bu çalışmada Kırka Açık Ocağında bulunan farklı bor mineralleri WorldView2 uydu görüntüleri kullanılarak ayırt edilmeye çalışılmıştır. WorldView2 uydusu son yıllarda kullanılmaya başlanılan, yörüngeye Eylül 2009 da oturtulan, yüksek çözünürlükte ve yeni spektral bandlar içeren bir uydudur. Dünyanın ilk yüksek ayırım gücüne sahip (0.46 m panktomatik ve 1.84 m çok bandlı görüntülerde) ve 8 farklı spektral band aralığına sahip ticari uydu özelliğine sahiptir. Çalışmada ocakta bulunan farklı bor minerallerin konumları GPS ile saptanmıştır. Bu minerallerin spektral imzaları yorumlanmış ve farklı yansıma değerleri gösterdikleri band aralıkları belirlenmiştir. Yoğunluk dilimleme yöntemi uygulanarak minerallerin ocak içindeki dağılımları ortaya çıkartılmıştır. Elde edilen sonuç görüntü ile yer gerçekleri sonuçları deneştirildiğinde, WorldView2 uydu görüntüleri kullanılarak elde edilen görüntülerin Kırka Açık Ocağı mineral dağılımı ile büyük benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Tüm bunlara ek olarak, bu çalışma kapsamında sondaj verileri üç boyutlu maden arama yazılımları ile değerlendirilmiş, boraks tiplerinin yeraltındaki katı modelleri oluşturulmuş ve uydudan elde edilen cevherin yüzeydeki yayılımı ile korelasyonu yapılarak Kırka Açık Ocak Boraks Madeni nihai cevher katı modelleri oluşturulmuştur

Anahtar Sözcükler: Bor mineralleri, Kırka, Uzaktan Algılama, WorldView-2 Uydu Görüntüleri.

ABSTRACT

DISCRIMINATION OF DIFFERENT BORATE MINERALS IN THE KIRKA BORAX OPEN PIT MINE BY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

Boron is very scarce and unstable element in the nature. It combines with H_2O, O_2, Ca and Na and generates borate minerals. Borate mirerals are among the most important and strategic mineral in the world. As it will probably be used as energy source in the future,it has a great importance. Today, it is used in rocket fuel and heat resistant glass industry, especially today's modern industry has found wide use in the field. Turkey has about 70% of world reserves of borate minerals and only Kırka Borax area has approximately 830 million tons of borax reserve. Borate minerals are defined as tincal, ulexite and colemanite in this field (Eti Maden 2012) .

The main aim of this study is to discriminate different borate minerals from the Kırka Open Pit Mine by using WorldView-2 satellite images. It is known that, WorldView-2 is a new satellite which was launched in October 2009 and has high spectral and spatial resolutions. It is the first commercial high-resolution satellite (0.46 m for panchromatic ve 1.84 m for multi-bands) to provide 8 spectral sensors in the visible to near-infrared range. Location of different borax minerals in the open pit mine has been indicated by GPS. Spectral signatures of these minerals have been interpreted and different reflectance properties for different spectral band intervals have been determined. Density slicing techniques have been used by using interpretation results of spectral signatures of each minerals. Comparison of the result image and the ground through data have indicated that, the image obtained by using remote sensing technique from WorldView2 satellite images has nearly the same borax minerals distribution pattern like the ground seen for Kırka Open Pit Mine. In addition to that, drilling logs have evaluated with 3-Dimensional mining exploration software and solid model of different borax minerals have generated. At the end, Kırka Borax Open Pit Mine solid models have created and resources have estimated by the correlation of remote sensing and 3-Dimensional mining exploration results.

Keywords: Borate minerals, Kırka, Remote Sensing, WorldView2 Images.

1. GİRİŞ

Bor mineralleri dünyanın en önemli ve stratejik minerallerinden biridir. Gelecekte enerji gereksiniminin kaynağı olarak kullanılması bu önemi arttıramktadır. Günümüzde ise, modern endüstri bor minerallerinin farklı alanlarda kullanımını keşfetmiştir. Boraks roket yakıtından ısıya dayanımlı cam yapımına kadar geniş alanlarda kullanılmaktadır.

Türkiye bor rezervlerinin yaklaşık % 70 sine sahip bir ülkedir. Sadece Kırka sahası 830 milyon ton bor rezervine sahiptir. Bu sahada bor mireralleri tinkal (boraks-Na bor), üleksit ve kolemanit olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmanın amacı Kırka Açık Maden Sahasında bulunan farklı bor minerallerini uzaktan algılama tekniği kullanarak ayırt edilebilmesinin araştırılmasıdır. Bilindiği gibi uzaktan algılama bir cisme dokunmadan uzaktan o cisim hakkında bilgi edinebilmek ve yorum yapabilmek olarak tanımlanmıştır (Jensen, 2000). Bu çalışmanın ana amacı Kırka Açık Maden Ocağında bulunan farklı bor minerallerini uzaktan algılama yöntemleri kullanarak ayırt edilebilmesine yöneliktir. Bazı uzaktan algılama yöntemleri ile bu yöntemin olup olamayacağını araştırmaktır. Bu çalışmada WordView2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. WorldView2 Ekim 2009 da yörüngeye oturtulan yeni bir yer gözlem uydusudur. Bu yeni uyduya 7 yıllık bir görev süresi belirlenmiştir. WorldView2 770 km yörünge yüksekliğine sahiptir. Ayni noktadan yaklaşık 1.1 günde geçer ve veri toplar (Satellite Imaging Coop, 2014).

İlk yer gözlem uydusu olan ERTS-A (daha sonra adı Landsat1 olarak değiştirildi) 1972 de kullanıma girmesinden günümüze kadar uzaktan algılama yöntemi ile birçok cisim saptanabilmiştir. 1972-1980 lı yıllar arasında sadece bir futbol sahasından daha büyük cisimler uzaktan algılama yöntemleri ile saptanabilirken, günümüzde saptanabilen cisim büyüklüğü 0.4 m X 0.4 m olmuştur. Sadece bu konudaki gelişme bile uzaktan algılama yöntemine büyük özellik katmıştır. Bu çalışmada ise, bir açık maden ocağı içinde bulunan farklı özelliğe sahip mineraller ve litoloji ayırt edilmeye çalışılmıştır.

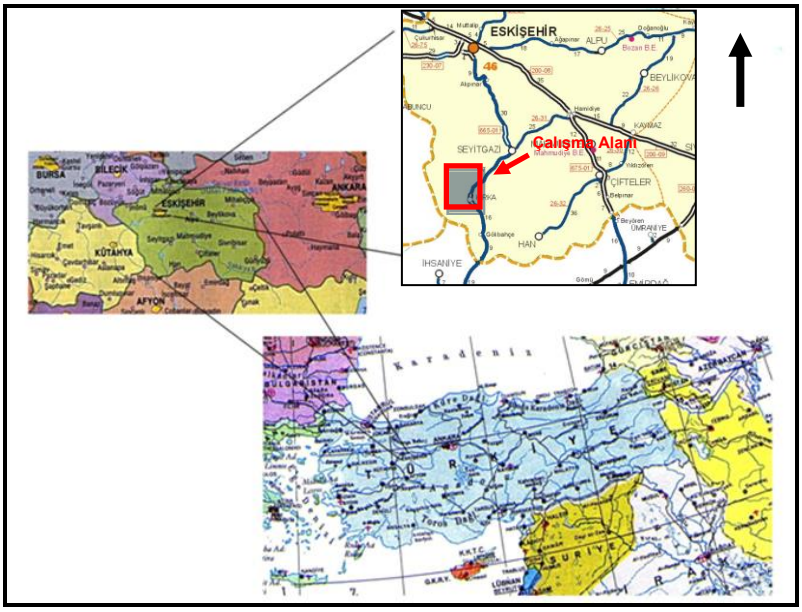
2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada Kırka Açık Maden Ocağında bulunan farklı özelliğe sahip bor mineralleri ayırt edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada uzaktan algılama yöntemi kullanılmıştır. Uzaktan Algılama yönteminde WorldView2 uydu verisi kullanılmıştır. WorldView2 uydusu 1 pankromatik (siyah-beyaz) ve 8 çok-bandlı görüntü verisine sahiptir. Çok bandlı görüntü verisi içinde 4 adet mavi, yeşil, kırmızı ve yakın infrared (IR) band aralığında veriler bulunmaktadır. Bu uyduda bulunan diğer bandlar ise, yeni band aralıklarına sahiptir. Bu bandlar mavi-ötesi, sarı, kırmızı-kenar, yakın-kızıl ötesi2 bandlarıdır. Pankromatik bandın ayırım gücü 0.46 m'dir (Satellite Imaging Coop, 2014). Çok bandlı görüntü verisi ise 1.84 m X 1.84 m'dir. Bu çalışmada uzaktan algılamada çok kullanılan bir yöntem olan yoğunluk dilimleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak band aralığı saptanmıştır. Bunun için farklı bor mineralllerinin spektral yansıma özellikleri elde edilmiştir. Her farklı mineral türüne göre değişiklik gösteren spektral imzalar kullanılarak en uygun band aralığı seçilmiştir. Yoğunluk dilimleme yöntemi seçilen bu band üzerinden yapılmıştır.

Farklı minerallerin açık ocaktaki dağılımları arazi çalışmaları sırasında yapılan arazi gözlemleri sonucunda belirlenmiştir. Mineral gruplarının açık ocakta en belirgin görüldüğü yerlere gidilmiş ve bu yerlerin koordinat değerleri GPS ile alınmıştır. Bu değerler sonuçta elde edilen görüntü ile deneştirilmiştir.

3. ÇALIŞMA ALANI VE BÖLGENİN JEOLOJİSİ

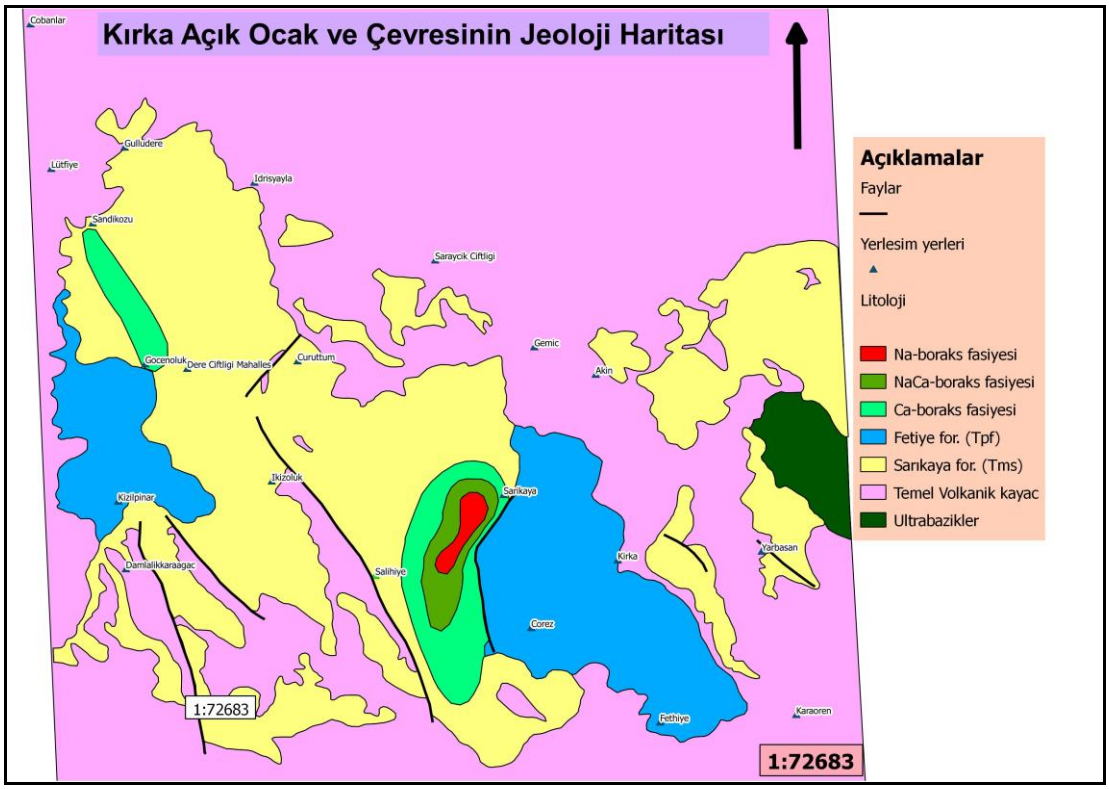
Çalışma alanı Eskişehir il sınırı içindedir (**Şekil 1**). Çalışma alanı Eskişehir yerleşim merkezine yaklaşık 66 km uzaklıkta Kırka yerleşim yeri civarındadır. Seyitgazi ilçesine olan uzaklığı ise 32 km.dir. Kırka yerleşim yeri yapılan bu çalışma alanı sınırları içine girmektedir. Eskişehir-Afyon devlet karayolu olan D-665 yolu Kırka yerleşim yerinin içinden geçmektedir. Kırka yerleşim yeri çalışılan sahanın güneydoğusunda kalmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye ve çevre iller ile olan konumunu gösteren harita

3.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

Bölgenin jeolojisi Neojen döneminde oluşmuştur. Neojende Orta ve Üst Miyosen dönemi bu havzanın oluşumunda önemli röl oynamıştır. Orta Miyosen'de tüflerin etkisinde kalan ve bu volkanik malzemenin depolandığı bir havza oluşmuştur (Yalçın ve Baysal 1991). Tüfler sahada beyaz renk ile görülürler. Bu özellikleri ile diğer birimlerden kolaylıkla ayırt edilebilirler. Bu birimin üstüne kiltaşı-marn ve tüf ardalanması gelir. Bu birim daha önce bu bölgede çalışan araştırmacılar tarafından Sarıkaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır **(Şekil 2).**



Şekil 2. Yalçın ve Baysal (1991) tarafından hazırlanan çalışma sahası ve civarını içeren jeoloji haritası

Bor minerallerini içinde barındıran Sarıkaya Formasyonu olarak adlandırılan birimdir. Orta ve Üst Miyosen'de volkanik suların getirdiği bor içerikleri bu havzada uygun koşullarda çökelerek farklı bor minerallerinin oluşumunu

sağlamışlardır. Yaklaşık KD-GB uzanımında elips şeklinde gözlenen mineral zonunun orta kısımlarında tinkal, ve kenarlara doğru gittikçe üleksit ve kolemanit bor mineralleri çökelmişlerdir (Helvacı and Orti, 2004). Bu mineral zonunun oluşmasına bölgenin tektoniğinin büyük etkisi olduğu sanılmaktadır. Bölgedeki mineral zonlanmasının bölgeyi etkileyen tektonizmadan kaynaklandığı sanılmaktadır. Başka bir çalışmada bölgenin çizgisellikleri uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmiştir. Çizgiselliklerin yönlerinin istatistiksel dağılımı sonuçları ile mineral zonu birbirleri ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

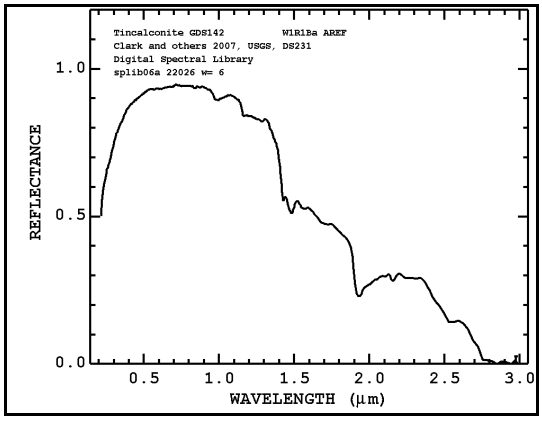
3.2. Açık Ocakta Gözlenen Mineral Çeşitliliği

Yalçın ve Baysal (1991) ile Helvacı ve Orti (2004) Kırka Açık Ocak ve civarı ile ilgili yaptıkları açık ocak içinde yüzeyleyen bor minerallerinin çeşitlerini ortaya çıkartma araştırmalarında farklı mineral gruplarının bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Bu mineraller tinkal (boraks), üleksit ve kolemanittir. Tinkal Na-bor, Üleksit Na-Ca bor ve Kolemanit Ca-bor olarak tanımlanır. Çalışılan açık ocakta merkezde tinkal, etrafında üleksit ve en dış çemberde ise kolemanit bulunur. Bu ocağın özelliği olarak bu şekilde bir zonlanma vardır. Kırka Eti Maden İşletmesi'nin bu ocaktan üretimini genellikle tinkaldir. Bu nedenle, öncelikle bu tür bor mineralinin diğerlerinden ayırt edilmesine çalışılmıştır.

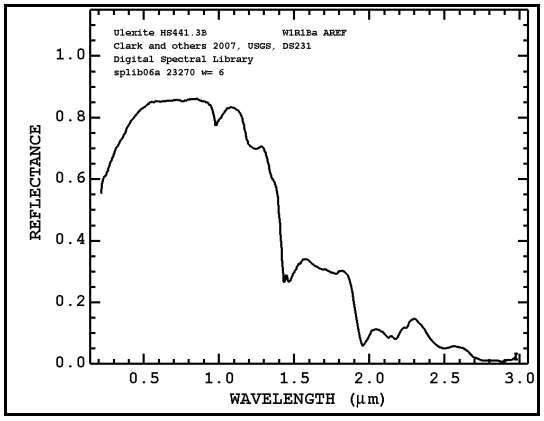
4. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada farklı bor mineralllerinin birbirlerinden ayırt edilebilmelerinin uzaktan algılama yöntemleri ile olup olamayacağı araştırılmıştır. Uzaktan algılama bir cisme dokunmadan o cismi tanımlama olarak bilinir. Bu tanımlama için cisim üzerinde uzaktan algılama yöntemleri ile belli ölçümlerin yapılabilmesi, cisim hakkında belli verilerin toplanması gerekmektedir (Swain and Davis, 1978). Günümüzde pasif uzaktan algılamada kullanılan ölçüm birimi elektromanyetik enerji (emr) şiddetidir. Bu birim farklı aletlerle ölçülebilmektedir. Her cismin farklı dalga boyu aralığında farklı emr'ye sahip olduğu bilinir (Parker and Wolff, 1965). Bu değerler değerlendirilerek o cismin imzası ortaya çıkartılır. Birçok araştırmacı farklı cisimlerin farklı ortamlarda sahip oldukları emr'leri toplamışlar ve bu konuda cisimlerin kütüphanelerini oluşturmuşlardır. Uzaktan algılama ile ilgili birçok yazılım bu kütüphaneleri kullanarak ayırım işlemlerini daha hassas ve doğru yapma konusunda kendilerini geliştirmektedirler (Campbell, 1996).

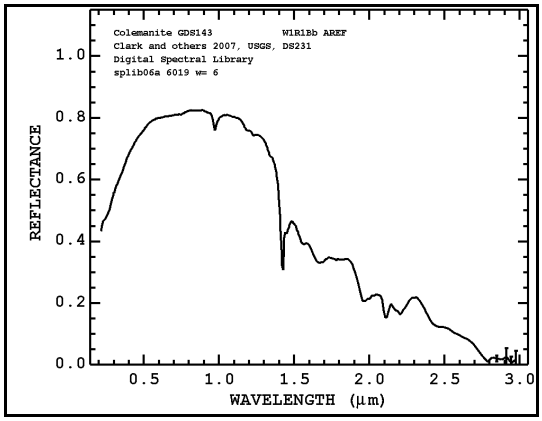
Bu çalışmada Kırka Açık Maden Ocağında arazi gözlemleri yapılmıştır. Bu arazi çalışması sırasında ilgili mühendislerden gerekli bilgiler alınmıştır. Sahada gözlenen mineral zonlarının sınırları harita üzerinde işaretlenmiş, farklı minerallerin yoğun olarak gözlendiği yerler GPS ile belirlenmiştir. Farklı mineralllerin spektral yansıma değerlerine ait kütüphaneler taranarak çalışmada kullanılacak bor mineralleri olan tinkal, üleksit ve kolemanite ait spektral imzalar elde edilmiştir (USGS, 2007). İmzalar yorumlanmış ve minerallerin birbirlerinden farklı olarak görüneceği band aralığının belirlenmesi sağlanmıştır. Spektral imzaların yorumlanmasında bu minerallerin kristal yapılarından dolayı emr'yi emme ve yansıtma özelikleri gösterdikleri yerler dikkate alınmıştır.

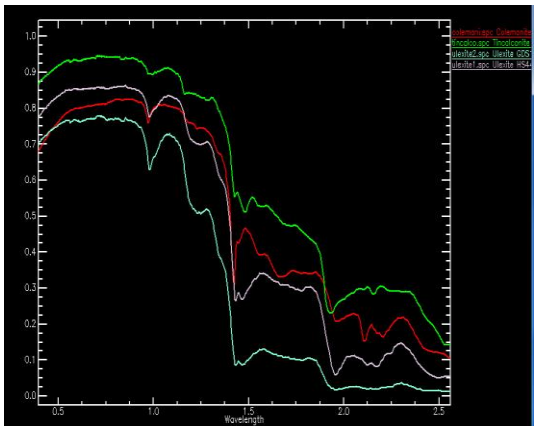


(a) .



(b)

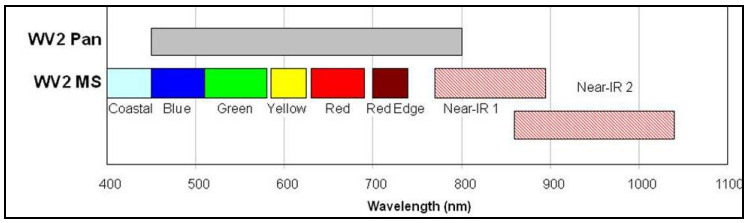




(c) **(d)**

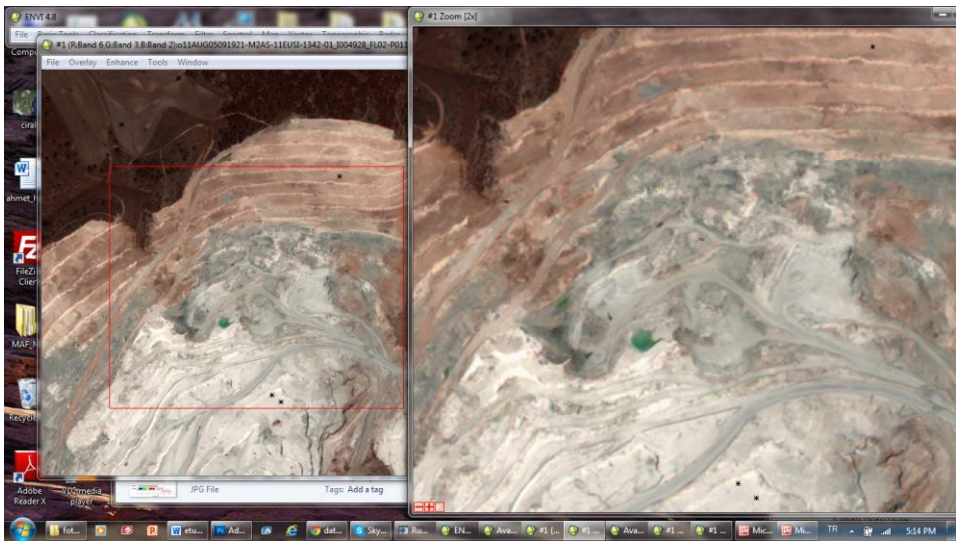
Şekil 3. Boraks mineralllerinin dalga boylarına göre emr yansıma eğrileri
(a). Tinkal, (b). Üleksit, (c). Kolemanit, (d). Tüm imzalar birlikte.

Tinkal, üleksit ve kolemanitin spektral imzaları yorumlandığında farklı bor minerallerinin farklı dalga boyu aralıklarına karşılık gelen yansımalarının farklı olduğu anlaşılmıştır (**Şekil 3.a,b,c**). Farklı bor minerallerinin spektral yansıma eğrileri ayni ortama taşınarak birlikte yorumlanmışlardır (**Şekil 3.d**). Bu yorum sonucunda, uzaktan algılama yönteminde kullanılacak uygun band seçiminin yapılmasına çalışılmıştır. Yorumlamada bor minerallerinin dalga boyu (0.4-0.9 µm) arasında birbirlerine yakın değerler gösterdikleri anlaşılmıştır. Minerallerin dalga boyu (0.9-2.0 µm) arasındaki spetral yansıma değerlerinde belirgin farklılık olduğu ortaya çıkmıştır. Mineralllerin dalga boyu (2.0-2.5 µm) arasındaki değerlerin yine birbirlerine yakın değerlere sahip oldukları gözlemlenmiştir. WorldView2 uydusunun çok bandlı algılayıcısının sahip olduğu band aralıkları aşağıdadır (**Şekil 4).**



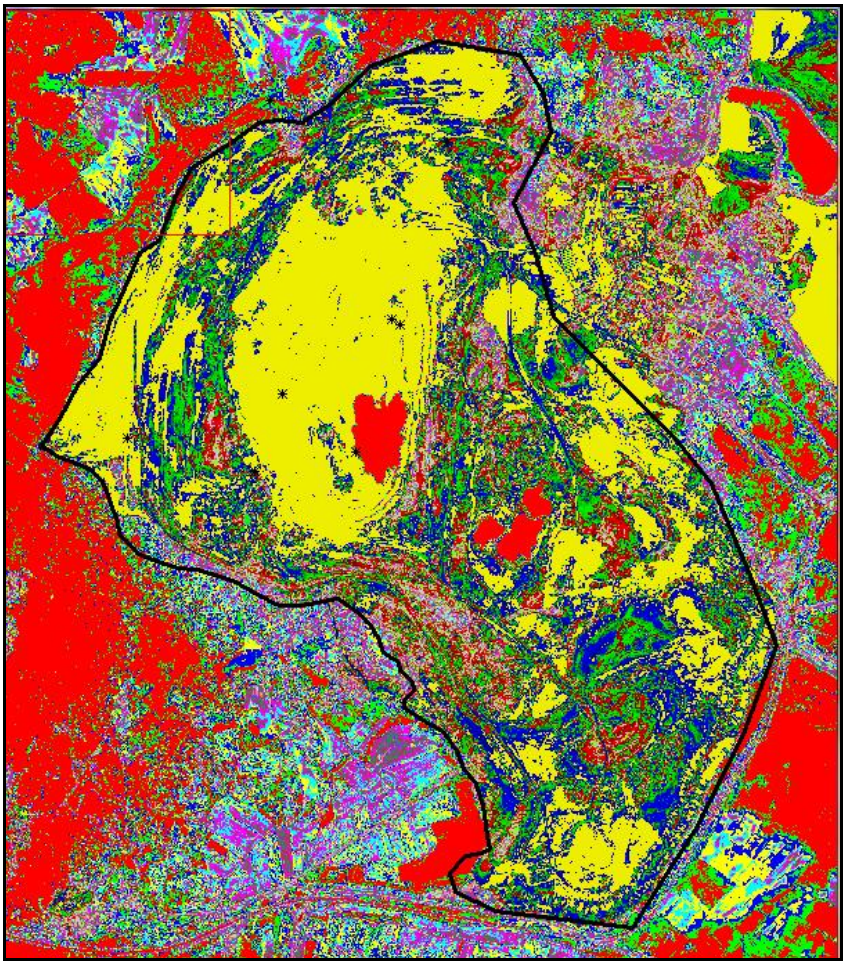
Şekil 4. WorldView2 uydusunun çok bandlı algılayıcısı dalga boyu aralıkları.

Bu çalışmada WorldView2 uydusunun bu çalışmaya uygun bandının NIR2 olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle farklı mineral dağılımını belirlemede bu band kullanılmıştır. Kırka Boraks Ocağı WorldView2 uydu görüntüsü (RGB/532) yorumlandığında farklı mineral zonlarının hiçbir yöntem kullanmadan ayırt edilebildiği görülmüştür **(Şekil 5).**



Şekil 5. Kırka Boraks Maden ocağının WorldView2 uydusundan görünümü (RGB/532).

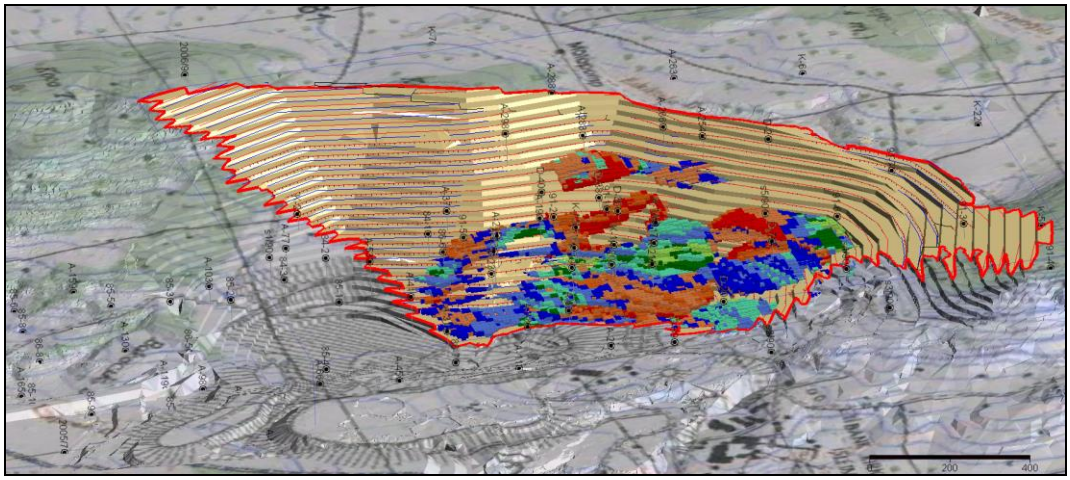
Uzaktan Algılama yöntemi olarak Yoğunluk Dilimleme Yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemde seçilen WorldView2 bandı uzaktan algılama yazılımı ile ekrana getirilmiştir. Arazi çalışmalarından koordinatları GPS ile saptanan farklı mineral zonları görüntü üzerinde belirlenmiştir. Bu yerler ve etraflarının spektral yansıma değerleri ölçülmüştür Tinkal, üleksit ve kolemanit mineralleri yansımaları için bu okumalar NIR2 bandı üzerinde yapılmıştır. Bu noktaların en düşük ve en yüksek değerleri elde edilmiştir. Bu değer aralıkları yine WorldView2 uydusunun NIR2 bandı kullanılarak renklendirilmiştir (**Şekil 6**). Elde edilen sonuç arazi gözlemleri ile karşılaştırılmıştır.



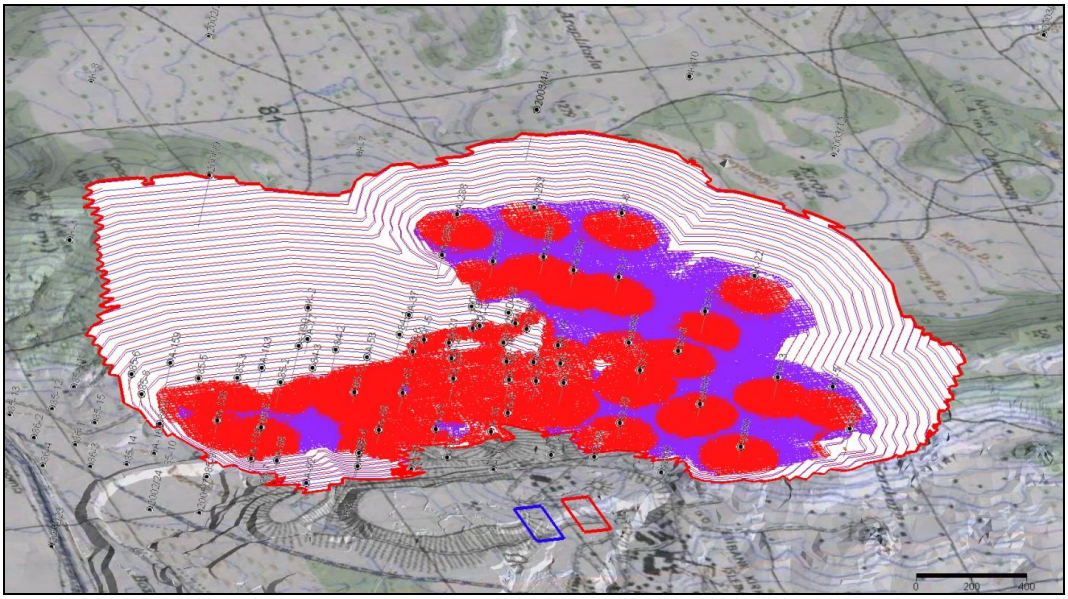
Şekil 6. Yoğunluk dilimleme yöntemi sonucu oluşturulan Kırka Boraks Açık Ocak görünümü.

Arazi gözlemleri ile yoğunluk dilimleme yöntemi ile elde edilen sonuç karşılaştırıldığında büyük benzerlikler olduğu görülmüştür. Ocağın orta kısmına karşılık gelen tinkal ile üleksit sınırının belirgin olduğu gözlenmiştir. Üleksit-kolemanit sınırı ocağın K ve G taraflarında belirgindir. Buna karşın ocağın B tarafında bu sınır yeterli kadar açık olarak belirlenememiştir. Yukarıda (Şekil 6) da ocak sınırı D tarafları tumba sahasıdır. Bu nedenle, bu bölgede farklı mineraller karışmış bir durumdadır, her 3 farklı mineralin özelliği burada belli bir ayırım olmadan gözlenebilmiştir.

Bu çalışmada uzaktan algılama yöntemi dışında Kırka Bor İşletme Müdürlüğü tarafından sağlanan sondaj verileri kullanılarak cevher modellemesinin hazırlanması da bulunmaktadır. Bu modelleme ile ocağın kısa dönem (**Şekil 7)** ve uzun dönem (**Şekil 8)** 3-B modellemesi yapılmıştır. Bu modelleme aşamasında uzaktan algılama yöntemi ve saha gözlemleri sonucu belirlenen bor mineral dağılımları dikkate alınmıştır. Böylece üretilecek görünür ve muhtemel kaynak miktar ve B2O3 dağılımı kısa ve uzun dönem olarak ortaya konmuştur.



Şekil 7. Kısa dönem Açık Ocak 3-B modeli



Şekil 8. Uzun dönem Açık Ocak 3-B Modeli (Görünür ve Muhtemel Kaynak Blokları)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Bor minerali olan tinkal, üleksit ve kolemanit uzaktan algılama yöntemi ile ayırt edilebilmektedir.
- Bor minerallerinin spektral eğrileri (0.9-2.0 µm) arasında farklılık göstermektedir.
- WorldView2 uydu verisi yeni spektral bandlara sahiptir. Bu çalışmada bor minerallerinin ayırt edilmesinde en iyi spektral bandın NIR2 olduğu anlaşılmıştır.
- WorldView2 uydu görüntülerinin ayırım gücünün yüksek olması açık ocak uygulamalarında ocağın değişimi konusunda iyi sonuçlar vermektedir.
- Buna karşın spektral band aralığı (0.9-2.0 µm) aralığına sahip uydu görüntülerinin bor mineralleri ayırt etmede daha başarılı olduğu anlaşılmıştır (ASTER, vb.)

Çalışma sonucunda aşağıdaki öneriler yapılmıştır.;

- Bor mineralleri aramalarında veya açık ocak modelllemesinde hızlı ve ucuz yöntem olan uzaktan algılama yöntemi öncelikli olarak kullanılmalıdır.
- Uzaktan algılama yöntemlerinde bor mineralllerini (tinkal, üleksit ve kolemanit) ayırt etmede (0.9-2.0 µm) aralığına karşılık gelecek bandların kullanılması gerekmektedir.
- Bu tür uzaktan algılama çalışmaların Eti Maden İşletmelerinin diğer açık ocaklarında da uygulanması yapılan çalışmanın doğruluğunun sınanması bakımından yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Campbell J.B., 1996, Introduction to Remote Sensing, The Guilford Press, New York, pp. 13-14.

Esa 2014, http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_EN/SEMPNQ3Z2OF_0.html

Eti Maden 2012, http://en.etimaden.gov.tr/kirka-boron-works-72s.htm

Helvacı C. and Orti F., 2004, Zoning in the Kırka Borate Deposit, Western Turkey: Primary Evaporatic Fractionation or Diagenetic Modifications, The Canadian Mineralogists, Vol.42, pp.1179-1204

Jensen J.R., 2000, Remote Sensing of the Environment, an Earth Resource Perspective, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, pp.xii.

Satellite Imaging Cooperation 2014, http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/worldview-2/

Swain P.H. and Davis S.M., 1978, Remote Sensing: The Quantitative Approach, McGrawHill, Inc., pp. 1-18.

USGS, 2007, Digital Spectral Library, http://speclab.cr.usgs.gov/spectral-lib.html.

Yalçın H. and Baysal B., 1991, Kırka (Seyitgazi-Eskişehir) Borat Yataklarının Jeolojik Konumu, Dağılımı ve Oluşumu, MTA Dergisi, vol. 113, pp. 93-104.