



**OBRUK TEHLİKESİNİN ELEKTRİK
ÖZDİRENÇ VE SIZMA HIZI DENEYİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emel BİLGİÇ

Eskişehir 2024

**OBRUK TEHLİKESİNİN ELEKTRİK ÖZDİRENÇ VE SIZMA HIZI DENEYİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Emel BİLGİÇ

Yüksek Lisans Tezi

Yer Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2024

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Emel BİLGİÇ'nin OBRUK TEHLİKESİNİN ELEKTRİK ÖZDİRENÇ VE SIZMA HIZI DENEYİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ başlıklı çalışması 03/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Yer Bilimleri Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Üye

: Prof.Dr.HakanAhmetNEFESLİOĞLU

Üye

: Doç. Dr. Savaş KARABULUT

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Emel BİLGİÇ, OBRUK TEHLİKESİNİN ELEKTRİK ÖZDİRENÇ VE SIZMA HIZI DENEYİ İLE DEğERLENDİRİLMESİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

ÖZET

OBRUK TEHLİKESİNİN ELEKTRİK ÖZDİRENÇ VE SIZMA HIZI DENEYİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Emel BİLGİÇ

Yer Bilimleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2024

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Bu çalışma Eskişehir Sivrihisar Sığırcık Köyü civarında son yıllarda obruk oluşumunun artması nedeniyle oluşabilecek obruk tehlikesini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda obruk oluşumu alanında Elektrik Rezistivite Tomografi yöntemi ve Sızma Hızı Deneyi yapılmıştır. Elektrik Rezistivite Tomografi yönteminden elde edilen muhtemel obruk alanları ve genişleme alanları tespit edilmiş, tespit edilen bu alanlarda yapılan Sızma Hızı Deney çalışmaları; jeolojik yapıya bağlı, içerisinde jips içeren yapıların yüzey su akışlarından kaynaklı erimeleri sonucu oluştuğu ve yeni obrukların da oluşabileceği sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmalar bağlamında bölgede daha detaylı incelemelerde bulunmak üzere jeofizik ve sızma hızı deneylerine ek olarak obruk oluşum sebebini belirlenebilmesinde iki boyutlu sismik kırılma ölçümlerinin yapılması doğru olacaktır. Aynı zamanda sondaj ve araştırma çukurlarının da açılarak zemin yapısının belirlenebilmesi için gerekli parametrelerin hesaplanarak değerlendirme yapılması gereği doğmuştur.

Anahtar Sözcükler: Elektrik rezistivite tomografisi, Sızma hızı deneyi, Obruk oluşumu

ABSTRACT

ASSESSMENT OF SINKHOLE HAZARD USING ELECTRICAL RESISTIVITY AND INFILTRATION RATE EXPERIMENT

Emel BİLGİÇ

Department of Earth Sciences Department

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2024

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Emrah PEKKAN

This study aims to investigate the potential sinkhole hazards due to the increase in sinkhole formation in recent years around the village of Sığircık in Sivrihisar, Eskişehir. Within this scope, Electrical Resistivity Tomography (ERT) method and Infiltration Rate Experiment were conducted in the sinkhole formation area. Possible sinkhole areas and expansion zones were identified from the Electrical Resistivity Tomography method, and in the Infiltration Rate Experiment studies conducted in these identified areas, it was concluded that the structures containing gypsum, depending on the geological structure, formed as a result of surface water flows, leading to erosion, and that new sinkholes could also form.

In the context of the studies conducted, in addition to geophysics and infiltration rate experiment for more detailed investigations in the region, it would be appropriate to conduct two-dimensional seismic refraction measurements to determine the cause of sinkhole formation. At the same time, it has become necessary to open boreholes and research pits to calculate and evaluate the necessary parameters for determining the ground structure.

Keywords: Electrical resistivity tomography, Infiltration rate experiment, Sinkhole formation

TEŞEKKÜR

Akademik çalışmamda bana yol gösteren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN'a, tez sürecim boyunca arazi çalışmamda yanımda bulunup bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Teknik Uzman Metin MIHÇI'ya, tezimin son aşamasında engin bilgileri ile beni yönlendirip desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi İsmail DEMİRCİ'ye, saha çalışmamda jeofizik ERT cihazının kullanımına izin veren Armes Yerbilimleri Danışmanlık A.Ş sahibi Onur AKIN'a, Jeofizik Mühendisleri Adem ERAT ve Ali GENÇ'e, sızma hızı deney çalışmamızda yardımcı olan teknisyen Fatih ÖZTÜRK ve Dr. Hasan Burak ÖZMEN'e, her zaman yanımda olan ve desteklerini benden hiç esirgemeyen biricik oğullarım Berkay Bulut ve Çınar Ata'ya sonsuz teşekkür ederim.

Emel BİLGİÇ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Emel BİLGİÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Hipotez.....	2
1.2. Bölgesel Stratigrafi.....	2
1.2.1. Seydiler formasyonu (Tms)	3
1.2.2. Hacısali kireçtaşı (Tmha).....	3
1.2.3. Karakaya bazaltı (Tmk)	3
1.2.4. Gömü formasyonu (Tmg)	3
1.2.5. Bahçecik çakıltası (Tmba)	4
1.2.6. Uruş formasyonu (Tmur)	4
1.2.7. Kırmızıbayır formasyonu (Tmkı)	4
1.2.8. Kıran formasyonu (Tplk)	4
1.2.9. Bağlıca formasyonu (Tplb)	5
1.2.10. Pörnek formasyonu (Qp)	5
1.2.11. Başkonak formasyonu (Qb).....	5
1.2.12. Eski alüvyon yelpazesi (Qeay)	5
1.2.13. Eski akarsu çökelleri (Qea)	5

1.2.14. Yamaç molozu (Qym)	5
1.2.15. Alüvyon yelpazesi (Qay)	5
1.2.16. Alüvyon (Qal).....	6
1.3. Çalışma Alanı Jeolojisi	6
1.3.1. Uruş formasyonu (Tmur)	6
1.4. Önceki Çalışmalar.....	7
1.4.1.Dünyada oluşan obruk ile ilgili çalışmalar.....	7
1.4.2.Türkiye’de obruk ile ilgili çalışmalar	8
2.KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	10
2.1.Obruk	10
2.2.Obruk Oluşum Nedenleri	10
2.3.Obrukların Sınıflandırılması	12
2.3.1.Çözünme obruğu (Solution sinkhole)	13
2.3.2.Çökme obruğu (Collapse sinkhole).....	14
2.3.3.Örtü çökme obruğu (Dropout sinkhole).....	14
2.3.4.Örtülmüş obruk (Buried sinkhole)	14
2.3.5.Örtü kayası çökme obruğu (Caprock sinkhole)	14
2.3.6.Örtü sübsidans (Suffosion sinkhole)	14
2.4.Türkiye’de Obruk Oluşumları	15
3.MALZEME VE YÖNTEM.....	16
3.1.Jeofizik Çalışmalar.....	16
3.2.Sızma Hızı Deneyi	18
3.3.Arazi Çalışmaları	19
3.4. Kullanılan Elektrik Özdirenç Aleti	20
3.4.1. Wenner-Schlumberger yöntemi.....	21
3.5. Yorumlama Yöntemi	21
4.BULGULAR.....	22
4.1. ERT Çözüm ve Jeofizik Değerlendirmeler	22
4.2. Sızma Hızı Deney Değerlendirmesi	31
5.TARTIŞMA.....	35
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36

KAYNAKÇA.....	37
----------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Elektrik özdirenç tomografi profil koordinatları	20
Tablo 4.2. Mavi noktalı eğrinin infiltrasyon sınıflaması (Fetter, 2018).....	33
Tablo 4.3. Sarı noktalı eğrinin infiltrasyon sınıflaması (Fetter, 2018).....	34



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma sahası yer bulduru haritası (Sabah Gazetesi dilsiz Türkiye haritası erişim tarihi 19.07.2024)	1
Şekil 1.2. Eskişehir- J26 pafta kesiti (Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009).....	2
Şekil 1.3. 1/25.000 ölçekli jeolojik harita (Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009).....	6
Şekil 2.4. Obruk tipleri (Waltham ve Fookes, 2005 uyarlanmıştır).	13
Şekil 3.5. Doğru Akım Özdirenç Uygulama Gösterimi (M.E.Candansayar, 2007, Doğru Akım Özdirenç Yöntemi, Elektrik Yöntemler Ders Notu, Ankara).....	17
Şekil 3.6. İnfiltrometre.....	18
Şekil 3.7. (E.Horton, 1875-1945) Sızma Hızı Deneyinden uyarlanmıştır.....	19
Şekil 3.8. Fransız IRIS Syscal ERT cihazın görüntüsü	20
Şekil 3.9. Wenner-Schlumberger elektrot dizilimi	21
Şekil 4.10. Jeofizik çalışmaları google earth uydu görüntüsü	22
Şekil 4.11. ERT-1 Profil hattı	23
Şekil 4.12. ERT-1 Profilinin stratigrafisi.....	23
Şekil 4.13. ERT-2 Profil hattı	25
Şekil 4.14. ERT-2 ve ERT-3 Profil hatlarındaki obruk alanının stratigrafisi.....	25
Şekil 4.15. ERT-2 Üzerindeki muhtemel obruk	26
Şekil 4.16. ERT-3 Profil hattı	27
Şekil 4.17. ERT-4 Profil hattı	28
Şekil 4.18. ERT-4 ve ERT-5 Profil hatlarındaki obruk alanının stratigrafisi.....	28
Şekil 4.19. ERT-4 Üzerindeki muhtemel obruk	30
Şekil 4.20. ERT-5 Profil hattı	30
Şekil 4.21. Saha çalışmasındaki sızma hızı deney düzeneği	31
Şekil 4.22. ERT-4 Profil hattı üzerinde yapılan infiltrasyon uydu görüntüsü	32
Şekil 4.23. İnfiltrasyon eğrisi (1. Ölçüm: Mavi Noktalı Kırmızı Eğri; 2. Ölçüm: Sarı Noktalı Kırmızı Eğri)	33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

f	: Yağışın başlamasından sonra t anındaki sızma kapasitesi
f_o	: Yağışın başlangıcındaki sızma kapasitesi
f_c	: Sızma kapasitesinin erişeceği limit değeri
ohm.m	: Elektriksel direncin metre bazlı ölçüldüğü birim
R	: Direnç
k	: Geometrik Faktör (Elektrot dizilim tekniğine göre değişir)
V	: Ölçülen potansiyel fark (mV)
I	: Yere verilen akım (mA)
ρ_a	: Görünür öz direnç (rezistivite, ohm.m)
π	: Pi sayısı
K	: Dizilim Katsayısı
C	: Akım
P	: Gerilim
a	: Aralık
n	: Tamsayı

1. GİRİŞ

Obruk oluşumları ve nedenleri ile ilgili gerekli teknik çalışmaların yerinde yapılarak çözüm önerileri geliştirerek oluşabilecek doğal afetlerin önüne geçebilmek amaçlı bu çalışma yapılmıştır.

Çalışma alanı Şekil 1.1’de görüldüğü üzere Eskişehir Sivrihisar Sığircık Köyü çevresindeki obruk oluşumlarının yoğunlaştığı bölge olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, sahada yapılan jeofizik ve sızma hızı deney çalışmaları analizleriyle obrukların litolojik açıdan incelenerek oluşma sebepleri araştırılmıştır. Ayrıca doğru akım öz direnç yöntemi ile muhtemel obruk oluşma potansiyeli olan alanlar da belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma sahası yer bulduru haritası (Sabah Gazetesi dilsiz Türkiye haritası erişim tarihi 19.07.2024)

Bölgede karasal iklim hakimdir. Kışları sert ve uzundur. Yazları ise gündüz vakitleri ısı sıcaklığı yüksek, geceleri ise sıcaklık farkı gündüze göre artmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin en büyük etkeni kuraklıktır. Bu kuraklık yeraltısuyunun fazla çekilmesinin de bir sebebidir. Eskişehir ve civarı yazları kurak kışları nispeten ılıman geçse de yağış oranının ne kadar az olduğu ortadadır (Eskişehir İl Kültür ve Turizm

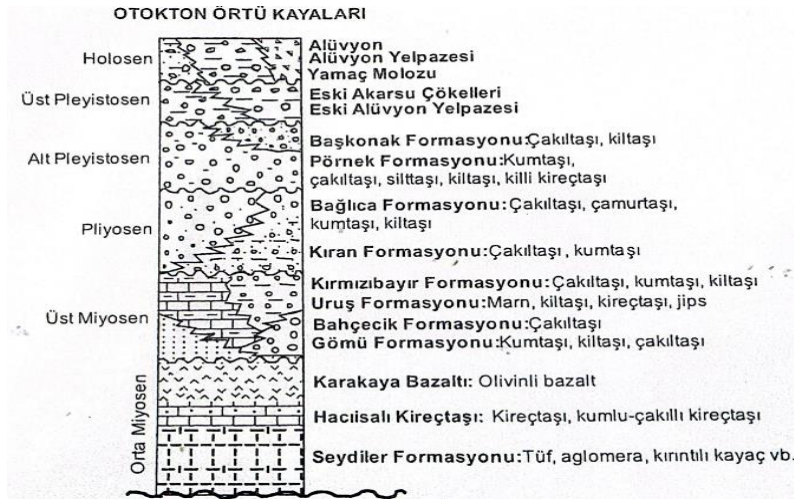
Müdürlüğü, Web sitesi.,2024). İklim de yeraltısularının çekilmesine sebep olmuştur. Dolayısıyla marn, kumtaşı, kireçtaşı gibi gözenekliliği ve geçirimliliği yüksek olan birimlerin içlerinden geçen yeraltısuyu veya yüzeyden süzülen suların obruk oluşumuna sebep olduğu düşünülmektedir.

1.1. Amaç ve Hipotez

Eskişehir Sivrihisar Sığircık köyündeki obruk oluşum ve nedenleri ile ilgili iki boyutlu rezistivite yöntemi ve sızma hızı deneyi çalışmaları ile çöküntü alanlarının ne kadar alana yayılacağı belirlenmesi, alanda oluşmuş olan obrukların litolojik birimlerinin belirlenip uygun yöntemler kullanılarak araştırılması, Sığircık köyündeki yüzey sularının etkisi ile yer içindeki jeolojik yapıda yer alan boşlukların yerinin tayin edilmesi hedeflenmiştir.

1.2. Bölgesel Stratigrafi

Bölgenin stratigrafisi aşağıdaki gibidir. (Şekil 1.2). Stratigrafik kolonun açıklamaları ilişkili alt başlıklarda verilmiştir (Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009).



Şekil 1.2. Eskişehir- J26 pafta kesiti (Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009).

1.2.1. Seydiler formasyonu (Tms)

Birim, Orta Miyosen yaşı t f, aglomera ve epiklastik kayalardan oluşur (Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009). Formasyon; Loras, Midos ve     rler formasyonunu uyumsuz olarak örter.  zerinde ise Hacısali kireçtaşı uyumlu ve geçişli olarak yer alır. Seydiler formasyonu içinde yaş verebilecek fosil bulgusuna rastlanmamıştır. Ancak  alışma alanı dışında birim üzerine gelen Karakaya bazaltında (Metin vd., 1987) jeokronolojik olarak Geç-Orta Miyosen yaşı saptanmıştır (Çevikbaş vd.,1988).

1.2.2. Hacısali kireçtaşı (Tmha)

Orta Miyosen yaşı g lssel kireçtaşlarından oluşan Hacısali kireçtaşı, bu çalışmada tanımlanan bir formasyondur. Birimi oluşturan kireçtaşları orta-ince katmanlı, gri-krem renklidir. Kimi yerde formasyonun taban düzeyi, kumlu ve çakıllı kireçtaşlarını içerir. Hacısali kireçtaşı, Seydiler formasyonu üzerinde uyumlu ve geçişli olarak yer alır. Birimin üzerinde ise Karakaya bazaltı (Metin vd.,1987) bulunur.

1.2.3. Karakaya bazaltı (Tmk)

Orta Miyosen yaşı bazaltlardan oluşan birim, Metin vd., (1987) Karakaya Bazaltı olarak adlandırılmıştır. Formasyon; siyahımsı kahve-siyah renkli ve akıntı yapılı olivinli bazaltları kapsar. Birim Hacısali kireçtaşının üzerine gelir. Birim, Neojen yaşı birimler ( zcan vd., 1989) içinde yer alan bazaltların eşleniğidir.

1.2.4. G m  formasyonu (Tmg)

Geç Miyosen yaşı kırıntılı kayalardan oluşan G m  formasyonu, bu çalışmada adlandırılmıştır. Formasyona hakim olan kayaç kumtaşıdır. Kumtaşları çoğunlukla ince taneli, yer yer iri taneli olup bu iri taneli kumtaşı yüzeyleri küçük çakıllar da içerir. En  st bölümdeki kumtaşları karbonat  imentoludur. G m  formasyonu çok küçük bir alanda Seydiler formasyonu üzerinde kalır. Birimin  st bölümü g l çevresi çökellerini kapsar.

1.2.5. Bahçecik çakıltası (Tmba)

Bahçecik Çakıltası, Geç Miyosen yaşlı çakıltılarından oluşur. Bu çakıllar karbonatlı bir çimentoyla tutturulmuştur. Formasyon Kınık ofiliyeti üzerinde gelişen ve göle açılan yelpaze çökellerinden oluşmuştur.

1.2.6. Uruş formasyonu (Tmur)

Çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, kireçtaşı, marn, jips aralanmasından oluşan birim, Türkecan vd., (1991) tarafından Uruş formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Formasyon; marn, kıltaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Marn ve kıltaşları ince, yer yer orta katmanlıdır. Kireçtaşları da yer yer kalın katmanlıdır. Birimin altında hâkim marnlar görülmektedir. Marnlar kirli beyaz renkli, kıltaşları, gri-yeşil renkli; kireçtaşları ise gri renklidir. Birimin alt kesimlerinde kil taşları yer almaktadır. Kimi yerlerde ikincil jips gülleri oluşmuştur. Uruş Formasyonu sıcaklığı giderek artan sıcak ve çok sıcak iklim koşullarında, giderek kuruyan göl ortamında çökelmiştir. Bu göl Tuz Gölü havzasının kuzey batı ucunda yer almaktadır. Mesiniyen krizi ile birlikte, bu alanlardan çekilmeye başlayan göl bugünkü Tuz gölüne yakın alanlarda konumlanmaya başlamıştır (Acarlar, M.2009).

Formasyon, Gömü formasyonu ve Bahçecik formasyonu üzerine geçişli olduğu gibi üzerinde ise Kırmızıbayır formasyonu yer almaktadır.

1.2.7. Kırmızıbayır formasyonu (Tmkı)

Formasyon çakıltası ve çamurtaşından oluşur. Gevşek olan çamurtaşları, ince kumtaşı ara yüzeyleri, karbonatlı kıltaşı mercekleri kapsar. Bu formasyon, Uruş formasyonu üzerinde geçişli olarak yer alır. Kısmi kurak iklimde oluşan birim, çalışma alanının dışında İnsuyu ve Devriş formasyonlarının çökelik göl tabanına doğru ilerleyen alüvyon yelpazesi çökelidir.

1.2.8. Kıran formasyonu (Tpk)

Formasyon çakıltılarından oluşmaktadır. Bu çakıltıların gevşek olup, biraz kumlu biraz killi yapı içerir. Formasyon üzerinde Holosen yaşlı oluşuklar yer alır. Stratigrafisine göre birim yaşı, Pliyosendir. Formasyon küçük akarsu ve yelpaze çökellerinden oluşmaktadır.

1.2.9. Bağlıca formasyonu (Tplb)

Bağlıca formasyonu çakıltaşı ve çamurtaşlarından oluşmakla birlikte gevşek türe sahiptir. Formasyonun üzerine uyumlu olmayan Kuvaterner yaşı oluşuklar gelir. Stratigrafik konumuna göre birimin yaşı Pliyosendir.

1.2.10. Pörnek formasyonu (Qp)

Umut ve diğerleri Erken Pleyistosen yaşı kırıntılı kayalardan oluşan bu formasyonu adlandırmışlardır. Formasyonun kaya türü kumtaşıdır. Birim Sakarya Nehri'nin oluşumuna sebep olan bir ırmağın çökellerinden oluşur. İçerisindeki karbonatlı çökeller ırmağın engele uğrayıp akamadığı döneme ait geçici gölcüklerin ürünüdür.

1.2.11. Başkonak formasyonu (Qb)

Bu formasyon çok kökenli, kırmızı renkli, gevşek çakıltaşlarından oluşur. Birimin yaşı, altındaki Pörnek formasyonu üzerinde geçişli bulunması nedeniyle Erken Pleyistosendir.

1.2.12. Eski alüvyon yelpazesi (Qeay)

Geç Pleyistosen yaşı olan bu oluşuklar çakıl ve kilden oluşmaktadır.

1.2.13. Eski akarsu ökelleri (Qea)

Eski dere yataklarında biriken bu çökeller Geç Pleyistosen yaşı olup kum, çakıl ve kilden oluşmaktadır.

1.2.14. Yamaç molozu (Qym)

Muhtemel Holosen yaşı olup, köşeli parçalardan oluşan bu oluşuklar tutturulmamıştır.

1.2.15. Alüvyon yelpazesi (Qay)

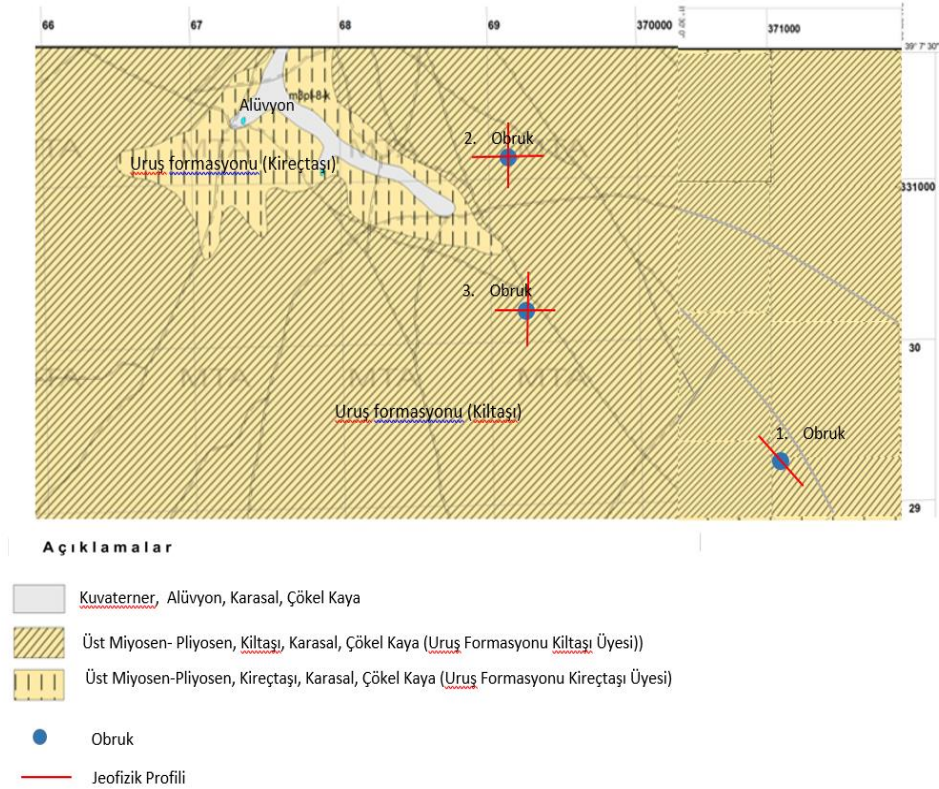
Holosen yaşı olan bu oluşuk çakıl ve kilden oluşmaktadır. Yamaçlarda eğim aşığı akan yağmur ve kar suları sonucu birikmiştir.

1.2.16. Alüvyon (Qal)

Günümüz akarsuların hareketi sonucu biriken Holosen yaşlı çökellerdir.

1.3. Çalışma Alanı Jeolojisi

Neojen ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar, akarsu tortuları, gölsel ve alüvyoner çökeller bölgenin litolojisini oluşturmaktadır. İnceleme alanı Şekil 1.3'te görüldüğü üzere bu litoloji içerisindeki göl tabanlı çökel kayaları oluşturan Uruş Formasyonu (Tmur) içerisinde gelişmektedir.



Şekil 1.3. 1/25.000 ölçekli jeolojik harita (Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009)

).

1.3.1. Uruş formasyonu (Tmur)

Çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, kireçtaşı, marn, jips aralanmasından oluşan birim, Türkecan vd., (1991) tarafından Uruş formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Formasyon; marn, kiltası ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Marn ve kiltaları ince, yer yer orta katmanlıdır. Kireçtaşları da yer yer kalın katmanlıdır. Birimin altında hâkim

marnlar görülmektedir. Marnlar kirli beyaz renkli, kiltaşları, gri-yeşil renkli; kireçtaşları ise gri renklidir. Birimin alt kesimlerinde kil taşları yer almaktadır. Kimi yerlerde ikincil jips gülleri oluşmuştur. Uruş Formasyonu sıcaklığı giderek artan sıcak ve çok sıcak iklim koşullarında, giderek kuruyan göl ortamında çökelmiştir. Bu göl Tuz Gölü havzasının kuzey batı ucunda yer almaktadır. Mesiniyen krizi ile birlikte, bu alanlardan çekilmeye başlayan göl bugünkü Tuz gölüne yakın alanlarda konumlanmaya başlamıştır (Acarlar, M.2009).

Formasyon, Gömü formasyonu ve Bahçecik formasyonu üzerine geçişli olduğu gibi üzerinde ise Kırmızıbayır formasyonu yer almaktadır.

1.4. Önceki Çalışmalar

1.4.1.Dünyada oluşan obruk ile ilgili çalışmalar

Youssef vd., (2012), Elektrik Rezistivite Tomografi yöntemini kullanarak obruk tespiti ve obrukların ne kadar alana yayılacağı konusunda haritalama yapmışlar ve bu yöntemin başarısını ortaya koymuşlardır. Yazarlar bu çalışmayı Suudi Arabistan'ın farklı noktalarında alt yapıyı tehdit eden obruklar üzerinde yapmışlardır. Bazı obrukların görünür halde bazılarının ise yer altında olduklarını tespit etmişlerdir. ERT yönteminin yüksek öz direnç veren hava dolu boşlukları ve su sızması ile elde edilen çökeltilelerle dolu olanları ayırt etmedeki başarısını ortaya koymuşlardır.

Sahu vd., (2015), Obruk risklerinin uzaktan algılama, sayısal modelleme ve jeofizik yöntemlerle belirlenebileceğini söylemişlerdir. Bu obruk risk belirleme tespiti için zeminde meydana gelen çökmeleri ve sebeplerini araştırmışlardır. (Önem, H., 2023). Obruk oluşumu sonrası yapılarda ciddi hasarlar olduğunu, yeraltısularının yönlerinin değişebileceğini, hidrojeolojik açıdan birçok değişiklik yaşanacağını ayrıca obruk çöküntü esnasında kömür madenlerinde yangınların çıkabileceğini belirtmişlerdir. Obruk oluşumunu etkileyen faktörlerin, madencilikte yapılan çalışma teknikleri, yeraltısuyundaki azalmalar, yağışlar ve depremler olduğunu savunmuşlardır. Zemindeki gerilmeler obruk oluşumu sonrası birçok parametrelerin etkilenebileceğini de ileri sürmüşlerdir.

Talib vd., (2022), obruk araştırmalarını yapmak üzere iki yöntemden faydalanmışlardır. Bu iki yöntemde olası obruk çökmeleri ve obruk hareketliliğini tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları iki yöntemden biri elektromanyetik

dalga yöntemi diğeri ise alan kümeleme yöntemidir. Amerika'nın Florida eyaletinde birkaç noktada yapılan bu obruk çalışmalarıyla iki yöntemin algoritmik olarak birleştirilip çökme ve hareketliliği gözlemiştir.

1.4.2.Türkiye’de obruk ile ilgili çalışmalar

Ulu vd., (1994), İç Anadolu’nun güneybatı bölgesinde volkanik, sedimanter ve kısmen metamorfe olmuş cinslerinin incelenerek tektonik oluşum ortaya konmaya çalışılmıştır. “İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar Alanının Jeolojisi” adlı çalışmalarında, İnsuyu Formasyonuna sahip bu bölge bir çeşit yeraltı boşlukları içine doğru yerleştiği yerlerdeki havzanın sübsidansına bağlı gölsel kireçtaşlarının tektonik koşullarının varlığını gösterdiğini ve bu çökme sonrasında tektonik deformasyonu belirtmişlerdir.

Canik ve Çörekçioğlu (1986), Konya-Karapınar ve Kızören bölgesinin orta yerinde oluşan obrukların süreç ve sebeplerini araştırmışlardır. Bölgenin jeolojisi Neojen kireçtaşlarının gölsel ortamda çökmesi ile meydana gelen obruklar içeride karstlaşmanın da etkisiyle obruk oluşum etkileri üzerine çalışılmıştır.

Özgüner (1993), “Konya-Karapınar Ovası Jeolojisi ve Tuzlu Su Seviyelerinin Sodyumsülfat Açısından Değerlendirilmesi” adlı çalışmada, Karapınar kuzeyindeki Devlet Su İşleri’nin (DSİ) burada yaptığı iki sondajda var olan grabenin killerden oluştuğu, tabanda ise marn ve kireçtaşlarından oluştuğu ortaya koyulmuştur. Aktif olarak havzaya sadece kaynak sularının boşaldığı ve havzanın kapalı olduğu da söylenmiştir.

Canik (1997), Konya civarlarında karstlaşmayı iki sebebe bağlamıştır. Biri yeraltısuyunun kireçtaşı aşındırması olarak nitelendirirken diğeri ise suyun taşıdığı kirecin yüzeye kaynak olarak çökmesiyle oluşan yer şekilleri olarak anlamlandırmıştır. Kaynak alanı kalsiyum bikarbonatça zengin suyun yüzeyde kalsiyum karbonatla etkileşime girdiğinde traverten konileri oluşmuştur. Diğer bir sebebi ise karbondioksitçe doymun suyun yeraltı hareketinde kireçtaşlarını eritip karstlaşma yaratarak mağaraların oluştuğunu belirtmiştir. Bu boşlukların marn ve kille kaplı tavanı üzerinde ağırlığa dayanamayıp çöktüğünü ve obrukların oluştuğunu ifade etmiştir.

Ulugergerli ve Akca (2006), Basınçlı su pompalama testi, bunların izole edilmiş boşluklar olmadığını doğruladı. İki boyutlu sahte kesitlerdeki boşlukların konumu ve anormalliklerin şekli, boşlukların eriyen alçıtaşı tarafından oluşturulan damar benzeri bir

kanal sistemi aracılığıyla birbirine bağlandığını göstermektedir. Bunların dışında son iki sondajda bulunan zayıf bölgeler de dikkat gerektirebilir. Kullanılan jeofizik yöntemlerin sınırlamalarının ve yeteneklerinin iyi anlaşılması, çevre koşulları kısıtlayıcı olsa bile kullanıcının yeterli sonuçları almasına olanak sağlayabilir.



2.KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1.Obruk

“Obruk” kelime anlamı itibariyle çukur, oyuk, çöküntü manalarına gelir. Obruklar genel olarak, yeraltısularının eriyebilen türden kayalar ile etkileşime girmesi neticesinde oluşan yeraltı boşluklarının zamanla üzerlerindeki yükü taşıyamayarak çökmesi sonucu meydana gelen karstik yer şekilleri olarak tanımlanır. Yine obruk tanımlamalarından bir diğeri ise, tabakalı kireçtaşı bulunan yeraltı nehirlerinin ya da aktif mağara tavanlarının çökmesi sonucu meydana gelen baca veya kuyuya benzer derin çukurlara verilen isim olduğudur. Yukarıdaki tanımda geçen kireçtaşı ifadesi obrukların yalnızca kireçtaşı litolojisine sahip alanlarda meydana geldiği anlamını taşımamaktadır.

MTA ise obruğu “karstik çöküntü alanları” olarak ifade etmiştir (MTA 2018).

Obrukları karst sahalar olarak nitelendirdiğimizde, bu sahalar aşınmaya karşı dirençsiz yapıya sahip olduklarından dolayı irili ufaklı aşınma şekilleri ortaya çıkmaktadır.

Obrukların yapısal özellikleri kayaç tipleri ve çökmeye sebep olan etkenlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Kil tipi topraklarda kırıntılı dediğimiz silt, silttaşı, kum veya çakıl gibi yapılar, aşağıda kalan eriyik kayalardaki kırık ve çatlakların içerisine yağışla birlikte karışıp yuvarlak görüntülü olan ve giderek değişen ebattaki çukurlarla oluşmaktadır. Yağışla da birlikte sürekli çöken bir yapıya sahip bu obruklar yüzeyden gözlemlenebilirler.

Kil tipi kohezyonlu zeminlerin olduğu yerde ise yağışla birlikte çok az malzeme aşağı doğru hareket eder. Alttaki boşluk giderek genişler ve üstteki malzemenin ağırlığı ile ani çökmeler meydana gelir. Bu sebeple kohezyonlu örtü tabakasına sahip sahalarda yeraltı yapısı düzenli ve planlı şekilde izlenmelidir.

2.2.Obruk Oluşum Nedenleri

Obrukların oluşumu ile alakalı farklı görüşler mevcuttur. Bazı araştırmacılar bu oluşumların karstik oluşumlar olduğunu ileri sürerken (Lahn 1940, Alagöz 1944, Erinc 1960), bazıları volkanik faaliyetlerden kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir. Görüşler

farklı olsa da buluşulan nokta obruk oluşumlarının yeraltında eriyebilen kayalarda meydana geldiği konusudur.

Ülkemizde gelişen obrukların büyük bir çoğunluğu Konya Havzasında meydana gelmiştir (Bayari vd., 2009; Pekkan, 2004). Bununla birlikte diğer illerde meydana gelen obrukların sayısı da azımsanamayacak kadar çoktur. Bu illere örnek olarak, Sivas, Batman, Eskişehir, Diyarbakır, Manisa, Afyon ve Çankırı verilebilir. Sayıları her geçen gün daha da artan bu oluşumlar şimdilik günlük hayatı kesintiye uğratmıyor olsa da bulundukları yerlerdeki bölge halkını oldukça fazla tedirgin etmektedir.

Obruklar doğal süreçler neticesinde oluşan olaylardır. Ancak bu oluşumları tehlikeli kılan ani olarak meydana gelmeleri ve zarar verme potansiyelleridir. Şu ana kadar ülkemizde her ne kadar obruk kaynaklı bir can kaybı yaşanmamış olsa da bu durum zararsız kabul edilemeyecek kadar büyük bir tehlike potansiyelini içerisinde barındırır. Çapları ve derinlikleri göz önünde bulundurulduğunda obruklar 2-3 evi hatta şehir merkezinde oluştukları durumda apartmanları ve dükkânları yolda oluştukları takdirde araçları yutabilirler. Bu potansiyel kuşkusuz onların afet statüsünde değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır (Karacan ve Yılmaz 1997).

Biricik (1992), karstik bir çukura obruk denilebilmesi veya obruğun oluşabilmesi için aşağıda sunulan şartların büyük öneme sahip olduğunu vurgulamıştır:

Taban seviyesi yükseklikleri arasında fark bulunan iki komşu havzanın olduğu varsayımı söz konusu ise, bu durumun sebebi her iki havzanın litolojik ve tektonik olarak farklı yapılara sahip olmaları yanı sıra jeomorfolojik yapılar olan plato veya alçak dağlık bir alan da olabilir.

Karstik yapının bulunması, aynı litolojik birimlere sahip iki havzanın varlığı karstlaşma olayını hızlandıracak ve onların büyük boyutlu karstik şekiller olmalarına neden olacaktır.

Havzaların hidrolojik açıdan birbiriyle bağlantılı olması, nispeten alçakta kalan havza gerek yüzey gerekse yeraltıları açısından yüksek kotta olan havzanın su rejimi etkisinde kalır. Böylece akış yönü yüksek havzadan alçak havzanın tabanına doğru olacaktır. (Karacan ve Yılmaz, 1997).

Her iki havzada da zaman içinde beslenme şartlarına göre gerek yeraltı gerekse yüzey su seviyelerinde alçalıp yükselmelerin meydana gelmesi, yeraltı ve yüzey su seviyelerindeki değişimler birçok farklı sebepten dolayı meydana gelebilir. Genç tektonik

hareketler veya iklimdeki değişimler seviye farklılıklarına neden olan unsurlara örnek olarak verilebilir (Karacan ve Yılmaz, 1997).

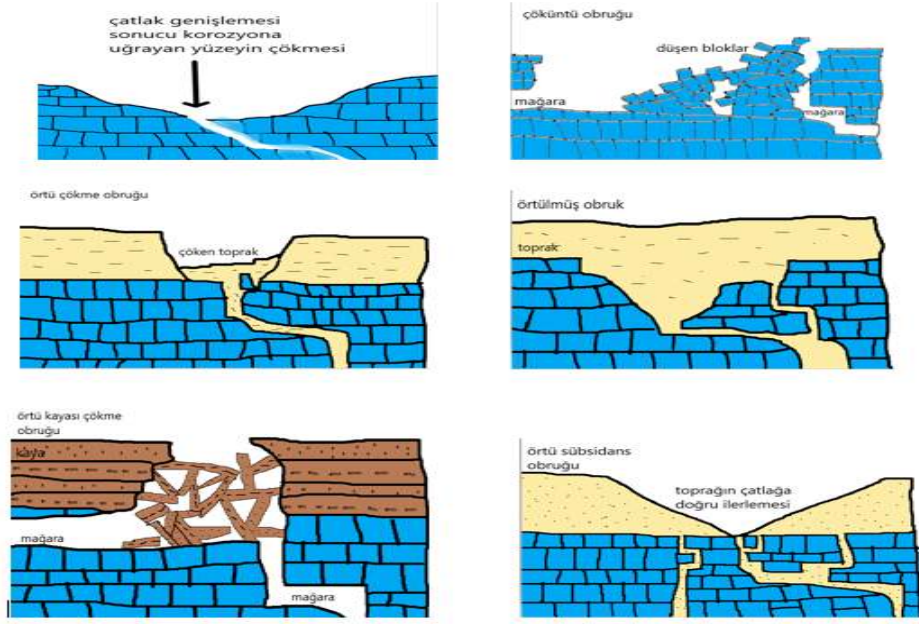
Obruk oluşumunda arazinin litolojik, tektonik ve volkanik özelliklerinin yanında yeraltısuyu ve akım yönünün büyük bir etkisi vardır. Buradaki en büyük etki litolojidir. Eriyebilen türden kayalar olan kalker(kireçtaşı), jips(alçıtaşı), dolomit ve halit (kayatuzu) karstlaşmanın en çok görüldüğü litolojik ögelerdir. Çalışmaya konu olan alanda bu litolojik ögelerden jips gözlemlenir. Ayrıca jipsin çözünürlüğünün karbonatlı kayalardan daha fazla olduğu (Karaca ve Yılmaz 1997) ve bu sebepten dolayı karstlaşmaya daha meyilli olduğu bilinir. Bu durum çalışma alanının riskli bir bölgede bulunduğunu kanıtlar niteliktedir.

2.3.Obrukların Sınıflandırılması

Karstik yapıya sahip sahalarda oluşan obruklar erime sürecinin belirtileridir. Bundan dolayı bir arazide karstik gelişimin tespit edilebilmesi için ilk olarak obruk tiplerini iyi bilmek ve oluşum mekanizmaları arasındaki farklar hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Ayrıca obruklar insanların can güvenliği ve çeşitli mühendislik yapıları açısından oldukça büyük bir tehdittir. Bu nedenle obruk tiplerini iyi bilmek sadece jeolojik açıdan değil, şehir bölge planlama ve yerleşim bölgelerinin tespiti gibi pek çok disiplin yönünden de büyük öneme sahiptir.

Karstik alanlarla ilgili yapılan çalışmaların bilime katkısının yanında tarım, yerleşim, su kaynaklarının verimli değerlendirilmesi ve turizm gibi birçok alana daha katkısı vardır. Bu tür çalışmalar karstik yapıya sahip sahalarda yer alan su kaynaklarının korunması ve devamlılığının sağlanması özellikle su kaynaklarının verimliliği açısından da önemlidir. Karstik alanlardaki su sirkülasyonunun önemli bir delili olan obruk oluşumlarının detaylı şekilde incelenmesi bu anlamda son derece gereklidir.

Waltham ve Fookes (2005)'e göre obruk tipleri altı kısımda ele alınmış olup Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Obruk tipleri (Waltham ve Fookes, 2005 uyarlanmıştır).

Obruk tipleri, soldan sağa doğru çözünme obruğu, çökme obruğu, örtü çökme obruğu, örtülmüş obruk, örtü kayası çökme obruğu ve örtü sübsidans obruğudur.

Törk ve Güner (2019), ‘Obruk’ isimli çalışmalarında Türkiye açısından obrukların önemine değinmiş ve aynı kaynaktan (Waltham ve Fookes, 2005) yararlanarak obruk tiplerini altı sınıfta ele almışlardır. Bazı isim farklılıkları olmakla beraber, yıkılma obruğu, gömülü obruk, örtülmüş obruk vb. genel itibariyle aynı sınıflandırma yöntemi ele alınmıştır.

Yapılan son çalışmalara göre, çökme obruklarının daha iyi anlaşılması için altı ana başlık belirlenmiştir.

2.3.1.Çözünme obruğu (Solution sinkhole)

Karstik arazilerde yaygın olarak görülen ve tanımlaması en kolay obruk tipidir. Karstik kayaç yüzeyinin zamanla kimyasal olarak çözünmesi ile açığa çıkan, küçük çaplı sığ bir derinlikten yüzlerce metre genişliğe kadar ulaşabilen dairesel veya eliptik çukurlardır. Görünüm itibariyle huni şeklindedir (Doğan 2004).

2.3.2.Çökme obruğu (Collapse sinkhole)

Karstik boşlukların veya mağara tavanlarının zamanla üzerindeki ağırlığın etkisi ile çatlaklar boyunca aniden çökmesi sonucu meydana gelen derin çukurluklardır. Genç oluşumlu çökme obrukları içerisindeki çöken bloklar bir enkaz yığını andırabilir. Kireçtaşı sağlam yapılı olduğundan dolayı bu türden bir obruk oluşumu kireçtaşı yaygın değildir (Waltham ve Fookes, 2005). Jipsin karstlaşma hızı kireçtaşına göre çok daha hızlı gerçekleştiğinden obruk oluşumunun bu türü daha çok jipslerde görülür (Waltham ve Fookes, 2005).

2.3.3.Örtü çökme obruğu (Dropout sinkhole)

Karstlaşabilir formasyon üzerinde bulunan kohezif zeminde meydana gelir. Kohezif zeminden süzülen yağmur ve yüzey suları zamanla alttaki karstlaşabilir zemin içerisinde birtakım mağaralar ve çatlaklar meydana getirir. Bu boşluklara dolan zemin taneleri örtü tabakada boşluklara sebep olur. Nihayetinde boşlukların tavanı çökerek örtü çökme obruğunu oluşturur (Waltham ve Fookes, 2005).

2.3.4.Örtülmüş obruk (Buried sinkhole)

Bu tip obruklar çok eski zamanlarda oluşmuş çözünme ve çökme obruklarının uzun yıllar boyunca toprak ve alüvyon gibi birtakım malzemeler ile dolması sonucu oluşur. Bazen örtülmüş obruklar üzerinde sığ çöküntüler olabilir (Doğan 2004).

2.3.5.Örtü kayası çökme obruğu (Caprock sinkhole)

Örtü kayası çökme obrukları, çökme obrukları ile kıyaslanabilir. Çökme obruklarından farklı olarak burada karstlaşabilir formasyonun üzerinde karstik olmayan bir tabaka söz konusudur ve çökme bu karstik olmayan tabakada gerçekleşir (Waltham ve Fookes, 2005). Bu özelliği dışında çökme obruklarını andırır.

2.3.6.Örtü sübsidans (Suffosion sinkhole)

Bu obruk tipi Örtü çökme obruğu ile benzerlik gösterir. Bu tipin ayırtıcı özelliği karstik ana kayanın üzerindeki örtü tabakasının kohezif olmamasıdır. Yüzey sularının karstik ana kayaya ulaşarak birtakım çatlaklar ve boşluklar meydana getirmesi ve devamında yine yüzey sularının etkisi ile kohezif olmayan zeminin bu boşluklara dolması

neticesinde örtü tabakada da boşluklar oluşmaya başlar. Bu boşluklar zamanla örtüyü taşıyamaz ve çökme gerçekleşir (Doğan 2004).

2.4.Türkiye’de Obruk Oluşumları

Ülkemizin önemli bir bölümünde Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı çözünebilir yapıya sahip karbonatlı ve evaporitik kayalar özellikle Antalya ve Mersin’de yaygın olup, çok sayıda mağara, düden, dolin, polye ve uvala bulunmaktadır.

Yurdumuzda son zamanlarda iklim değişikliği ile kuraklığın baş göstermesi ve aşırı yeraltısuyu tüketimi artmış olması, sadece kapalı Konya havzasında değil, yakın havzalar olan Karaman, Aksaray, Afyonkarahisar, Eskişehir ile Denizli’de obruk oluşumları artmıştır.

Ayrıca Sivas, Çankırı ve Çorum gibi sülfatlı formasyonlarda ve Şanlıurfa, Batman ve Siirt’te bulunan çöküntüler yerleşimleri tehdit etmekte olup can ve mal kaybına yol açmaması, petrol, doğalgaz, ulaşım ve diğer altyapılara zarar vermemesi için detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

3.MALZEME VE YÖNTEM

Çalışma alanımıza ait teknik yöntemlerimiz olan jeofizik çalışmalardan Çok Elektrotlu Rezistivite (ERT)yapılmıştır. Bu çalışmamıza ek olarak sızma hızı deneyi de yapılarak verilerimizin doğruluğu ispatlanmıştır.

3.1.Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik zemin etüt raporu kapsamında, zeminin fiziksel parametrelerinin belirlemesi için ERT (Çok Elektrotlu Rezistivite) ölçüm çalışmaları yapılmıştır.

Doğru akım öz direnç yöntemi, jeolojik formasyon içindeki değişik kayaçların elektriği iletme özelliğini bulabilme, bu kayaçların yer ve konumlarını saptayabilme prensibine dayanmaktadır. Birimi ohm.m esasına dayanan öz direncin yöntemlerine bakacak olursak, yere iletilen bir akımın yer altında bir elektrik alan oluşturduğu andaki potansiyelin Ohm Yasası bağlantısı ile jeolojik katmanların öz direnç ve kalınlıklarının hesaplanması prensibine dayanmaktadır.

$$V = R.I \quad (1)$$

$$\rho_a = k (V / I) \quad (2)$$

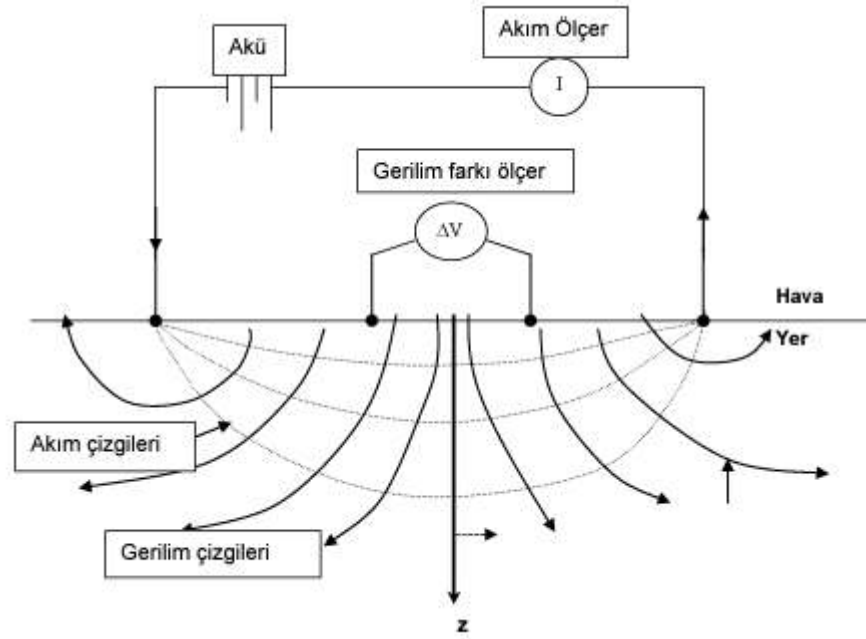
R= Direnç

k = Geometrik Faktör (Elektrot dizilim tekniğine göre değişir)

V = Ölçülen potansiyel farkı (mV)

I = Yere verilen akım (mA)

ρ_a = Görünür öz direnç (rezistivite, ohm.m)



Şekil 3.5. Doğru Akım Özdirenç Uygulama Gösterimi (M.E.Candansayar, 2007, Doğru Akım Özdirenç Yöntemi, Elektrik Yöntemler Ders Notu, Ankara).

Bu yöntemle, Şekil 3.5'te görüldüğü gibi yer içindeki mineral ve kayaların elektrik akımına karşı gösterdikleri dirençlerine göre görünür özdirenç belirlenerek, yer içinin jeolojik yapısının haritalanması yapılır. Yöntem maden, petrol, su, jeotermal, arkeolojik aramalar ve mühendislik jeolojisi problemlerinin çözümünde kullanılır.

Boşluklu alanlar ve kırık çatlaklı yapılar bulundukları ortamdan daha yüksek özdirenç gösterirler. Bu görüş ile jeolojik birimlerin özdirenç değerlerine sahip olması jeofizik özdirenç yönteminin kullanımını olanak sağlamıştır.

Jeofizik çalışmalar kapsamında inceleme sahasında Doğru Akım Özdirenç yöntemini içeren jeofizik araştırma yapılmıştır. Arazide yapılan bu ölçümlerin neticesinde jeofizik değerlendirmelere dayalı olarak sunulmaktadır. Yapılan bu çalışmanın amacı mevcut olan arazinin, jeolojik yapısını ortaya çıkarmak, tabaka kalınlıklarını belirlemek ve jeolojik-jeofizik modeli ortaya koymaktır. İnceleme alanında 5 adet Elektrik Özdirenç Tomografisi uygulanmıştır.

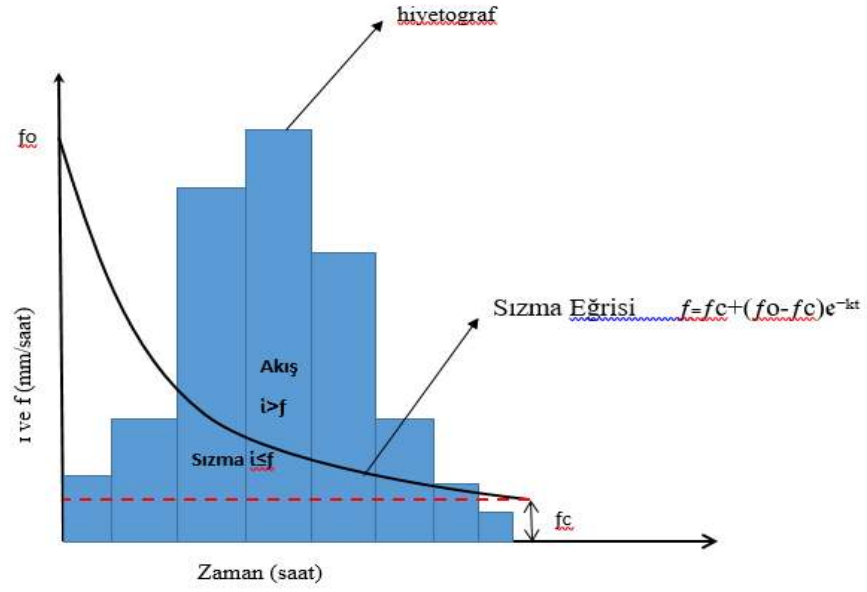
3.2.Sızma Hızı Deneyi

Sahada yüzeysel suların sızma miktarını infiltrometre ile ölçmek mümkündür. Infiltrometre Şekil 3.6’da görüldüğü gibi yere çakılan halkalardan oluşan bir düzenektir.



Şekil 3.6. *Infiltrometre*

Şekilde gösterilen halkaların içerisine su ilave edilerek suyun hacim değerleri zamana karşı not edilir. Bu teknikle ortalama sızma hızı sığaları elde edilir ve bir eğri oluşturulur. Suyun akışı zaman içinde azalarak ilave edilen su seviyesini bir değere sabitler. Yani su ilavesi devam ettikçe sızma kapasitesi azalır. Bunun başlıca sebepleri zemindeki nemin artması ve kil tanelerinin şişerek boşlukları tıkamasıdır. Bu sızma sığasının zamana karşı değişimini gösteren eğriye Şekil 3.7’deki Horton’un Standart Sızma Eğrisi denmektedir.



Şekil 3.7. (E.Horton, 1875-1945) Sızma Hızı Deneyinden uyarlanmıştır

Bu egride;

f : yağışın başlamasından sonra t anındaki sızma kapasitesi

f_o : yağışın başlangıcındaki sızma kapasitesi

f_c : sızma kapasitesinin erişeceği limit değeri

3.3.Arazi Çalışmaları

İnceleme alanında 5 adet ölçüm yapılmış olup, aşağıdaki Tablo 3.1’de koordinatları verilen Elektrik Öz direnç Tomografisi uygulanmıştır.

Tablo 3.1. Elektrik özdirenç tomografi profil koordinatları

Profil No;	Başlangıç	Bitiş	Elektrot Aralığı (m)	Profil Uzunluğu (m)
ERT-1	371075.70 d D 4329336.35 m K	371169.62 d D 4329251.33 m K	3	144
ERT-2	368924.95 d D 4330944.78 m K	369073.34 d D 4330954.73 m K	3	144
ERT-3	369009.60 d D 4330897.63 m K	368977.37 d D 4331007.95 m K	5	120
ERT-4	369046.47 d D 4330178.54 m K	369173.54 d D 4330101.82 m K	3	144
ERT-5	369098.47 d D 4330093.59 m K	369152.62 d D 4330193.11 m K	5	120

3.4. Kullanılan Elektrik Özdirenç Aleti

Çalışmada Şekil 3.8’de görüntüsü verilen Fransız IRIS firmasına ait Syscal çok elektrotlu 1 kanallı dijital tomografi cihazı kullanılmıştır. Ölçüm boyunca jeoelektrik serim kablosu kullanılmıştır.



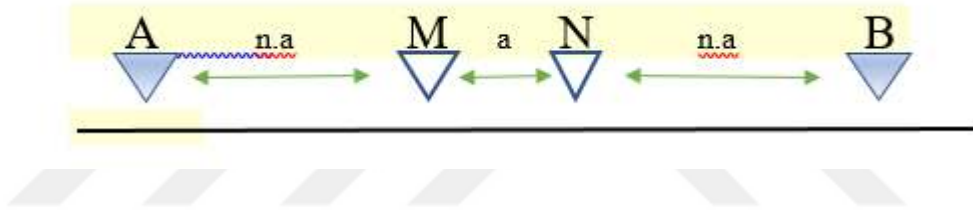
Şekil 3.8. Fransız IRIS Syscal ERT cihazın görüntüsü

Çalışma sahasında 5 profile yapılan iki boyutlu elektrik özdirenç verilerinden elde edilen sonuçlar yardımıyla etüt alanını kapsayan birimlerin kalınlıkları ve özdirençleri belirlenerek jeolojik açıdan değerlendirmelerde bulunulmuştur. Uygulanan profillere ait hesaplanan rezistivite değerleri; sahanın jeolojik haritası ve sızma hızı deney bilgileri birlikte değerlendirilmiş ve özet olarak verilmiştir.

Çok kanallı elektrik rezistivite cihazları, yer altının düşey ve yanal elektriksel değişimlerine duyarlı olan tomografi ölçüsünün alınmasına olanak verdiği için günümüzde sıkça tercih edilmektedir. Ölçümlerde veri sayısı, araştırma derinliği ve dolayısıyla ölçüm duyarlılığına bağlı olarak farklı elektrot dizilimleri seçilebilmektedir.

3.4.1. Wenner-Schlumberger yöntemi

Wenner-Schlumberger dizilimi özel elektrot dizimleri arasında yer alır. Makul derecede iyi yatay ve dikey çözünürlük gerekip gerekmediğine dair bir belirsizlik varsa, örtüşen veri seviyelerine sahip Wenner-Schlumberger dizisi en iyi seçenektir. Bu dizilim formasyonda hem yatay hem de dikey yapılara orta derecede duyarlıdır.



Şekil 3.9. Wenner-Schlumberger elektrot dizilimi

3.5. Yorumlama Yöntemi

Elektrik özdirenç yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan elektrot dizilimlerinden Şekil 3.9’da verilen Wenner-Schlumberger dizilimi ile alınan saha verileri RES2DINV yazılımı kullanılarak yorumlanmıştır. Dört elektrot sistemi ile çalışan Wenner-Schlumberger dizilimiyle yere A ve B noktasından akım verilir ve bu akımın yer içinde oluşturduğu elektrik alanın gerilimi M ve N noktaları arasında gerilim farkı olarak ölçülür. Bu ölçüm ile yer içindeki birimlerin görünür özdirençleri ve modelleme sonucunda birimlerin gerçek özdirenç değerleri ve kalınlıkları belirlenir. Çok elektrotlu bu sistem ile bir profil hattı boyunca eşit aralıklarla yere elektrotlar çakılır. Çakılan elektrotlara çok kanallı kablolar her birine bağlanarak gelen akım ve gerilim değerleri aygıtta aktarılır. Bu çalışmada yanal ve düşey yönde veri toplamak amaçlı olduğundan Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılmıştır. (Şekil 3.9).

4.BULGULAR

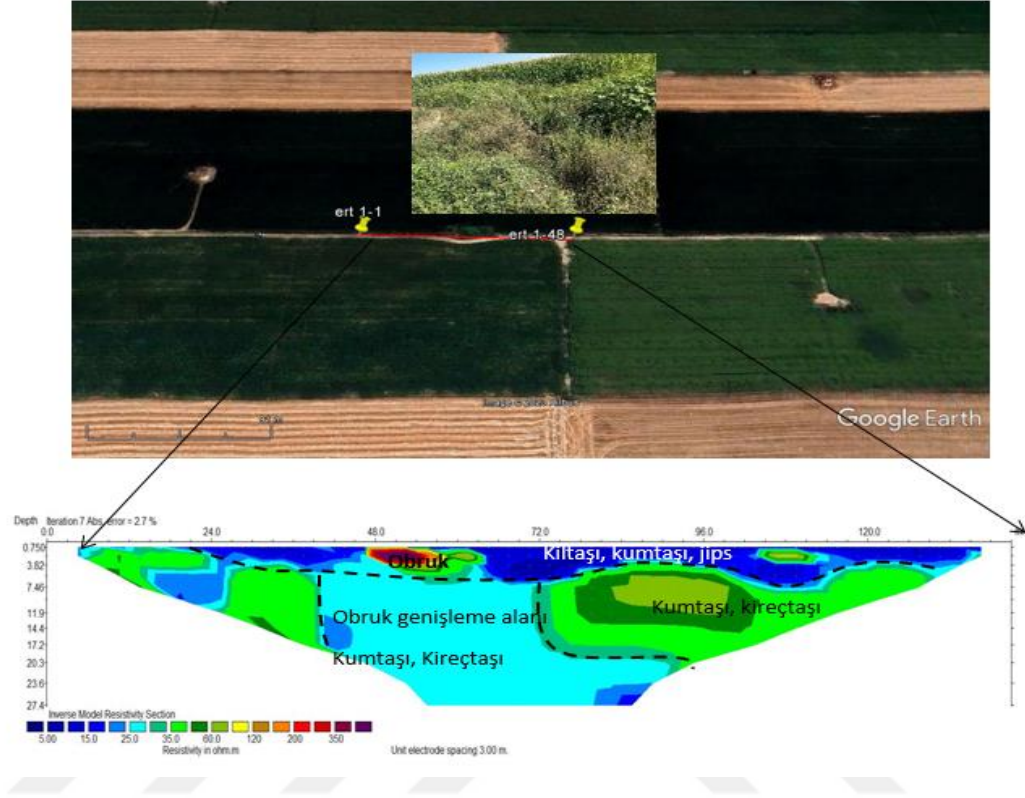
4.1. ERT Çözüm ve Jeofizik Değerlendirmeler

Jeofizik çalışmalar kapsamında; 5 adet ERT ölçümleri yapılmıştır. ERT ölçümleri 24 elektrot olup elektrot aralığı 5 metre ve 48 elektrot olup elektrot aralığı 3 metre olacak şekilde minimum 20 metre derinliği görebilecek şekilde ölçümler alınmıştır. Şekil 10'da uydu görüntüsü verilen ERT ölçümlerine bağlı olarak tabakalanma ve zemin içerisindeki yanal ve düşey süreksizlikler belirlenerek bölgede en uygun yerde ölçüm alınmıştır.

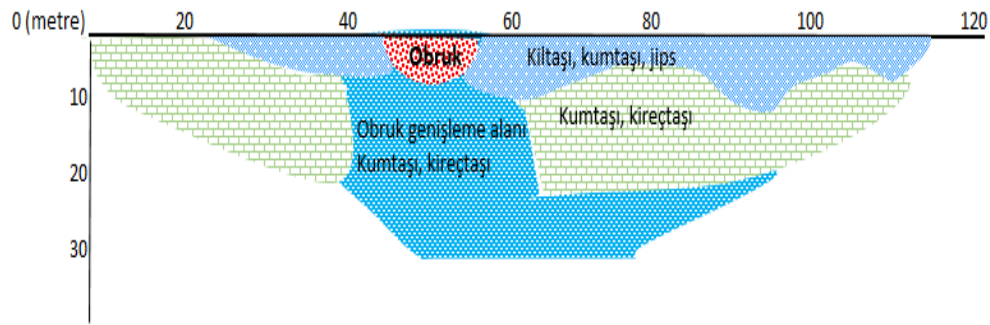


Şekil 4.10. Jeofizik çalışmaları google earth uydu görüntüsü

ERT-1 profilinin; elektrot aralığı 3 metre, profil uzunluğu 144 metredir. Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. ERT-1 Profil hattı

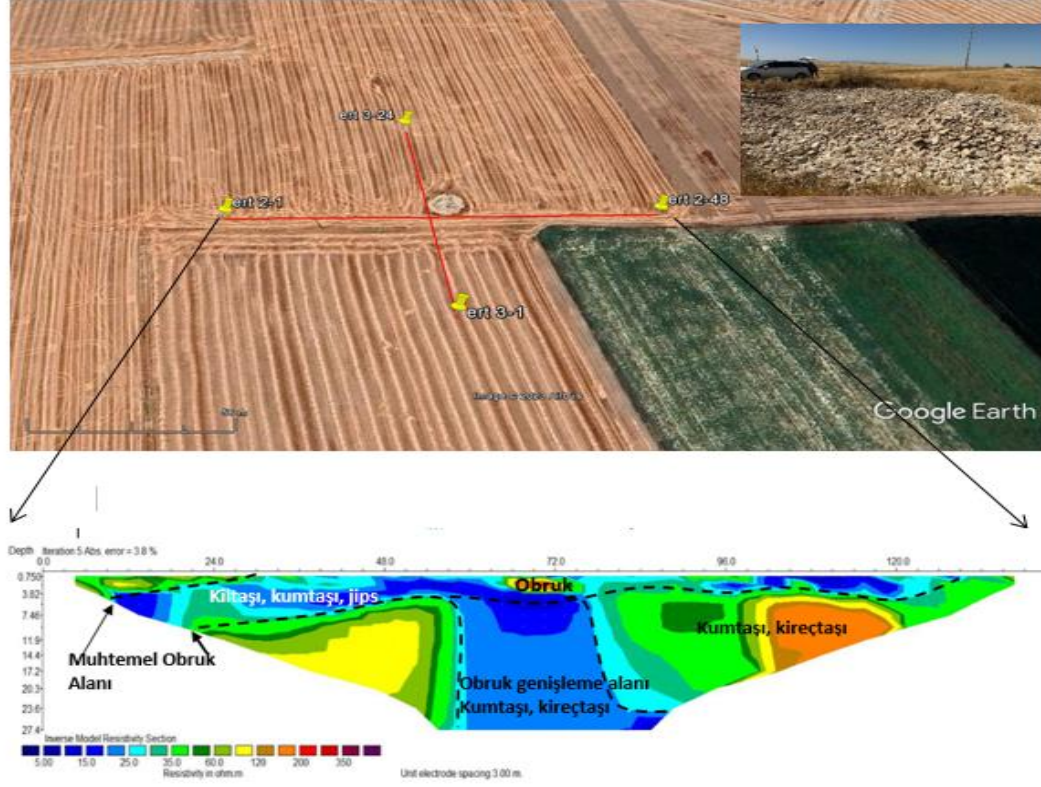


Şekil 4.12. ERT-1 Profilinin stratigrafisi

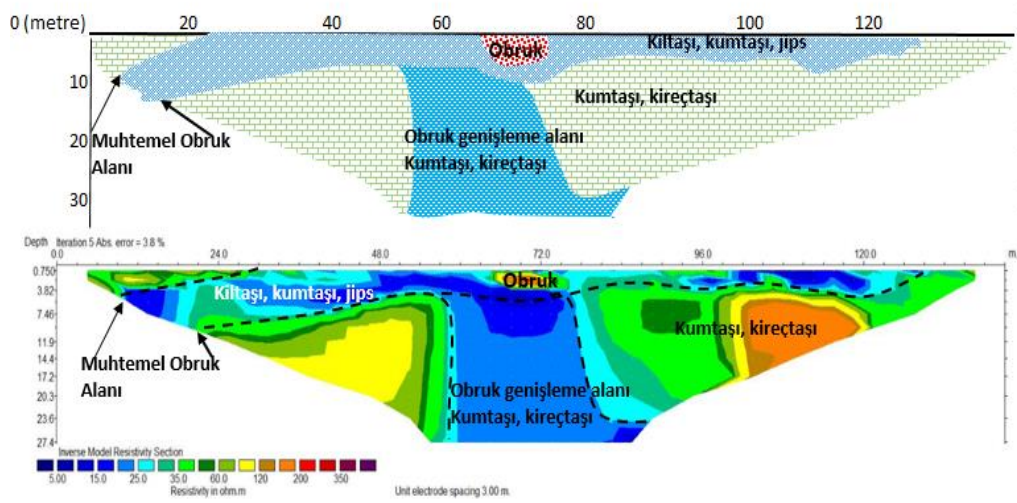
1 nolu obrukta profil kesitinde yüzeyden yaklaşık olarak 24 metre derinliğe kadar çözüm yapılmış ve 5 ile 300 ohm.m arasında değişen öz direnç değerindeki birimlerin

çakıлтаşı ve kireçтаşı yapısından jips içeren kumтаşı, kılтаşı ve marn içерikli bir istif tespit edilmiştir. Şekil 4.11'deki profil hattı üzerinde 48. metreden 63.metreye kadar yüzeye yakın tespit edilen yüksek özdirenç değeri (200 – 300 ohm.m) obruk yapının olduğu lokasyonu göstermektedir. Bu metrelerin altındaki düşük özdirençli seviyeler (15-25 ohm.m) 40. metreden 72. metreye kadar genişleyen bir alanı kaplamaktadır. Bu alan jips ara katkılı killi kumlu birimleri ve su içeriğinin çevreye göre yüksek olduğunu göstermektedir. Yağışların ve sulama suyunun yüzeydeki çakıllı birimlerden girerek, jipsli seviyelerin erimesiyle bir çökmeye neden olduğu kanısına varılmıştır. Kesitin diğeri kısımlarında killi seviyelerin yoğun olması bütün suyun obruk bölgesinden yeraltına giriş yapmasına neden olacağı ve obruğun ileri ki zamanlarda genişleyebileceği düşünülmüştür.

ERT-2 profilinin; elektrot aralığı 3 metre, profil uzunluğu 144 metredir. Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılmıştır (Şekil 4.13).



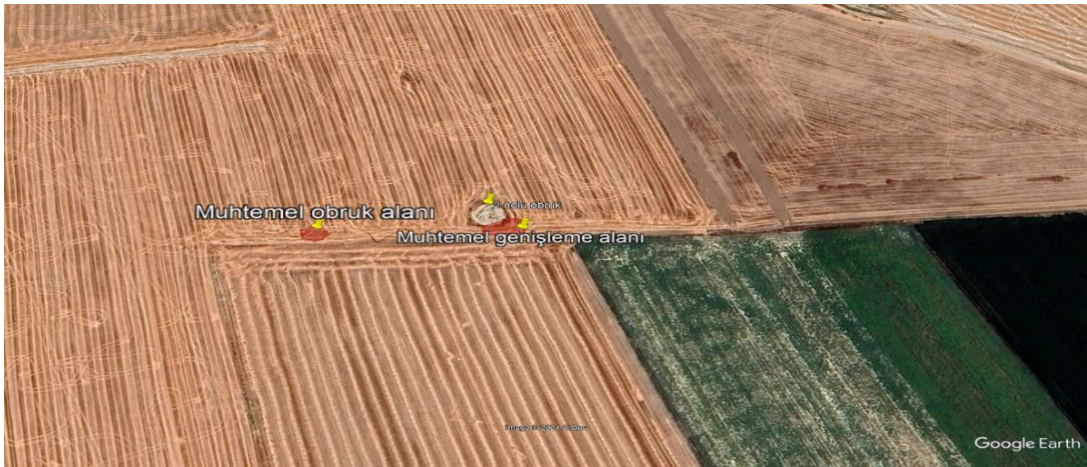
Şekil 4.13. ERT-2 Profil hattı



Şekil 4.14. ERT-2 ve ERT-3 Profil hatlarındaki obruk alanının stratigrafisi

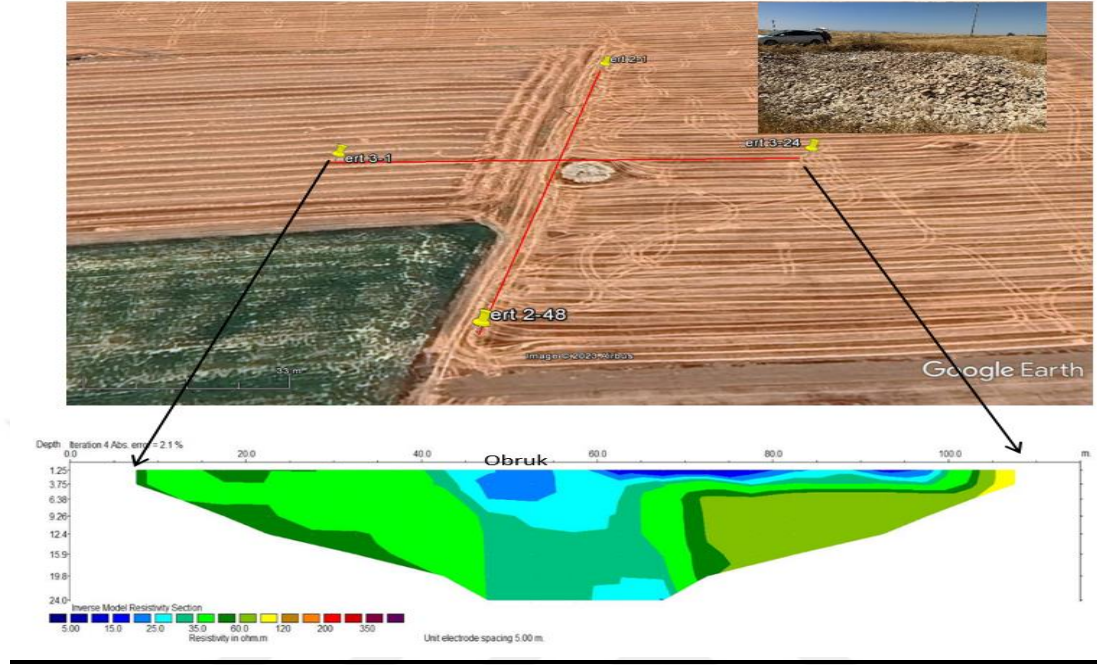
Şekil 4.13'deki 2 nolu obrukta profilinde yüzeyden yaklaşık olarak 24 metre derinliğe kadar 5–300 ohm.m öz direnç değerleri arasındaki birimlerden oluşan bir kesit oluşturulmuştur. Burada çakıltası ve kireçtaşı yapısından jips içeren kumtaşı, kiltası ve marnlı birimlere doğru bir istif tespit edilmiştir. Profil hattı üzerinde 65. metreden 77. metreye kadar yüzeye yakın tespit edilen yüksek öz direnç değerleri (200 – 300 ohm.m) obruk yapının olduğu lokasyonu göstermektedir. Bu metrelerin altındaki düşük öz dirençli seviyeler (15-25 ohm.m) 55. metreden 78. metreye kadar genişleyen bir alanı kaplamaktadır. Bu alan jips ara katkılı killi kumlu birimleri ve su içeriğinin çevreye göre yüksek olduğunu göstermektedir. Yağışların ve sulama suyunun yüzeydeki çakıllı birimlerden girerek, jipsli seviyelerin erimesiyle bir çökmeye neden olduğu kanısına varılmıştır. Kesitin diğer kısımlarında 10 ile 20 metreler dışında killi seviyelerin yoğun olması bütün suyun obruk bölgesinden yeraltına giriş yapmasına neden olacağı ve obruğun ileri ki zamanlarda özellikle doğu yönüne doğru genişleyebileceği düşünülmüştür. 10 ile 20 metre arasında ise yeni bir obruk oluşumuna dikkat etmek gerekir.

Şekil 4.15'te bu muhtemel obruk olabilecek alanlar uydu görüntüsü üzerinde yerleştirilmiş ve alanların ileride oluşabilecek yeni obruk sahaları olabileceği tespit edilmiştir. Bu alanlar ile ilgili arazi sahiplerine gerekli uyarıların yapılması, oluşabilecek tehlikelerin bertaraf edilmesi açısından önemlidir.



Şekil 4.15. ERT-2 Üzerindeki muhtemel obruk

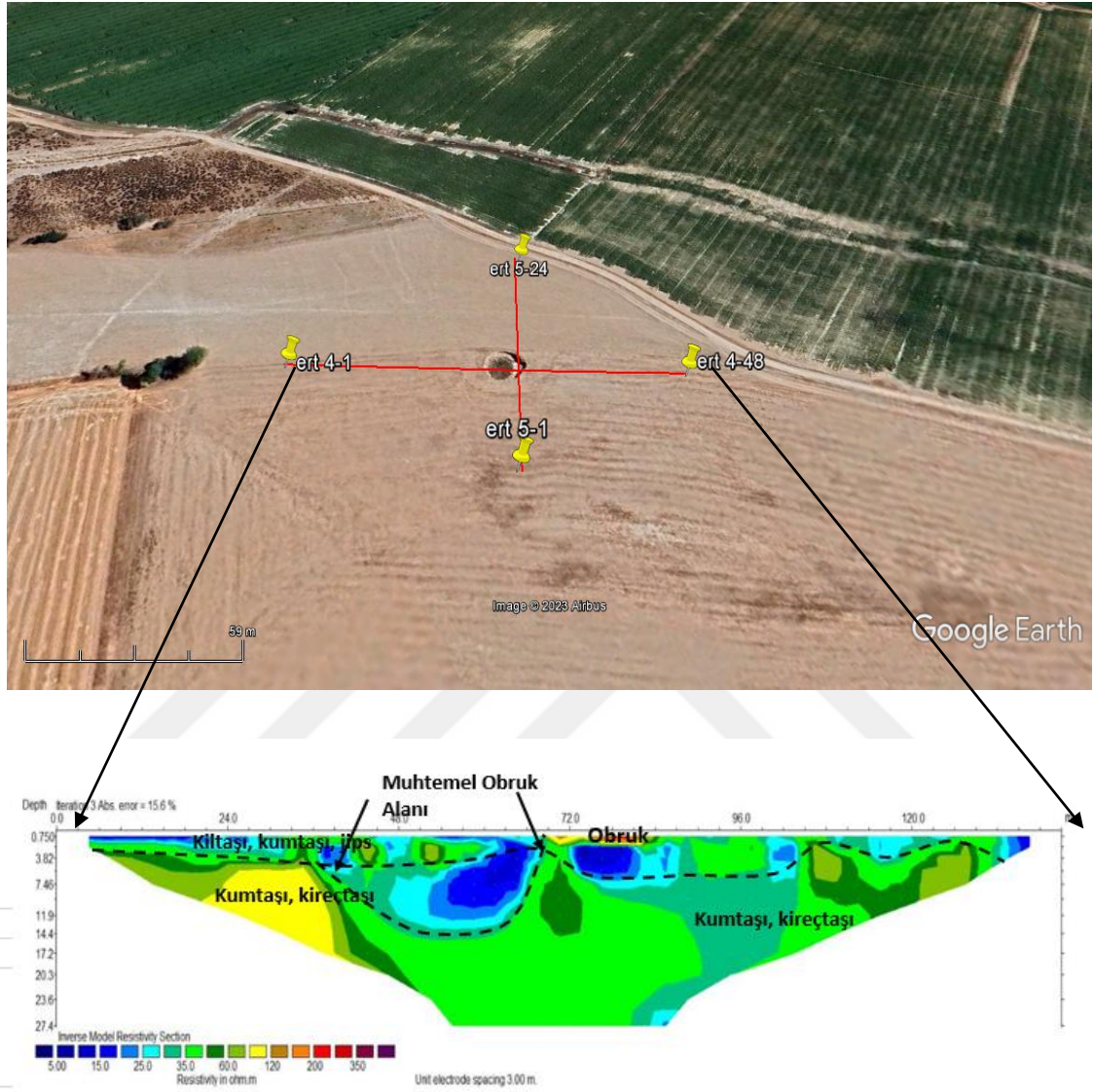
ERT-3 profilinin; elektrot aralığı 5 metre, profil uzunluğu 120 metredir. Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılmıştır (Şekil 4.16).



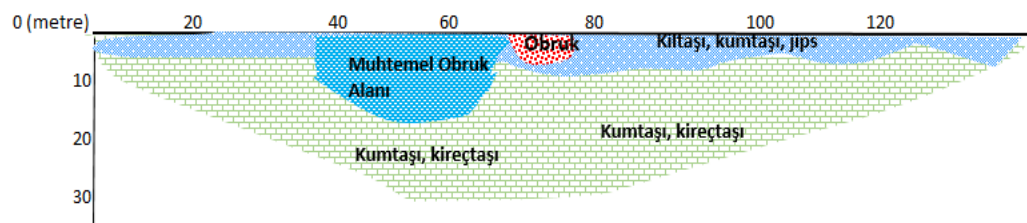
Şekil 4.16. ERT-3 Profil hattı

Profil kesitinde yüzeyden yaklaşık olarak 20 metre derinliğe kadar 5 – 90 ohm.m özdirenç değerindeki birimlerin jips ara katkılı killi kireçtaşı, kıltaşı ve marnlardan oluşan bir istif olduğu düşünülmektedir. Şekil 4.16'daki profil hattı üzerinde 50. metrelerde görülen obruk oluşumu bu kesitte çok net olarak görülmemekle birlikte 40 ile 60. metreler arasında görülen düşük özdirençli seviyeler (10-25 ohmm) yaklaşık 10 metreye kadar devam etmekte ve obruğun batıya doğru çok fazla ilerlemediğini göstermektedir.

ERT-4 profilinin; elektrot aralığı 3 metre, profil uzunluğu 144 metredir. Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. ERT-4 Profil hattı

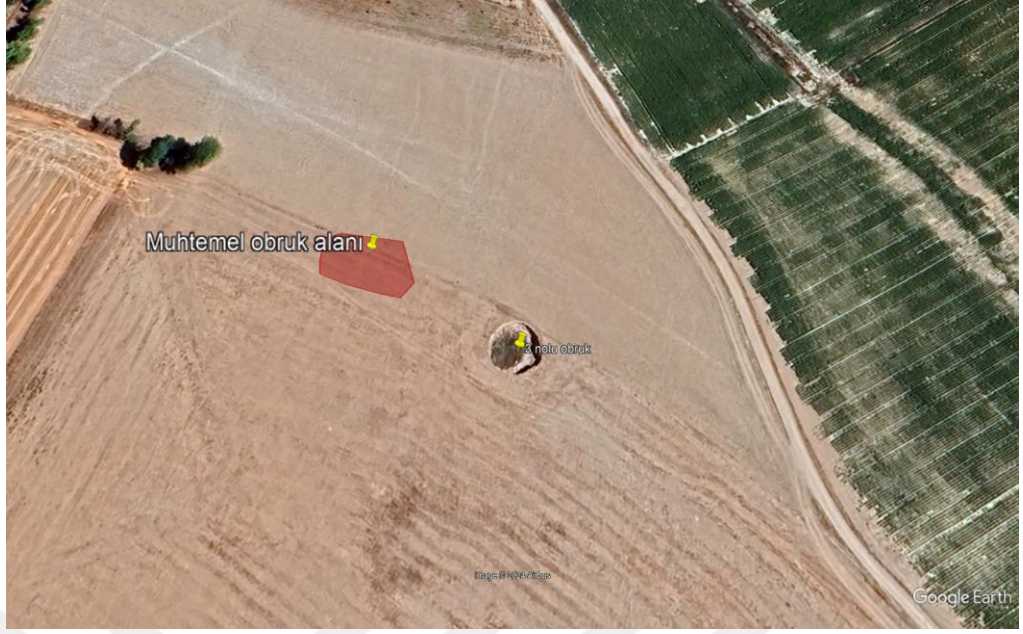


Şekil 4.18. ERT-4 ve ERT-5 Profil hatlarındaki obruk alanının stratigrafisi

3 nolu obruk profil kesitinde yüzeyden yaklaşık olarak 24 metre derinliğe kadar çözüm yapılmış ve 5 ile 350 ohm.m arasında değişen özdirenç değerindeki birimlerin çakıltası ve kireçtaşı yapısından jips içeren kumtaşı, kıltaşı ve marn içerikli bir istif tespit edilmiştir. Şekil 4.17'deki profil hattı üzerinde yaklaşık 12 metre eninde 3 metre derinliğe sahip obruk oluşumunun kesitteki izdüşümü 72. metrede görülmektedir. Yüzeyden 10. metre seviyesine kadar özdirenç değerleri 5,27-16,1 ohm.m'ye düşmekte olup bu seviyede jips ara katkılı killi kumlu birimleri ile birlikte su içeriğinin çevreye göre yüksek olduğunu göstermektedir. 10. metreden daha derine devam ettiğimizde yeşil-sarı içi içe gözüken seviyelerin çakıllı ve kumlu birimler olduğu düşünülmektedir. Oluşan obruğun 10 metre seviyelerinden sonra devam etmemesi nedeniyle obruğun genişlemeyeceği öngörülmektedir. Kesite dikkatli bakıldığında killi seviyelerin devamlı olmadığı görülmüş ve farklı noktalardan yüzey suyu girişleri olduğu ve bu nedenle farklı noktalarda obruk oluşumlarının olabileceği kanısına varılmıştır. Özellikle batı-kuzeybatı yönünde yer alan 40 ile 60. metreler arasında muhtemel obruk oluşumuna dikkat etmek gerekir.

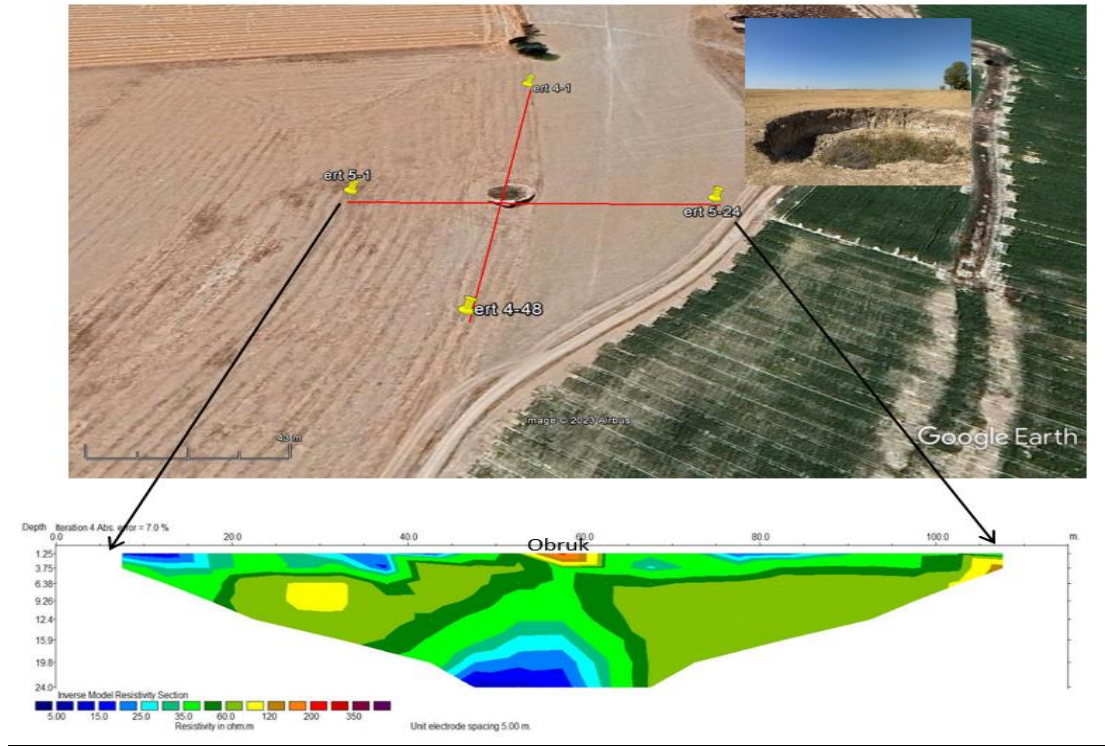
Şekil 4.19'da bu muhtemel obruk olabilecek alan uydu görüntüsü üzerinde yerleştirilmiş ve alanın ileride oluşabilecek yeni obruk sahası olabileceği tespit edilmiştir. Bu alanlar ile ilgili arazi sahiplerine gerekli uyarıların yapılması, oluşabilecek tehlikelerin bertaraf edilmesi açısından önemlidir.

Bu muhtemel obruk üzerinde yapılan sızma hızı deneyi sonuçları değerlendirmede verilmiştir.



Şekil 4.19. ERT-4 Üzerindeki muhtemel obruk

ERT-5 profilinde elektrot aralığı 5 metre, profil uzunluğu 120 metredir. Wenner-Schlumberger dizilimi kullanılmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. ERT-5 Profil hattı

Profil kesitinde yüzeyden yaklaşık olarak 20 metre derinliğe kadar 5-263 ohm.m özdirenç arasında değişen özdirenç değerindeki birimlerin Şekil 20’de anlaşılabacağı yerin görüldüğü çakıltası ve kireçtaşı yapısından jips içeren kumtaşı, kiltası ve marn içerikli bir istif tespit edilmiştir. Profil hattı üzerinde 55-60 metreler arası obruk oluşumu net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.20’de ERT-4 nolu kesitte olduğu gibi bu kesitte de obruğun derinleşmesini neden olabilecek bir yapı tespit edilmemiş kesitin diğer noktalarında da yer alan yüksek özdirençli seviyeler yeni bir obruk oluşmayacağını göstermiştir.

4.2. Sızma Hızı Deney Değerlendirmesi

Saha çalışmamızdaki obruk alanlarında alınan ERT ölçümlerine göre belirlenen muhtemel obruk oluşabilecek alanlarda bu deneyler gerçekleştirilmiştir.

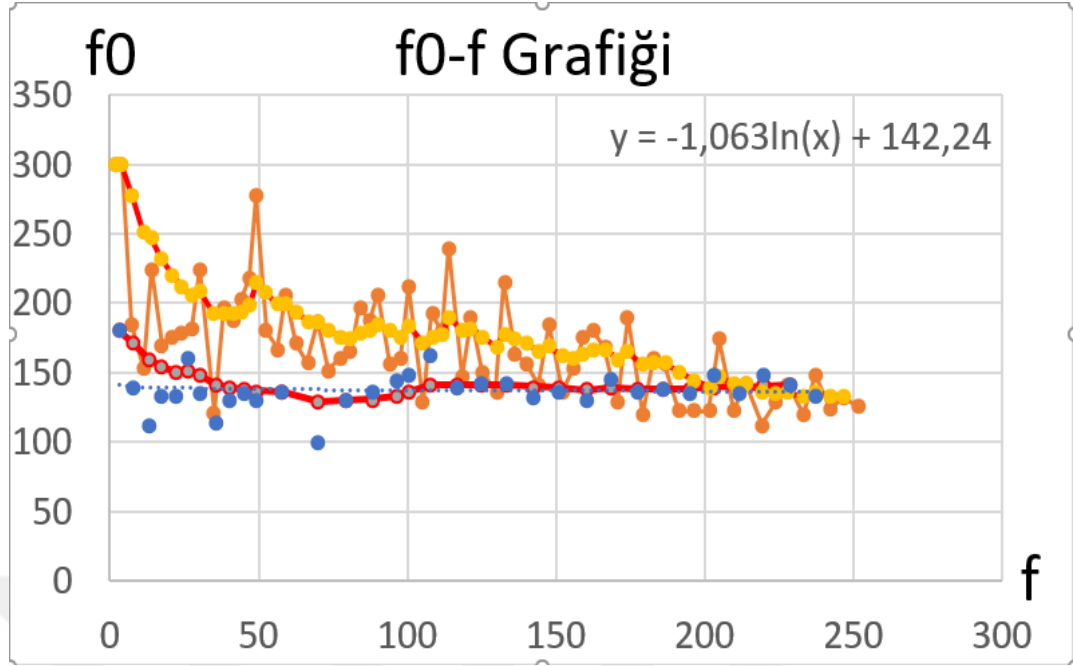


Şekil 4.21. Saha çalışmasındaki sızma hızı deney düzeneği



Şekil 4.22. ERT-4 Profil hattı üzerinde yapılan infiltrasyon uydu görüntüsü

Elde edilen bu sonuçlarda Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) ile belirlenen muhtemel obruk alanı üzerinde alınan infiltrasyon 2 deneyi elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir. Burada sızma kapasitesine bağlı infiltrasyon sınıfı çok yüksek ve yüksek çıkmıştır. Çok yüksek çıkan alanda özellikle jipsli birimlerin daha yoğun olduğunu düşük özdirenç değerlerinden de görmekteyiz. İnfiltrasyon 1 deneyinde elde edilen sızma kapasitesi daha düşük çıkmış ve buradaki düşük özdirençli jipsli yapının çok sığda kalması yeni obruk oluşumunun ihtimalinin az olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.23. İnfiltrasyon eğrisi (1. Ölçüm: Mavi Noktalı Kırmızı Eğri; 2. Ölçüm: Sarı Noktalı Kırmızı Eğri)

Bu egride;

f : yağışın başlamasından sonra t anındaki sızma kapasitesi

f_0 : yağışın başlangıcındaki sızma kapasitesi

Tablo 4.2. Mavi noktalı eğrinin infiltrasyon sınıflaması (Fetter, 2018)

ZEMİN CİNSİ	SIZMA KAPASİTESİ mm/saat	İNFİLTRASYON SINIFI
Kumtaşı	63-127	Orta-Yüksek arası
Çakıлтаşı, Kumtaşı	127-254	Yüksek

Tablo 4.3. Sarı noktalı eğrinin infiltrasyon sınıflaması (Fetter, 2018)

ZEMİN CİNSİ	SIZMA KAPASİTESİ mm/saat	İNFİLTRASYON SINIFI
Çakıltaşı, Kumtaşı	127-254	Yüksek
Kireçtaşı, Kum, Jips	>254	Çok yüksek

5.TARTIŞMA

Çalışma alanındaki obruklarda muhtemel genişleme alanı ve yeni oluşabilecek obruklar belirtilmiştir. Belirttiğimiz bu bölümlerin düşük öz dirençli olma nedeni olarak, yüzeyden sızan suların kumtaşı-kireçtaşı olarak belirttiğimiz yüksek öz dirençli birimlere nüfus etmesi sonucu suyun nemliliğinden kaynaklı öz direnç değerlerini düşürmesi olarak yorumlanmıştır.

Ancak bu düşük öz direnç değerleri gerçekten killi-jipsli birimden mi kaynaklanıyor yoksa kumtaşı –kireçtaşı içerisinde jips mercceklerinin yüzey suyunun etkisiyle erimesi sonucunda birimin özelliklerinin değişmesinden mi kaynakladığını anlayabilmek için jeofizik yöntemlerden olan iki boyutlu sismik kırılma ile jipsli birimlerin tabakalanması tespit edilebilir. Bunun yanı sıra belirtilen noktada sondaj çalışmalarının da yapılması bu birimlerin tespiti açısından da doğru bir sonuç olacaktır.

Eskişehir Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünün Jeolojik etüt raporunda yer alan bölgede çapları 15 metreye, derinlikleri 10 metreye kadar varan obrukların oluştuğu belirtilmiştir (Armaç, Kızılkapan, Özdil & Uzun, 2018, ss. 5-8).

Çalışma alanı geniş olduğundan tüm sahanın muhtemel obruk alanlarını ERT ve Sızma Hızı Deneyi ile belirleyebilmek hem zaman hem de bütçe açısından uygulanabilir olmadığından bunun yerine drone ile yüksek çözünürlüklü yüzey modeli belirlenmelidir. Bu yüzey modeli ile suyun yüzeyden drene olduğu alanlar belirlenip o bölgelerde sızma hızı, rezistivite, sismik yansıma ve kırılma yöntemlerinin yapılması daha uygun olacaktır.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Eskişehir Sığırcık Köyünde yapılan saha çalışmalarımızda elde edilen verilerin değerlendirme sonuçlarına göre hem jeofizik verileri hem de sızma hızı deneylerinin birbiriyle örtüştüğünü görebilmekteyiz. Veri analiz sonuçlarına bakıldığında bölgede oluşan obrukların yüzey sularının akışı ile yeraltındaki jipsli birimleri eriterek çözünme obruklarının oluştuğu düşünülmektedir. Bölgede DSİ tarafından açılmış sondaj loglarının incelenmesi sonucu yeraltısuyunun 20 metre derinliklerde olduğu gözlenmiştir. Bu derinlik ERT kesitlerinde de gözlemlendiği gibi obruk tabanının oldukça altındadır. Dolayısı ile bölgedeki obruk oluşumu yeraltısı seviyesi ile doğrudan ilgili değildir. Muhtemel yüzey sularının bölgede topoğrafya ya da sızma yollarına bağlı olarak çeşitli bölgelerde biriktiği ve obruk oluşumunu tetiklediği söylenebilir. Obruk oluşumunu tetikleyen yüzey suyu, yağış kökenli olabileceği gibi kontrolsüz olarak yeraltısuyunun tarım için kullanılması ve aynı şekilde tarım alanlarında sulama için kullanılan suyun fazlasının yeraltına sızması ve özellikle jips gibi eriyebilen kayalar eriterek obruk oluşumunu tetikleyebileceği değerlendirilmiştir.

Obruk oluşan bölgelerde jeolojik ve jeofizik etütler yapılarak bunlara bağlı risk haritaları oluşturulmalıdır. Eğer bölgede aşırı yeraltı suyu kullanımı da varsa kontrol altına alınmalı, kaçak kuyulara izin verilmemelidir.

Saha çalışmalarına ek olarak hidrojeolojik analizler yapılarak yeraltısı potansiyeli incelenmelidir. Buna bağlı olarak da daha az su tüketen tarımsal ürünler teşvik edilmelidir.

Bu çalışmalara ilave olarak ERT-4 verilen muhtemel obruk alanı üzerinde yapılan sızma hızı deneyi gibi, ERT-2 profil hattı üzerinde de önerilen muhtemel obruk alanında sızma hızı deneyi yapılarak literatüre yeni bir katkı sağlanmalıdır. Bu çalışmamıza ek olarak sondaj ve araştırma çukurları açılarak obruk oluşumuna sebep olan zemin yapısının incelenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda bölgede belirlenen noktalarda hidrolik iletkenlik ölçümleri yapılarak yüzey sularının zemin içindeki permeabilite hesaplarının yapılması gerekmektedir.

Bu bölgede tekrar yeni bir obruk oluşma olasılığı yüksektir. Bu obrukların çevresinde yeniden çökmeler yaşanmaması için koruma tedbirleri alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acarlar, M., Güner E. ve Turhan N. 2009, Eskişehir J26 Paftası, MTA.
- Alagöz, C., 1944. Türkiye'de Karsı Olayları. T.C. Kurumu Yay. 1
- Ankara Üniversitesi, 'Doğru Akım Özdirenç Yöntemi', erişim: 22 Temmuz 2024, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/71241/mod_resource/content/0/B1-JFM316_DAO1.pdf.
- Armaç, Kızkapan, Özdil & Uzun, 2018, ss. 5-8. T.C. Eskişehir Valiliği İl Afet ve Acil Durum Jeolojik Etüt Raporu
- Bayari, C. S., Pekkan, E., & Ozyurt, N. N. (2009). Obruks, as giant collapse dolines caused by hypogenic karstification in central Anatolia, Turkey: analysis of likely formation processes. *Hydrogeology Journal*, 17(2), 327.
- Biricik, A. S. 1992. Obruk platosu ve çevresinin jeomorfolojisi. Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Yayınları, 187 sayfa, İstanbul.
- Canik, B., 1997, Konya Dolaylarında Suların Oluşturduğu Doğal Anıtlar ve Bunların Korunması, 20.Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiriler, 159- 166, Konya.
- Canik, B. ve Çörekçioğlu, İ., 1986, The formation of sinkholes (obruk) between Karapınar and Kızören-Konya. Proc. of Symposium on Karst water Resources, Ankara-Antalya July 1985, IASH Publ. No. 161: 193-205.
- Çevikbaş, A, Ercan, T., Metin, S. 1988. Geology and Regional Distribution of Neogene Volcanics between Afyon Şuhut. Journal of Pure and Applied Sciences 21, 1-3, 479-499.
- Doğan, U. 2004. Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(1): 249-269.
- E. Horton 1875-1945. ABD Standart Sızma Hızı Eğrisi
- Erinç, S., 1960. Konya Bölümü'nde ve İç Toros Sıralarında Karsı Şekilleri Üzerine Müşahedeler. T.C. Derg. No: 20.
- Eskişehir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2024). <https://eskisehir.ktb.gov.tr/TR-111593/iklim-ve-bitki-ortusu>
- Fetter, C. W. (2018). *Applied hydrogeology*. Waveland Press.
- Karacan, E. and Yılmaz, I. 1997. Collapse dolines in Miocene gypsum: an example from SW Sivas (Turkey): Environmental Geology, 29(1): 263–266
- Metin, S., Genç, Ş., Bulut, V., 1987. Afyon ve Dolayının Jeolojisi. MTA Rapor No: 8103, Ankara, (yayımlanmamış).

MTA. 2018. Obruk araştırmaları. Web sitesi. <https://www.mta.gov.tr>,

Önem, H., 2023. Obruk Oluşumunun Üst Yapıya Olan Etkisinin Sayısal Olarak İncelenmesi. Konya Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.

Özcan, A., Erkan, A.; Keskin, A.; Keskin, E.; Or al. A.; Özer, S.; Sümengen, M. ve Tekeli, 9., 1980, Kuzey Anadolu Fayı-Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi: MTA, Rap., 6722 (yayımlanmamış), Ankara.

Özgüner, A., 1993, Konya-Karapınar Ovası Jeolojisi ve Tuzlu Su Seviyelerinin Sodyum –Sülfat Açısından Değerlendirilmesi, MTA, Ankara.

Pekkan, E. (2004). Investigation of the hydrogeochemical processes that affects the formation of obruks as karstic depressions located in the Konya closed basin. Unpublished MSc Thesis, Hacettepe University, Ankara, Turkey.

Sabah Gazetesi, ‘<https://www.sabah.com.tr/fotohaber/yasam/turkiye-dilsiz-haritasi-fiziki-renksiz-ve-renkli-dilsiz-turkiye-haritasi-ile-daglar-ovalar-akarsular-goller-e1>’ (23.01.2024).

Törk, K. ve Güner, İ. N. 2019. Obruk. Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 27: 45-52.

Türkecan, A., Dinçel, A., Hepşen, N., Papak, i., Akbaş, B., Sevin, M., Özgür, İ.B., Bedi, Y., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G. ve Karataş, S., 1991, Bolu-Çankırı (Köroğlu Dağları) arasındaki Neojen yaşlı volkanitlerin stratigrafisi ve petrolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni 6, 85- 103

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0009-0005-8069-0703

Ad Soyad : Emel BİLGİÇ

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2010, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı
- 2021, Mühendis, İlbank A.Ş, Proje Dairesi Başkanlığı

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2022, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.