

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Tekniği ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Yeraltı Suyu Potansiyel Alanlarının Belirlenmesi: Demirören – Sarıçiçek Havzası'nda (Gümüşhane) Bir Vaka Çalışması

Mustafa Ceylan^{*1}, Alaaddin Vural^{*2}

¹ Harita Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye; ORCID: ID/0000-0002-8146-3925

² Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye; ORCID: ID/0000-0002-0446-828X

(mustafaceylan5865@hotmail.com; alaaddinvural@hotmail.com)

Özet – Yeraltı sularının aşırı kullanımı ve yıllar içinde iklimdeki belirgin değişiklikler, yeraltı suyu kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturmuştur. İnsan tüketimi, tarımsal ve endüstriyel kullanımlar için dünya genelinde içme suyu talebi arttıkça, yeraltı suyu potansiyelini değerlendirme ihtiyacı da artmıştır. Son yıllarda coğrafi bilgi sistemlerine dayalı çalışmalar, hızlı olması ve sonraki gelişmeler için kaynak olarak ilk elden bilgi sağlamasından dolayı yeraltı suyu aramalarında büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmada; yeraltı sularını besleme potansiyeli olan ve Gümüşhane ili Demirören – Sarıçiçek köylerinde bulunan bir havza, araştırma için ele alınmıştır. Çalışmada coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) tekniklerinin bir kombinasyonu kullanılmıştır. Yağış, toprak derinlik, litoloji, jeomorfoloji, eğim, fay, drenaj ve arazi kullanımı olmak üzere 8 tematik katman hazırlanmış ve bu katmanlar ayrı ayrı haritalanmıştır. Analitik hiyerarşi süreci tekniği ile, tematik haritalarda her bir sınıfa ağırlık atanmış ve bir karar matrisi oluşturulmuştur. Son olarak; ağırlıklı çakıştırma analizi ile bir yeraltı suyu potansiyel haritası oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda havzanın; %7.32 çok düşük, %71.99 düşük, %17.99 orta ve %2.68 yüksek düzeyde yeraltı suyu potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Yeraltı Suları, Gümüşhane, Türkiye

I. GİRİŞ

Vazgeçilmez temel bir ihtiyaç olan su, günümüzde içme – kullanma, enerji üretimi, tarımsal faaliyetler, tabiat ve sanayi suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında olduğu kadar ekonomik ve sosyal kalkınmada da hayati bir öneme sahiptir. Bununla birlikte, su kaynaklarının sınırlı miktarda olması ve stratejik değere sahip olması, bu kaynakların; rasyonel, etkin, adil ve sürdürülebilir kullanımını ve yönetimini gerekli kılmaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak su kıtlığı dönemine girilirken sürekli artan nüfus; içme, kullanma ve sulama suyu yanında endüstriyel su kullanımında da artışa neden olmaktadır. Bundan dolayı toplam su tüketiminde

sürekli bir artış söz konusudur. Bu artış; yüzey sularının yetersiz olduğu ya da hiç olmadığı alanlarda mevcut yeraltı suyu kaynaklarının ihtiyaç olan su talebine yeterli gelmemesi sebebiyle, yeraltı suyu kaynakları üzerinde baskıya sebebiyet vermektedir. Yeraltı suyu kaynakları üzerindeki bu baskının yanı sıra kirlilik faktörü ve iklim değişikliği, kullanılabilir durumdaki yeraltı suyu kaynaklarını ciddi boyutlarda tehdit etmektedir. Bu tehdidi minimuma indirmeyi amaçlayan yeraltı suyu kaynakları yönetiminde ana hedef, gerçekleştirilen ekonomi kuralları çerçevesinde yapılan teknik çalışmaları idari ve hukuki bir yapı

ile destekleyerek sürdürülebilir bir yönetim olmalıdır [1].

Bu sebeple; yeraltı suyu potansiyelinin belirlenmesi ve haritalanması; sürdürülebilir yeraltı suyu yönetimi için oldukça önemlidir. Bu bağlamda CBS teknolojileri; yer bilimlerinde, havza analizinden çevre kirliliği tespitine kadar birçok alanda etkin olarak kullanılmaktadır. [2]–[17]. Bu çalışmada; Gümüşhane ili Demirören – Sarıçiçek köylerinde bulunan (Şekil 1) ve yeraltı sularını besleme potansiyeli göz önünde bulundurularak seçilen bir havzanın, AHS tekniği ve CBS teknolojileri kullanılarak yeraltı suyu potansiyelinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmayla havza alanı için gerekli haritalar CBS yardımıyla üretilmiş, haritalar çakıştırılmış ve yeraltı suyu potansiyeli haritalanarak alansal hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

A. Çalışma Sahası Kısa Tarihi ve Jeolojisi

Çalışma alanlarından Demirören köyü, 16. ve 17. yüzyıl kayıtlarında “Demir Viranı” adıyla bir mezra olarak geçmektedir. Osmanlı kayıtlarına göre 1951 yılında yerleşimde 10 hristiyan ve 9 müslüman olmak üzere 19 neferin yaşadığı gözlemlenirken, 1642 yılı kayıtlarına göre ise köyde 3 neferin yaşadığı gözlemlenmektedir. Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşuyla beraber uzun yıllar “Demirveren” ismiyle Kale nahiyesine bağlı köy statüsündeki yerleşimin adı, 1955 yılından itibaren günümüzdeki adıyla kayıtlarda yer almaya başlamıştır [18].

Çalışma alanlarından Sarıçiçek köyünün; eski adı İşkilas’tır. Türkiye Cumhuriyeti’nin kurulmasından sonra çıkartılan 7267 sayılı kanunla köyün adı değiştirilmiş ve şu anki ismiyle kayıtlarda yer almaya başlamıştır [18].



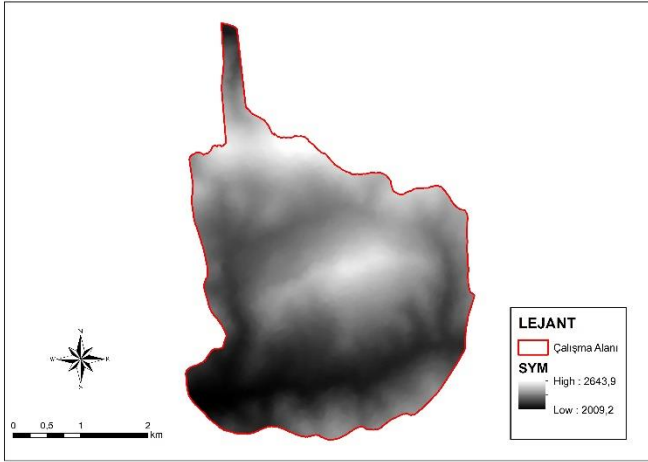
Şekil 1. Çalışma Alanının Google Earth Görüntüsü

Demirören köyü ve yakın çevresi Doğu Karadeniz Tektonik Birliği içinde yer almaktadır [7], [19]–[27]. Bu tektonik birlik üç zon olarak ele alınmakta olup, çalışma sahası Kuzey-Güney Geçiş zonu içinde yer almaktadır. Bölgenin temel kayaları çalışma alanının daha güney kesimlerde yüzlek vermekte olup, bunlar Erken-Orta Karbonifer metamorfik kayalar ve Orta-Geç Karbonifer yaşlı granitoidlerdir [28]–[33]. Bu birimler üzerine ise Liyas yaşlı volkano-tortul kayalar yüzeylenmektedir. Bu birimler de sahanın genellikle güney/güneybatısında gözlenmektedir. Liyas kayaları ise Geç Kretase-Erken Kretase kireçtaşları tarafından uyumlu olarak örtülmektedir [34]. Demirören ve yakın çevresinde Mezozoyik-Senozoyik zaman aralığında yüzeylenen kayalar bulunmakta olup, en altta üst Kretase yaşlı andezit-bazalt tipte volkanik ve bunların piroklastlarıdır. Bu kayalar volkano-tortul karakterdedir [35]–[37]. Bu birimler yine aynı yaşlı kireçtaşlarınca örtülmektedir [27], [38], [39]. Üst Kretase volkanikleri üzerine ise Orta-Geç Eosen dönemine ait taban konglomerası ve akabinde ise volkano-tortul kayalar (Alibaba Formasyonu) gelir [20], [26]. Bu volkano-tortul kayalar ise Geç Eosen granodiyorit- kuvars porfir türündeki granitik kayaç tarafından kesilmektedir [20], [40], [41]. Çalışma sahasında en genç birimler ise yamaç molozları, alüvyonlar ve küçük maden suyu çıkış alanlarında gelişmiş olan güncel travertenlerdir [42]–[48].

B. Metot

Çalışma için yeraltı suyu potansiyelini haritalamada kullanılacak 8 tematik katman; yağış, toprak derinlik, litoloji, jeomorfoloji, eğim, fay, drenaj ve arazi kullanımı olarak belirlenmiştir. Bir CBS yazılımı olan ArcGIS 10.8 kullanılarak bu tematik katmanlar ayrı ayrı haritalanmıştır.

Öncelikli olarak çalışma alanına ilişkin 5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir (Şekil 2). Yeraltı suyu potansiyelini haritalamada kullanılacak haritalardan olan yağış, jeomorfoloji, drenaj yoğunluğu ve eğim haritaları; başka hiçbir veriye ihtiyaç duyulmaksızın direk SYM kullanılarak üretilmiştir.



Şekil 2. Demirören - Sarıççek Havzası Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

Çalışma alanına ilişkin arazi kullanım haritası, Copernicus Land Monitoring Service (Copernicus Arazi İzleme Servisi) [49]'nden temin edilen arazi kullanım / arazi örtüsü verileri kullanılarak, ArcGIS 10.8 yazılımı ile üretilmiştir. Fay yoğunluk haritası, Google Earth tabanlı uydu görüntüsünden muhtemel tektonik hatların sayısallaştırılması ve arazi gözlemleri sonucu elde edilen fay verilerinin ArcGIS 10.8 yazılımında işlenmesi sonucu üretilmiştir. Toprak derinlik haritası, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nden elde edilen toprak verilerinin ArcGIS 10.8 yazılımında işlenmesi sonucu üretilmiştir. Litoloji haritası Güven [50]'e ait 1/100 000 Ölçekli bölge kompilasyon haritası sadeleştirilerek üretilmiştir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Tekniği ile Yeraltı Suyu Potansiyel Haritasının Üretimi

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniği, Thomas L. Saaty tarafından çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanmaya uygun bir model olarak 1977 yılında geliştirilmiştir. Yaygın kullanılan ve iyi bilinen çok kriterli analiz yöntemlerinden biri olan AHS tekniği, birden çok kriterle bağlı bir problemin çözümünde, kullanıcıların kriterlerin ağırlıklarını belirlemesine olanak sağlamaktadır [51]. Bu teknikte problem, bir hiyerarşiye oturtulur ve hiyerarşiyi oluşturan kriterlerin ağırlıkları hesaplanır [52]. Kriterlerin birbirine göre karşılıklı olarak değerlendirilmesinde Saaty [53] tarafından önerilen tercih ölçeğinden (Tablo 1) yararlanılarak bir puanlama yapılır ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Tablo 2).

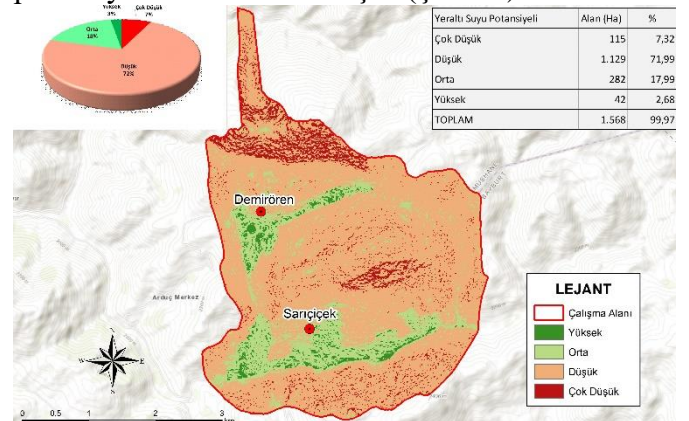
Tablo 1. AHS Yönteminde Kullanılan İkili Karşılaştırma Tercih Ölçeği [53].

Önem Derecesi	Açıklama
1	Kriterler eşit öneme sahip
3	1. kriter 2. kriter göre biraz daha önemli
5	1. kriter 2. kriter göre fazla önemli
7	1. kriter 2. kriter göre çok fazla önemli
9	1. kriter 2. kriter göre en kuvvetli öneme sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Tablo 2. AHP Karar Matrisi Tablosu

Kriter	a	b	c	d	e	f	g	h			
Jeomorfoloji (a)	1	2	2	4	3	3	2	3			
Fay Yoğunluğu (b)	1/2	1	2	2	3	2	3	4			
Arazi Kullanımı (c)	1/2	1/2	1	3	4	4	3	3			
Litoloji (d)	1/4	1/2	1/3	1	2	3	2	3			
Eğim (e)	1/3	1/3	1/4	1/2	1	3	4	2			
Toprak (f)	1/3	1/2	1/4	1/3	1/3	1	2	2			
Drenaj Yoğunluğu (g)	1/2	1/3	1/3	1/2	1/4	1/2	1	3			
Yağış (h)	1/3	1/4	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1			
Toplam	3,75	5,42	6,50	11,67	14,08	17,00	17,33	21,00			
Jeomorfoloji (a)	0,27	0,37	0,31	0,34	0,21	0,18	0,12	0,14	1,93	0,24	24,18%
Fay Yoğunluğu (b)	0,13	0,18	0,31	0,17	0,21	0,12	0,17	0,19	1,99	0,19	18,84%
Arazi Kullanımı (c)	0,13	0,09	0,15	0,26	0,28	0,24	0,17	0,14	1,47	0,18	18,40%
Litoloji (d)	0,07	0,09	0,05	0,09	0,14	0,18	0,12	0,14	0,87	0,11	10,91%
Eğim (e)	0,09	0,06	0,04	0,04	0,07	0,18	0,23	0,10	0,81	0,10	10,07%
Toprak (f)	0,09	0,09	0,04	0,03	0,02	0,06	0,12	0,10	0,54	0,07	6,77%
Drenaj Yoğunluğu (g)	0,13	0,06	0,05	0,04	0,02	0,03	0,06	0,14	0,54	0,07	6,77%
Yağış (h)	0,09	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,35	0,04	4,33%
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	100,00%

Katmanlara ilişkin üretilmiş tematik haritalar, ArcGIS 10.8 yazılımında ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) analizi ile çakıştırılmış ve Demirören – Sarıççek havzasına ilişkin yeraltı suyu potansiyel haritası üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. AHS Tekniği Kullanılarak Üretilen Yeraltı Suyu Potansiyel Haritası

II. BULGULAR

AHS tekniğine göre üretilen yeraltı suyu potansiyel haritası için yapılan değerlendirmelerde çalışma alanının %2.68 (42 ha) yüksek, %17.99 (282 ha) orta, %71.99 (1.129 ha) düşük ve %7.32 (115 ha) çok düşük derecede yeraltı suyu potansiyeli taşıdığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çalışma Alanı Yeraltı Suyu Potansiyel Alanlarının Derecelerine Göre Dağılımı

Yeraltı Suyu Potansiyeli	Alan (ha)	Alan (%)
Çok Düşük	115	7.32
Düşük	1.129	71.99
Orta	282	17.99
Yüksek	42	2.68
TOPLAM	1.568	99.97

III. SONUÇLAR

Bu çalışma, Gümüşhane ili Demirören – Sarıçiçek köyünde çalışma alanı olarak belirlenen bir havzadaki yeraltı suyu potansiyel alanlarının tespitini ele almaktadır. Çalışmanın temel amacı, yeraltı suyu potansiyelini haritalamada AHS tekniği ve CBS teknolojilerinin kullanılabilirliğini araştırmaktır. Literatür araştırmalarından da yola çıkılarak, yeraltı suyu potansiyelini haritalamada; yağış, toprak derinlik, litoloji, jeomorfoloji, eğim, fay, drenaj ve arazi kullanımı olmak üzere 8 katman değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Sonuç harita, “çok düşük, düşük, orta ve yüksek” alanlar olmak üzere 4 sınıfta toplanmıştır. Çalışma sonucunda; 1.568 ha toplam alanın, 1.129 ha'nın (%80.79) yeraltı suyu potansiyelinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu analiz sonucunda, bu havzanın yeraltı suyu potansiyeli olarak genel olarak zayıf olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma ile, yeraltı su kaynaklarının etkin yönetimi için bir altlık sunulmaya çalışılmıştır. Bu yeraltı suyu potansiyel haritasının, Demirören – Sarıçiçek havzasında karar vericilerin daha iyi planlama yapmasına yardımcı olabileceği düşünülmüştür. Yeraltı suyu potansiyelinin değerlendirilmesi, sondaj kuyuları için uygun yer seçiminde de yardımcı olacaktır. Ayrıca bu çalışmayla; Gümüşhane ya da başka bir bölgede yeraltı suyu potansiyeli haritalama çalışmalarına yönelik bir farkındalık oluşturulmaya çalışılmıştır.

TEŞEKKÜR/KATKI BELİRTME

Bu çalışma Birinci Yazar'ın Doktora Seminer çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] A. H. Sargın, *Yeraltı Suları*. Ankara, Türkiye: DSİ Genel Müdürlüğü, 2010.
- [2] A. Vural ve D. Aydal, “Determination of Lithological Differences and Hydrothermal Alteration Areas by Remote Sensing Studies: Kısacık (Ayvacık-Çanakkale, Biga Peninsula, Turkey)”, *Journal of*

- [3] D. Aydal, A. Vural, ve O. Polat, “Volkanik kayalarda baz metal ve altın içeren hidrotermal altere alanların Landsat 7 TM ile tanımlanması ve verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi : Bayramiç (Çanakkale) çalışmaları”, içinde *57. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 2004, ss. 89–90.
- [4] A. Vural, Ö. Çorumluoğlu, ve İ. Asri, “Investigation of alteration areas by Crosta using LANDSAT images for Old Gumushane (Suleymaniye) and its near vicinity”, *Journal of Natural Science Institute of Gumushane University*, c. 2, sayı 1, ss. 36–48, 2012.
- [5] A. Vural, Ö. Çorumluoğlu, ve İ. Asri, “Investigation of Litologic structures and Alterations in Hazine Cave and Dere Mine regions in Turkey by Remote Sensing Techniques”, içinde *TUFUAB VI. Technical Symposium*, 2011.
- [6] A. Vural, O. Corumluoglu, ve I. Asri, “Zeolitleşmelerin Uzaktan Algılama Metotlarıyla Tespit Edilmesi: Gördes (Manisa) Örneği”, içinde *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 2013.
- [7] A. Vural, Ö. Corumluoglu, ve İ. Asri, “Remote sensing technique for capturing and exploration of mineral deposit sites in Gumushane metallogenic province, NE Turkey”, *Journal of the Geological Society of India*, c. 90, sayı 5, ss. 628–633, Kas. 2017, doi: 10.1007/s12594-017-0762-0.
- [8] O. Corumluoglu, A. Vural, ve I. Asri, “Determination of Kula basalts (geosite) in Turkey using remote sensing techniques”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 8, sayı 11, ss. 10105–10117, 2015, doi: 10.1007/s12517-015-1914-4.
- [9] M. Ceylan ve A. Vural, “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi ile Yeraltı Suyu Potansiyel Alanlarının Tespiti: Gökdere Havzası (Gümüşhane) Örneği”, içinde *2nd International Conference on Scientific and Academic Research*, 2023, ss. 342–349.
- [10] D. Aydal, A. Vural, İ. Taşdelen Uslu, ve E. G. Aydal, “Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin LANDSAT 7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi”, içinde *1. Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli*, 2006, s. 11.
- [11] A. Vural ve D. Aydal, “Soil geochemistry study of the listvenite area of Ayvacık (Çanakkale, Turkey)”, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, c. 18, sayı 3, ss. 205–215, 2020.
- [12] A. Vural ve D. Aydal, “Soil geochemical prospecting at listvenite area, Bayramiç, (Çanakkale Turkey)”, içinde *34th National and the 2nd International Geosciences Congress*, 2016.
- [13] D. Aydal, A. Vural, İ. Taşdelen Uslu, ve E. G. Aydal, “Crosta Technique Application on Bayramic (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area by Using Landsat 7 TM Data”, içinde *30th Anniversary Fikret Kurtman Geology Symposium*, 2006, s. 195.
- [14] A. Vural ve D. Aydal, “Using soil geochemistry for gold exploration: Ayvacık (Çanakkale-Northwest Turkey)”, içinde *34th National and the 2nd*

- International Geosciences Congress*, 2016.
- [15] D. Aydal, A. Vural, İ. Taşdelen Uslu, ve E. G. Aydal, "Investigation of Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakale) mineral enhancement region by Crosta technique with LANDSAT 7 ETM+ bands.", içinde *Technical University of Istanbul, First Remote Sensing Workshop and Panel*, 2006, s. 11.
- [16] D. Aydal, A. Vural, İ. Taşdelen Uslu, ve E. G. Aydal, "Crosta Technique Application on Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area by Using Landsat 7 Etm+ Data.", *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Selcuk University*, c. 22, sayı 3, ss. 29–40, 2007.
- [17] A. Vural, İ. Akpınar, ve F. Sipahi, "Mineralogical and Chemical Characteristics of Clay Areas, Gümüşhane Region (NE Turkey), and Their Detection Using the Crósta Technique with Landsat 7 and 8 Images", *Natural Resources Research*, c. 30, sayı 6, ss. 3955–3985, Ara. 2021, doi: 10.1007/s11053-021-09912-7.
- [18] A. Demir, "1642 Tarihli Avârız Defterine Göre Koğans Kazası", *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 11, sayı 2, ss. 505–529, 2012.
- [19] A. Vural, "Gold and Silver Content of Plant *Helichrysum Arenarium*, Popularly Known as the Golden Flower, Growing in Gümüşhane, NE Turkey", *Acta Physica Polonica A*, c. 132, sayı 3–II, ss. 978–980, Eyl. 2017, doi: 10.12693/APhysPolA.132.978.
- [20] A. Vural, İ. Akpınar, A. Kaygusuz, ve F. Sipahi, "Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey)", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 1, ss. 1703–1716, 2021.
- [21] A. Vural, "Demirören (Gümüşhane) Fe-Skarn Yatağının Jeolojik, Jeokimyasal ve Köken Özellikleri Açısından İncelenmesi", 2016.
- [22] A. Vural, "Demirören (Gümüşhane) ve Çevre Kayaçlarının Element İçeriklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından İncelenmesi", içinde *71. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 2018, ss. 885–886.
- [23] A. Vural, "Assessment of Radiation Exposure Risks of Villagers Living in Sites Close to Hydrothermal Alteration Areas: Demirören, Gümüşhane/NE Turkey", içinde *3rd International Health Sciences and Management Conference*, 2018, ss. 298–305.
- [24] A. Vural, "Demirören/Gümüşhane-Türkiye Kuvars Porfiri Kayacı ve İlişkili Skarn-Metasomatizmanın Jeokimyasal Özellikleri", *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, c. 7, sayı 13, ss. 97–121, Oca. 2020, doi: 10.38065/euroasiaorg.394.
- [25] A. Vural ve S. Safari, "Phytoremediation ability of *Helichrysum arenarium* plant for Au and Ag: case study at Demirören village (Gümüşhane, Turkey)", *Gold Bulletin*, c. 55, sayı 2, ss. 129–136, Eki. 2022, doi: 10.1007/s13404-022-00313-z.
- [26] A. Vural, İ. Akpınar, ve A. Kaygusuz, "Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1828–1842, 2021.
- [27] A. Vural, "Contamination assessment of heavy metals associated with an alteration area: Demirören Gumushane, NE Turkey", *Journal of the Geological Society of India*, c. 86, sayı 2, ss. 215–222, Ağu. 2015, doi: 10.1007/s12594-015-0301-9.
- [28] G. Topuz vd., "Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey)", *Lithos*, c. 116, sayı 1–2, ss. 92–110, Nis. 2010, doi: 10.1016/j.lithos.2010.01.003.
- [29] A. Kaygusuz, M. Arslan, W. Siebel, F. Sipahi, ve N. İlbeyli, "Geochronological evidence and tectonic significance of Carboniferous magmatism in the southwest Trabzon area, eastern Pontides, Turkey", *International Geology Review*, c. 54, sayı 15, ss. 1776–1800, 2012, doi: 10.1080/00206814.2012.676371.
- [30] A. Vural ve A. Kaygusuz, "Paleozoyik Yaşlı Artabel Plütununun (Gümüşhane) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri", içinde *3. Uluslararası GAP Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi*, 2019.
- [31] A. Vural ve A. Kaygusuz, "Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey)", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1216–1228, 2019.
- [32] A. Vural ve F. Erşen, "Geology, mineralogy and geochemistry of manganese mineralization in Gumushane, Turkey", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı June, ss. 1051–1059, 2019.
- [33] A. Vural ve M. Erdoğan, "Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası", *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 4, sayı 1, ss. 1–15, 2014.
- [34] S. Pelin, "Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelenmesi", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları*, ss. 87–103, 1977.
- [35] S. Güner, E. Yazıcı, Ö. Dursun, ve S. Akyürek, "Gümüşhane-Demirören Sahasının Maden Jeolojisi Raporu", Ankara, 2012.
- [36] A. Vural ve F. Sipahi, "Demirören (Gümüşhane) Altın Zenginleşme Sahasında Toprak ve Bitki Jeokimyası Çalışması. Sonuç Raporu. Gümüşhane Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü (Proje No: 13.F511.02.2)", Gümüşhane, Türkiye, 2013.
- [37] A. Vural, "Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of Robinia pseudoacacia, in Gumushane, Northeastern Turkey", *Ekoloji*, c. 22, sayı 89, ss. 1–10, 2013, doi: 10.5053/ekoloji.2013.891.
- [38] A. Vural, "Investigation of the relationship between rare earth elements, trace elements, and major oxides in soil geochemistry", *Environmental Monitoring and Assessment*, c. 192, sayı 2, s. 124, Şub. 2020, doi: 10.1007/s10661-020-8069-9.
- [39] A. Vural ve A. Gündoğdu, "High-fluoride risk and toxicity in surface waters in Gümüşhane-Gökdere valley drainage network (NE Turkey)", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 9, sayı 1, ss. 1323–1334, 2020.

- [40] A. Vural, "Relationship between the geological environment and element accumulation capacity of *Helichrysum arenarium*", *Arabian Journal of Geosciences*, c. 11, sayı 11, s. 258, Haz. 2018, doi: 10.1007/s12517-018-3609-0.
- [41] A. Vural ve A. Kaygusuz, "Geochronology, petrogenesis and tectonic importance of Eocene I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey", *Arabian Journal of Geosciences*, c. 14, sayı 6, s. 467, Mar. 2021, doi: 10.1007/s12517-021-06884-z.
- [42] A. Vural, "Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahlarına Dair Farkındalık Oluşturulması : Eski Gümüşhane - Dörtkonak Güzergahı", *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, c. 10, ss. 250–274, 2019.
- [43] A. Vural, "Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahlarına Dair Farkındalık Oluşturulması: Eski Gümüşhane-Dört Konak Güzergahı", içinde *II. International Sustainable Tourism Congress*, 2018, ss. 533–542.
- [44] A. Vural, "Zenginleştirilmiş Jeoturizm Rotası: Karadağ ve Artabel Gölleri", içinde *71. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 2018, ss. 481–482.
- [45] A. Vural ve G. Külekçi, "Bahçecik (Gümüşhane) ve Yakın Çevresi Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahı", içinde *UMTEB 11. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, 2021.
- [46] A. Vural, "Gümüşhane-Zigana Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahı", içinde *II. International Sustainable Tourism Congress*, 2018, ss. 607–617.
- [47] A. Vural ve G. Külekçi, "Zenginleştirilmiş Jeoturizm Güzergahı:Gümüşhane-Bahçecik Köyü (Enriched Geotourism Route: Gümüşhane-Bahçecik Village)", *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, c. 8, sayı 19, ss. 1–23, 2021, doi: 10.38065/euroasiaorg.894.
- [48] A. Vural, E. Şahin, ve S. Güner, "Terkedilmiş Maden Sahalarının Jeoturizm-Jeosit Potansiyeli, Gümüşhane, Türkiye", içinde *66. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 2013, ss. 348–349.
- [49] Corine, "Copernicus Arazi İzleme Servisi", 2023. [Çevrimiçi]. Available at: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. [Erişim: 10-Mar-2023].
- [50] İ. H. Güven, *Doğu Pontidlerin 1/100.000 Ölçekli Kompilasyonu*. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü, 1993.
- [51] E. Kavas, "Analitik Hiyerarşik Süreç Yöntemiyle İzmir İlinde Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelenmesi", içinde *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi (CBS2009)*, 2009.
- [52] D. Öztürk ve F. Batuk, "Konumsal Karar Problemlerinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması", *Yıldız Teknik Üniversitesi Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, c. 28, ss. 124–137, 2010.
- [53] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, USA: McGraw-Hill Comp, 1980.