

# GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (AIST)

Volume: 4, Issue: 2, p. 28-37, 2021

## HİDROKARBON MİKRO SIZINTILARININ UA YÖNTEMLERİ İLE TESPİT EDİLMESİ VE UA'NIN HİDROKARBON KEŞİFLERİNDE YENİ BİR TEKNİK OLARAK KULLANILMASI

### DETECTION OF HYDROCARBON MICROLEAKAGE BY USING REMOTE SENSING AND USING REMOTE SENSING AS A NEW TECHNIQUE FOR HYDROCARBON EXPLORATION

Hakan Oktay AYDINLI<sup>1</sup>

Mahdi Hassan PASHAEI<sup>2</sup>

Hatice Selin AYDEMİR<sup>2</sup>

Ümit GÜLER<sup>3</sup>

Müge Demir ÇAKIR<sup>4</sup>

Serhat AYDEMİR<sup>5</sup>

Mehtap Özenen KAVLAK<sup>2</sup>

(Received 04.06.2021 Published 01.07.2021) - Review Article

#### Özet

Petrol ve doğal gaz dünyadaki başlıca enerji kaynaklarından. Dünya üzerindeki enerji ihtiyacının yüzde 63'ü petrol ve doğal gaz kaynakları tarafından karşılanmaktadır. Bu kaynakların tespit edilerek yüzeye taşınması ve üretilmesi esnasında farklı disiplinler bir araya gelerek çeşitli metodolojileri kullanmaktadır. Petrol ve doğal gaz arama faaliyetlerinde jeofizik, jeokimya ve jeoloji çalışmaları hidrokarbon bulunan rezervuarların tespiti için gerekli konvansiyonel çalışmalar olarak tanımlanmaktadır. Son dönemdeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak konvansiyonel yöntemlere ek olarak uzaktan algılama faaliyetleri sayesinde uydu verileri kullanılmış ve bu verilerin yapılan diğer çalışmalardaki veriler ile uyum gösterdiği ve hidrokarbon arama uygulamalarında yeni bir teknik olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır. Uzaktan algılama verileri ile hidrokarbonların mikro sızıntı olarak yükseldiği bölgelerde mineralojik değişimler tespit edilerek elde edilen sonuçlar rezervlerin varlığını doğrulama amacıyla kullanılması mümkün görülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Hidrokarbon, Uzaktan Algılama, Mikro-sızıntı, Petrol ve Doğal Gaz

<sup>1</sup>BeSafe danışmanlık, oktay.aydinli@be4safe.com

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir. mhpashaei@eskisehir.edu.tr hsaydemir@eskisehir.edu.tr mehtapozenen@eskisehir.edu.tr

<sup>3</sup>Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş. uguler@turksat.com.tr

<sup>4</sup>Müge Çakır Demir Mimarlık Hizmetleri, Eskişehir. muggedemircakir@gmail.com

<sup>5</sup>Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş., Eskişehir. Serhat.aydemir@oedas.com.tr

### **Abstract**

Oil and gas are one of the major energy sources in the world. 63% of all energy needs of the world is provided by oil and gas. Various methods are being used during the exploration and production phases of oil and gas. Geophysical, geochemical and geological studies are defined as conventional techniques which are used to explore hydrocarbon reserves under the surface. In accordance with the latest technology, remote sensing is admitted as a new technique due to its compatible results with the conventional techniques. Remote sensing data can be used to detect mineralogical changes in areas where hydrocarbon micro-seepage occurs, allowing hydrocarbon reserves to be verified.

**Keywords:** Hydrocarbon, Remote Sensing, Micro-seepage, Oil and Gas

## 1. GİRİŞ

Hidrokarbon gaz sızıntıları ilk olarak milattan önce 6000-2000 yılları arasında İran'da keşfedilmiştir (Noomen ve ark. 2003) Tarihsel olarak bakıldığında, hidrokarbon gaz sızıntılarının yüzeyde görülmesi, petrol ve gaz sahalarının toplanma alanlarının varlığıyla yakından ilgili olmuştur (Jianming ve ark. 2019). Son birkaç yüzyıldır dünyada gözlemlenen hidrokarbon sızıntıları petrol ve doğal gaz sahalarının yerlerini belirlemek üzere kullanılmaktadır (Tedesco, 1995). Bu yüzden, dünya üzerinde yapılan petrol ve doğal gaz sondajlarının birçoğu hidrokarbon sızıntılarının olduğu alanlarda yapılmaktadır (Jianming ve ark. 2019).

Petrol ve doğal gaz kaynaklarının keşif sürecinde jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal yöntemler, modern jeolojik petrol teorisinin rehberliğinde rezervuarları keşfetmek için kullanılan bütünleşik yöntemler olarak tanımlanmaktadır (Yi ve ark., 2016). Buna rağmen, bu arama yöntemlerinin ilk keşif kuyularında başarı oranı %30'dur (Horig, 2001; Ellis, 2001). Petrovic ve ark. (2008) ile Saunders ve ark. (1999), hidrokarbon aramalarında konvansiyonel yöntemler dışında uygulanan uzaktan algılama (UA) yöntemleri sayesinde ilk keşif kuyularında başarı oranının artacağını ve bu sebeple keşif maliyetlerinin düşeceğini belirtmiş olmalarına rağmen UA verilerinin tek başına rezervuarın derinliği, büyüklüğü ve akışkan kalitesi hakkında bir bilgi ortaya koyamayacağını değerlendirmişlerdir.

Hidrokarbon sızıntıları, makro sızıntılar ve mikro sızıntılar olarak ikiye ayrılır. Makro sızıntılar, yüzeye sızan hidrokarbonların (petrol ve doğal gaz) gözle görülebilen varlıklarıdır ve daha önce dünya üzerinde çeşitli lokasyonlarda kayıt altına alınmışlardır (Tedesco, 1995). Mikro sızıntılar ise rezervuardan yüzeye dik veya dike yakın olarak gerçekleşen hidrokarbon sızıntılarıdır. Bu sızıntıların tespitindeki en iyi gösterge jeokimyasal analizler sırasında toprak ve toprak üzerinde tespit edilen düzenli olmayan hafif hidrokarbon sızıntılarıdır. Toprak üzeri gazı olarak toplanan hidrokarbon izotoplarının karakteristik özellikleri rezervuarın karakteristiği ile benzerlik göstermekte olup rezervuardan göç eden hidrokarbonların varlığını doğrulamaya yardımcı olmaktadır (Saunders ve ark., 1991).

UA yöntemleri mikro sızıntıları tespit etmek için geçmişte de kullanılan yöntemlerdendir (Lang ve ark. 1985; de Oliveria and Crosta 1996). Kullanılan materyaller ise alan/saha spektrometreleri ve geniş bantlı hava/uydu sensörleridir. Sahadaki spektral çalışmalar hidrokarbon sızıntıları kaynaklı yüzey değişimlerini tanımlamak için kullanılmaktadır (Bammel ve Birnie, 1994). Ayrıca sahada alınan ölçümler de hidrokarbon mikro sızıntılarının varlığı ile ilgili olası bir ilişki göstermektedir (Abrams ve ark., 1984; Richers ve ark., 1986).

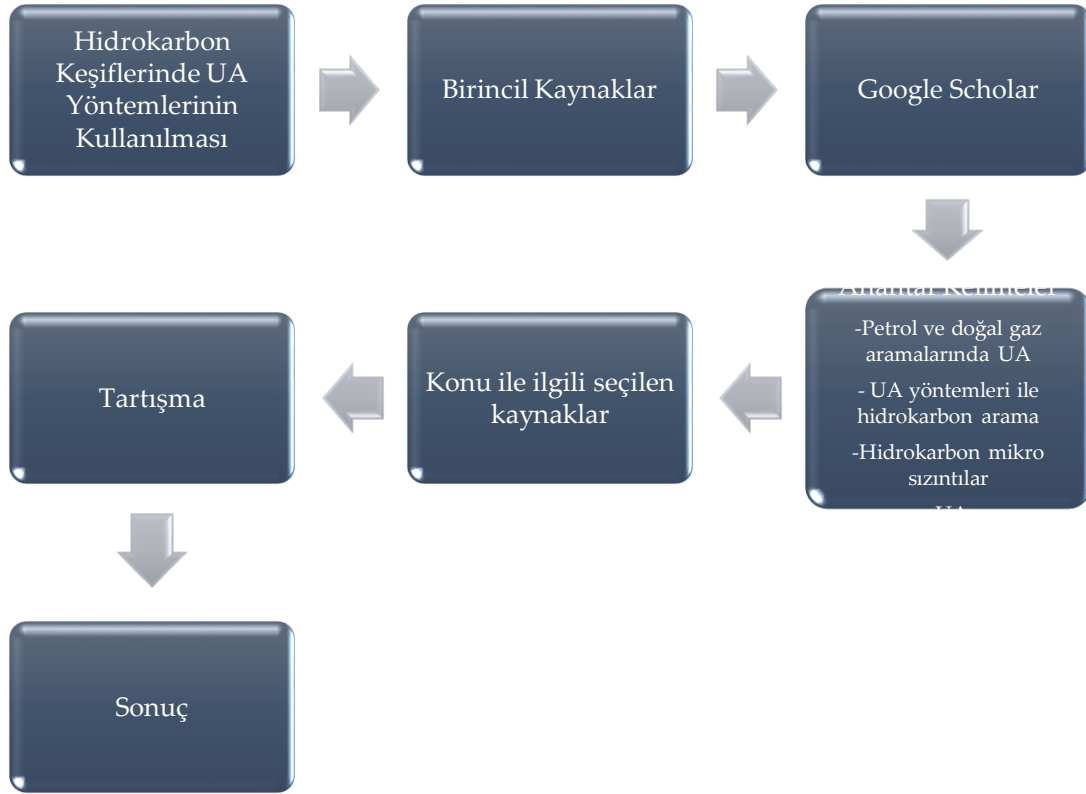
Petrol ve gaz rezervuarları yerin derinliklerinde olmasına rağmen, dünya yüzeyinde tespit edilebilen bazı göstergeleri vardır. Landsat MSS görüntüleri üzerindeki bulanık yamalar (hazy patches) Collins tarafından 1973 yılında mevcut petrol ve gaz sahalarıyla olan yüksek korelasyonları nedeniyle petrol arama faaliyetleri için ipucu

olarak değerlendirilmiştir (Rencz, 1999). Yer altında var olan rezervuarlardan kaynaklı oluşan mikro sızıntıların yüzeyde oluşturduğu anomalileri karakterize etmek için spektral görüntüleme uygulamalarının ilki, hava araçlarından elde edilen multi-spektral verilerle tespit edilen anomalilerin 1970'lerin sonunda Patrick Draw, Wyoming sahasında bulunması ile kanıtlanmıştır (Arp, 1992).

Uzun süreli hidrokarbon sızıntıları yüzeyde lokal olarak indirgenmiş alanlar oluşturmaktadır. Bu alanlarda çeşitli kimyasal ve mineralojik değişimler gözlemlenmektedir (Saunders ve ark., 1999). Hafif hidrokarbonların doğrudan veya dolaylı olarak bakteriyel oksidasyonu sonucu ortamın pH ve Eh'sinde önemli değişiklikler görülmektedir. Baca şeklinde yükselen hidrokarbon sızıntıları mineralojik stabiliteyi ve kimyasal reaktiviteyi etkileyerek çeşitli minerallerin çözünmesine ve çökmesine neden olurken bu yüzeylerin etrafındaki eşdeğer diğer yüzeylerden farklılıklar taşımaya sebep olmaktadır (Schumacher, 1996). Hidrokarbon kaynaklı değişikliğin uzaktan algılanması ile toprak yüzeylerinde, kayalarda ve ortamdaki bitkilerde anormal diyajenezin (fiziksel ve kimyasal değişimler) hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde tespit edilebilmesinde imkan sağlamaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, genel olarak ferrik demirin indirgenmesi (kırmızı yatak ağartma), karışık katmanlı killerin ve feldispatların kaolinite dönüşümü, karbonat içeriğinin artması ve bitki örtüsünün anormal spektral yansıması ile ilgilidir (Van Der Meer, 2012) Bu çalışmada petrol ve doğal gaz aramalarında kullanılan geleneksel yöntemlerin UA verileri ile doğrulandığı çalışmalardan oluşturulmuş bulgular derlenerek bundan sonra alanda yapılmak istenen çalışmalara ışık tutması amaçlanmıştır.

## 2. METODOLOJİ

Bu çalışmada öncelikle hidrokarbon keşifleri için yapılan çalışmalarda UA verilerinin elde edilmesi ve çeşitli coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamaları kullanarak verilerin işlenip haritalar oluşturulması esası ile ilgili çalışmalar belirlenmiştir. Belirlenen bu çalışmaların tamamı Google Scholar üzerinden yapılan araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Çalışmaların elde edilmesi sırasında belirli bir zaman aralığı gözetmeksizin alanda yapılan bütün çalışmalar değerlendirilmiştir. Alandaki çalışmaları bulabilmek adına belirlenen anahtar kelimeler: "petrol ve doğal gaz aramalarında UA", "UA yöntemleri ile hidrokarbon arama", "hidrokarbon mikro sızıntılar", "UA"dır. Gerçekleştirilen literatür araştırması sonucunda yirmi sekiz çalışma belirlenmiştir. Belirlenen çalışmalar konu ile uygunluğu açısından dikkatle incelenmiştir. Bu aşamadan sonra, her bir makalenin ana bulguları, araştırma ölçeği, benimsenen yöntemler, kavramların gösterimi ve kısıtlamalar değerlendirilmiştir. Bu konu üzerinde yapılmış yirmi sekiz çalışmadan sekizi konu uygunluğu, farklı bölgeleri kapsamı, literatüre kazandırdıkları ve kullanılan yöntemler bakımından değerlendirilerek ilerleyen bölümlerde özetlenmiştir. Çalışmaların tespit edilmesi ile ilgili olarak izlenen yöntem ise Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Hidrokarbon aramalarında UA kaynak incelemesi akış şeması

### 3. ALAN ÇALIŞMALARI

Literatür incelendiğinde UA araçları kullanılarak hidrokarbon mikro sızıntılarının tespiti için yapılan çalışmaların genel olarak mineralojik yapıyı incelemek üzere gerçekleştirildiği görülmektedir. Uzun süreli hidrokarbon ile temas eden toprak ve kayaların yüzey yapılarında demir ve kil içerikleri açısından farklılıklar oluştuğu tespit edilmiş ve bu yüzeyler hidrokarbon sızıntıları ile temas etmeyen diğer yüzeylere göre yansımaya ve parlaklık değerleri açısından fark göstermiştir. Çalışmalar genel olarak Landsat 8, Landsat 7, Landsat 4-5 TM ve Aster uydularından elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dünya üzerinde petrol ve doğal gaz üretiminin olduğu alanlardan bazıları hem üretilen akışkan çeşidinin farklı olması hem de farklı yöntemler kullanılması sebebiyle seçilmiş ve elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde sunulmuştur. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar dikkate alındığında, genel olarak uydu verilerinin jeokimyasal analizler ile ortak olarak yorumlanması ve direkt olarak uydu verilerinin kullanılması şeklinde iki bölümde incelendiği dikkat çekmektedir.

Uydu verilerinin jeokimyasal analizler ile beraber ortak doğrulama amacıyla kullanıldığı çalışmalara örnek olarak, Kahn ve Jacobson (2008)'ın, kayalar ve topraklardaki kimyasal ve mineralojik değişikliklerin, bazı büyük petrol sahalarının üzerindeki hidrokarbon mikro sızıntıları ile ilişkili olduğu hipotezini test ettikleri çalışmaları verilebilir. Kayaçlardan elde edilen mineralojik, jeokimyasal ve karbon

izotopunu destekleyen alan verileri, Wyoming'in Patrick Draw bölgesindeki hidrokarbon mikro sızıntıları ile ilişkili görünen değişikliklerin olduğu Hyperion görüntü sensörleri tarafından haritalandırılmıştır.

Staskowski (2004) mineral değişimleri ile hidrokarbon tespitinde ASTER kullanımını test etmek için bir çalışma yapmıştır. ASTER uydu görüntülerinin hidrokarbon sızıntısı ile ilgili jeokimyasal anormallikleri haritalamak için ucuz ve verimli bir araç olduğunu bu çalışması ile doğrulamıştır. Maulana ve ark. (2020)'nin çalışmaları da Staskowski (2004)'nin çalışması ile benzerlik taşımakta olup petrol ve doğal gaz aramalarında kullanılan UA verilerine ek olarak jeokimyasal analizler de içeriğe dahil edilerek çeşitli bulgular elde edilmiştir. Buna göre Landsat 8 görüntü analizine, XRD ve XRF'ye dayanarak, Semarang Regency'deki Bancak, Boto, Wonokerto ve Nyemoh bölgelerinde biriken bir hidrokarbon sızıntı dağıtım alanı doğrulanmıştır. Örneklerden alınan XRF testi sonuçları, çalışma alanının güneyinde ve güneybatısında %9.21'de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> elementi ve %7.42'de CaO varlığını göstermiştir. Bu, hidrokarbonlar ve kayalar arasında, çevrelerindeki asitlik koşullarını etkileyen bir reaksiyonu göstermektedirler ve bu nedenle kil mineralleri, demir oksitler ve demir sülfütlü oluşturmaktadırlar (Maulana ve ark., 2020).

Uydu verilerinin tek başına değerlendirildiği ve mikro sızıntıların tespit edildiği çalışmalara örnek olarak, Yang ve ark. (2000)'nin karadaki hidrokarbon mikro sızıntılarının UA teknikleriyle doğrudan tespiti üzerinde gerçekleştirdiği çalışmaları verilebilir. Bu çalışmada UA görüntülerinden tespit edilebilen hidrokarbon kaynaklı toprak ve tortu yüzey değişikliklerinde ferrik demirin azaldığı (kırmızı yatakların bozlaşması), karışık katmanlı killerin ve feldispatların kaolinite dönüştüğü, karbonat içeriğinin arttığı ve buna bağlı olarak bitki örtüsünün anormal spektral yansıma gösterdiği belirtilmiştir.

Çin ve deniz aşırı ülkelerde UA teknolojisinin petrol ve gaz uygulamalarının genel gelişimi, hiper spektral UA'nın yeni petrol ve gaz yataklarını keşfetmek için uygun bir yöntem olabileceğini göstermektedir (Goetz, 2009). Araştırmalar, petrol arama için büyük öneme sahip olan yansıma spektrometrisi ve petrol süzülme teorisine dayalı olarak ek petrol rezervuarlarını belirlemenin birçok güvenilir yolunu göstermiştir (Wang ve ark, 2011).

Malhotra ve ark. (1990) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Bighorn Basin, Wyoming'de yer alan Sheep Mountain antiklinalinde, Landsat TM verileri ile Chugwater Formasyonu içinde, bilinen hidrokarbon rezervuarlarının olduğu alanlarda kırmızı yatak bozlaşmasının varlığı gözlemlenmiştir. Bozlaşmış alanlar spektral olarak değerlendirildiğinde 3/1 bant oranlaması uygulanarak yansıma değerleri ile ilgili olarak parlaklık artışı gözlemlenmiştir. Uygulanan bu teknik, seyrek bitki örtüsü tespiti, kil ve kırmızı yataklarda varlığının tespitinde kullanılan güvenilir bir yöntem olarak belirtilmiştir (Malhotra ve ark., 1990). Hosseinpour (2020) tarafından İran-Batı Zagros Dağları'ndaki mineral yapısındaki değişim gözlemlenmiştir. ASTER uyduları kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, B5/B4 ve B2/B1 bant oranlarının sırasıyla ferrus

demir ve ferrik demirin belirlenmesi için uygun olduğu ve ayrıca (B5 + B7) / B6 band oranlamasının, kaolinit ve illit gibi kil minerallerinin tespiti için kullanılabileceği tespit edilmiştir. Uygulanan band oranlamalarının sonucu olarak kil minerallerinin Kuh-e Namak, Darang ve Kangan antiklinali, Darang ile Dashti diyapiri ile daha az miktarlarda olsa da Pazan, Zireh ve Khartang antiklinalleri üzerinde varlığı tespit edilmiştir. Bunun yanında ferrus demirinin yoğunluğu ve dağılımı kil minerallerine göre daha az olsa da Dashti doğrultu adımlı fayı ve tuz diyapirleri üzerinde tespit edilmiştir. Ayrıca Kangan ve Kuh-e-Namak antiklinallerinin arayüzünde akarsuların ve tortuların varlığından dolayı yüksek ferrus demiri konsantrasyonu gözlenmiştir.

Lammoglia ve ark. (2008)'nin çalışmasında Landsat 7+ETM ve ASTER/Terra uyduları kullanılarak, hidrokarbon bulunan alanlar karakterize edilmiştir. Landsat7+ETM verileri kullanılarak sahte renk (false color) görüntüler elde edilmiş ve temel bileşenler analizi yapılmıştır. ASTER verilerinin işlenmesi için de Spectral Angle Mapper (SAM) ve Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF) teknikleri kullanılmış ve multispektral data seti örneklendirilmiştir. Sonrasında, ASTER verileri nöral ağ (network) kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda mikro sızıntı olan bölgelerde seyrek bitki örtüsü ve az miktarda ferrik demirinin görüldüğü ayrıca ferrus demiri, kil ve karbonat yoğunluğunun varlığı tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇ

İncelenen kaynaklar ve elde edilen bulgular sonucunda, hidrokarbon keşiflerinde geleneksel yöntemlerin dışında kullanılan uzaktan algılama yöntemleri sayesinde çalışma yapılan alanlarda, ileri de yapılacak olan çalışmalara ışık tutacak ortak ve özgün sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Geleneksel hidrokarbon arama yöntemleri olarak kabul edilen jeolojik, jeofiziksel ve jeokimyasal çalışmalar dışında kullanılan UA yöntemleri hem zaman hem de maliyetten tasarruf sağlamak adına önemli bir karar destek sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak jeolojik ve sismik araştırmaların zor olduğu engebeli yüzeylerde, kullanışlı bir yardımcı kaynak olarak kullanılabilir. Yüzey verileri ve jeolojik yapılar ile korelasyon sağlayan UA veri setleri arama faaliyetleri sırasında hidrokarbon tespit oranı ihtimalinin yükselmesine ve yatırımcının keşif riskinin azalmasına yardımcı olduğu için önemli bir metottur. Yeni sondaj lokasyonların belirlenmesi ve rezervuarın yöneliminin tanımlanması açısından yatırımcılara fikir sunmaktadır.

Hidrokarbon mikro sızıntılarının yüzeyde görüldüğü alanlar ile ilgili olarak çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, sızıntıların bulunduğu alanlarda çeşitli mineralojik değişimler gözlemlenmiştir. Bu değişimlere bakıldığında, çalışma bölgelerinde ferrus demiri, kil ve karbonat yoğunluğu artışı gözlemlenirken, aynı alanda ferrik demiri azlığı ve seyrek bitki örtüsü ile karşılaşmaktadır. Bu değişimler hidrokarbon sızıntısı görülen alanların, çalışma alanları yakınında hidrokarbon sızıntısı gözlemlenmeyen alanlardan karakteristik olarak farklı özellikler gösterdiğinin kanıtı

olarak sunulmaktadır. Belirtilen mineralojik değişimlerin var olduğu yüzeyler petrol ve doğal gaz bulunma potansiyeli yüksek alanlar olarak değerlendirilmiş olmasına rağmen UA verileri rezervuar karakteristiği ve potansiyelin büyüklüğü hakkında bilgi sunamamaktadır. Hidrokarbon mikro sızıntılarının karakteristiğinin daha iyi anlaşılması için daha yüksek spektral çözünürlüğe sahip uydu verileri temin edilerek rezervuarlar ile ilgili elde edilen bilgilerin artırılması yoluyla çalışma alanlarındaki yüzey anormalliklerini tanımlanma ihtimali güçlenecektir.

Bu bilgiler sonucunda elde edilen bulgulara göre, UA verileri kullanılarak yapılan çalışmaların geleneksel çalışmalara ek kaynak olarak sunulması yüzeyde yapılan jeolojik, jeofizik ve jeokimyasal çalışmaların güvenilirliğinin artırılması için önemli bir seçenek olması hedeflenmektedir.

## KAYNAKÇA

- Arp, G. (1992). An integrated interpretation for the origin of the Patrick Draw oil field sage anomaly. *AAPG bulletin*, 76(3), 301-306.
- Bammel, B., & Birnle, R. (1994). Spectral Reflectance Response of BiS Sagebrush to Hydrocarbon-Induced Stress. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 60(1), 87-96.
- De Oliveira, W., & Crosta, A. (1996). Detection of hydrocarbon seepage in the Sao Francisco basin, Brazil, through Landsat TM, soil geochemistry and airborne/field spectrometry data integration. *Environmental Research Institute of Michigan*, 1-155.
- Ellis, J., Davis, H., & Zamudio, J. (2001). Exploring for onshore oil seeps with hyperspectral imaging. *Oil and Gas Journal*, 99(37), 49-58.
- Goetz, A. (2009). Three decades of hyperspectral remote sensing of the Earth: A personal view. *Remote Sensing of Environment*, 113,5-16.
- Hosseinpour, M. (2020). Relationship between hydrocarbon micro-seepages and structures by detection of altered minerals using ASTER remote sensing data in the West of Coastal Fars, Zagros, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(13),1-10.
- Höring, B., Kühn, F., Oschütz, F., & Lehmann, F. (2001). HyMap hyperspectral remote sensing to detect hydrocarbons. *International Journal of Remote Sensing*, 22(8), 1413-1422.
- Jianming, G., Hailong, F., Xiangzeng, W., Lixia, Z., Laiyi, R., Yonghong, H., & Jintao, Y. (2019). Integrating Geochemical Anomaly and Remote Sensing Methods to Predict Oil-and Gas-Bearing Areas in the Yanchang Oil Field, Ordos Basin, China. *Earth Sciences Research Journal*, 23(1), 79-86.



- Khan, S., & Jacobson, S. (2008). Remote sensing and geochemistry for detecting hydrocarbon microseepages. *Geological Society of America Bulletin*, 120(1-2),96-105.
- Lammogliaa, T., Filhoa, C., & Filhob, R. (2008). Characterization Of Hydrocarbon Microseepages In The Tucano Basin,(Brazil) Through Hyperspectral Classification And Neural Network Analysis Of Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer (Aster) Data. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38.
- Lang , H., & Nadeau, P. (1984). Petroleum commodity report. Joint NASA/Geosat test case project final report: Tulsa, Oklahoma. *AAPG*, (pt 2), 10-1.
- Lang, H., Aldeman, W., & Sabins Jr, F. (1985). Patrick Draw, Wyoming–petroleum test case report. The Joint NASA/Geosat Test Case Project: Final report. *AAPG Special Publication*, 2,11-1.
- Li, Y., & Zhen, L. (2016). Joint control over reservoirs by faults and uplifts: formation of large-scale gas. *China Petroleum Exploration*, 21(1), 44.
- Maulana, F., Yogiswara, G., Fairuz, S., Maudysha, A., & Nugroho, U. (2020). Remote Sensing Aplication and Geochemical Studies for Hydrocarbon-Induced Alterations Discoveries in Western Kendeng Zone. *Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Digital Technical Conference*.
- Noomen, M., Skidmore, A., & Van der Meer, F. (2003). Detecting the influence of gas seepage on vegetation, using hyperspectral remote sensing. *ITC,Enschede*.
- Petrovic, A., Khan, S., & Chafetz, H. (2008). Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah. *Marine and Petroleum Geology*, 25(8),696-705.
- Rencz, A., & Ryerson, R. (1999). Manual of remote sensing, remote sensing for the earth sciences (Vol. 3). *John Wiley & Sons*.
- Richers, D., Jones, V., Matthews, M., Maciolek, J., Pirkle, R., & Sidle, W. (1986). The 1983 Landsat soil-gas geochemical survey of Patrick Draw area, Sweetwater county. *Wyoming AAPG bulletin*, 70(7), 869-887.
- Saunders , D., Ray Burson, K., & Keith Thompson, C. (1991). Observed relation of soil magnetic susceptibility and soil gas hydrocarbon analyses to subsurface hydrocarbon accumulations. *AAPG bulletin*, 75(3), 389-408.
- Saunders, D., Burson, K., & Thompson , C. (1999). Model for hydrocarbon microseepage and related near-surface alterations. *AAPG bulliten*, 83(1), 170-185.

Aydınlı, O., H. & Pashaei, H., M. & Aydemir, S., H. & Güler, Ü. & Çakır, D., M. & Aydemir, S. & Kavlak, Ö., M. (2021). Hidrokarbon Mikro Sızıntılarının UA Yöntemleri İle Tespit Edilmesi ve UA'nın Hidrokarbon Keşiflerinde Yeni Bir Teknik Olarak Kullanılması. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 4 (2): 28-37.

Shumacher, D., & Abrams, M. (1996). Hydrocarbon Migration and Its Near-surface Expression: Outgrowth of the AAPG Hedberg Research Conference, Vancouver, British Columbia. AAPG.

Staskowski, R. (2004). Utility of Aster For Detecting Hydrocarbon. *AAPG Annual Convention*, 1-2.

Tedesco, S. (2012). Surface geochemistry in petroleum exploration. *Springer Science & Business Media* .

Van der Meer, F., Van der Werff, H., Van Ruintenbeek, F., Hecker, C., Bakker, W., Noomen , M., & Woldai, T. (2012). Multi-and hyperspectral geologic remote sensing: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformaiton*, 14(1), 112-128.

Veena Malhotra, R., Birnie, R., & Johnson, G. (1990). Detection of surficial changes associated with hydrocarbon seepage Sheep Mountain anticline, Bighorn basin, Wyoming. *In Thematic conference on remote sensing for exploraiton geology*, 1097-1110.

Wang , J., Liu, S., Li, J., Zhang, Y., & Gao, L. (2011). Characteristics and causes of Mesozoic reservoirs with extra-low permeability and high water cut in northern Shaanxi. *Petroleum Exploration and Development*, 38(5), 583-588.

Yang , H., Meer, F., Zhang , J., & Kroonenberg, S. (2000). Direct detection of onshore hydrocarbon microseepages by remote sensing techniques. *Remote Sensing Reviews*, 18(1), 1-18.