



UMVAL (2022) Kodu'nun UMREK (2023) Kodu ile etkileşimi ve diğer ulusal değerlendirme kodları ile karşılaştırılması

Interaction of UMVAL (2022) Code with UMREK (2023) Code and comparison with other national valuation codes

A.ERHAN TERCAN ^{1*} 

¹ Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, Türkiye

Geliş (received): 16 Kasım (November) 2024 Kabul (accepted): 7 Mart (March) 2025

ÖZ

UMREK (2023) ve UMVAL (2022) Kodları, Türkiye'de madencilik sektöründe yatırımcı ve hissedarlara şeffaf ve güvenilir bilgi sağlamak amacıyla geliştirilmiş standartlardır. UMREK Kodu; arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervlerinin raporlanmasını, UMVAL Kodu ise maden sahalarının değerlemesini kapsar. İki kod, halka açık raporlamalarda yetkin kişiler ve maden sahaları değerlendirme uzmanlarına yol gösteren minimum standartlar ve yönergeler sunar.

UMREK ve UMVAL Kodları arasındaki etkileşim, teknik değerlendirme ve değerlendirme arasındaki ilişkiyi ortaya koyup, maden sahaları değerlendirme uzmanı ve yetkin kişilerin değerlendirme çalışması içindeki rollerini belirlediği için önemlidir. Bu çalışmada kodlar arasındaki etkileşim iki ana başlık altında incelenmiştir: UMREK Kodu'nun UMVAL içindeki yeri ve UMVAL'in teknik değerlendirme gerekliliklerinin UMREK ile ilişkisi ve bu ilişki içinde maden sahaları değerlendirme uzmanı, yetkin kişi ve teknik uzmanların rolleri.

UMREK ilişkisine ek olarak UMVAL, dört adet ulusal değerlendirme kodu (CIMVAL, SAMVAL, VALMIN ve SME Standarts) ile değerlendirme uzmanı, teknik değerlendirmenin niteliği, saha ve rapor türleri açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, etkileşimin yönünün UMREK'ten UMVAL'e doğru olduğunu ve UMVAL'in, CIMVAL, SAMVAL ve SME Standarts ile benzer özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Maden Sahaları Değerleme, Maden Sahaları Değerleme Uzmanı, Teknik Değerlendirme, Yetkin Kişi

ABSTRACT

UMREK (2023) and UMVAL (2022) Codes are standards developed to provide transparent and reliable information to investors and shareholders in the mining sector in Turkey. The UMREK Code covers the reporting of exploration results, mineral resources and mineral reserves, while the UMVAL Code contains the valuation of mineral properties. The two codes provide minimum standards and guidelines that guide competent persons and mineral property valuers in public reporting.

The interaction between UMREK and UMVAL Codes is important as it reveals the relationship between technical assessment and valuation and determines the roles of mineral property valuers and competent persons in the valuation study. In this study, the interaction between the codes is examined under two main

headings: the place of the UMREK Code in the UMVAL and the relationship between the technical assessment requirements of the UMVAL and the UMREK and the roles of the mineral property valuers, competent person and technical experts in this relationship.

In addition to the UMREK relationship, UMVAL was compared with four national valuation codes (CIMVAL, SAMVAL, VALMIN and SME Standards) in terms of property valuator, nature of the technical assessment, field and report types. The results show that the direction of interaction is from UMREK to UMVAL and that UMVAL is similar to CIMVAL, SAMVAL and SME Standards.

Keywords: Mineral Property Valuation, Mineral Property Valuator, Technical Assessment, Competent Person

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.1587922>

*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author: erhan@hacettepe.edu.tr

GİRİŞ

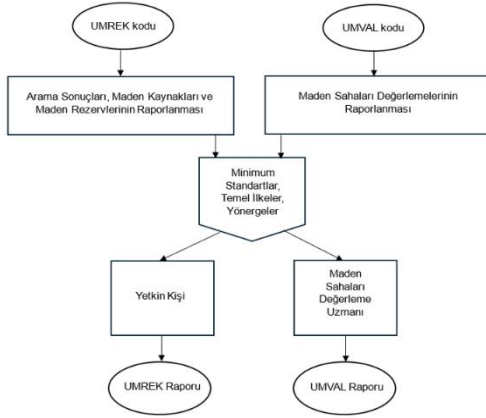
UMREK (2023) ve UMVAL (2022) Kodları yatırımcılar ve hissedarları açık, güvenilir ve şeffaf bir şekilde bilgilendirmek amacıyla geliştirilmiş kodlardır. UMREK Kodu; arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervleri, UMVAL Kodu ise maden sahalarının değerlendirilmesi ile ilgilidir. Her iki kod, minimum standartlar ve temel ilkeleri ortaya koyar ve halka açık raporların hazırlanmasında yetkin kişi ve maden sahaları değerlendirme uzmanlarına yardımcı olur.

“Kod” kelimesi Türkçe olmayıp İngilizce “Code” kelimesinden gelmektedir. Kanun, yönetmelik veya daha alt düzeydeki düzenlemeler veya rehber belgeler anlamına gelir. Kod kelimesi makalede Düzenleyici tercih ettiği için kullanılmıştır. Türk hukuk sisteminde yürütme organının yaptığı yönetmelikten daha alt düzeydeki düzenlemelere; “kararname”, “genelge”, “ilke kararı”, “yönerge”, “talimat” gibi değişik isimler verildiği görülmektedir (Kuluçlu, 2008). Bundan sonra orijinal isme (UMVAL Kodu ya da UMREK Kodu) atıf yapılmayan yerlerde “Kod” kelimesi yerine “Yönerge” kullanılacaktır.

UMREK ve UMVAL Kodlarında öne çıkan ortak temel ilkeler yetkinlik, kapsamlılık ve şeffaflık olurken UMVAL bunlara ek olarak nesnellik (tarafsızlık), bağımsızlık ve makul olma (kabul edilebilirlik) ilkelerini de dikkate alır. UMREK ve

UMVAL Kodları, sadece maden sahalarına uygulanan yönergeler olup petrol ve doğal gaz sahalarını kapsamaz. Benzer şekilde UMVAL, pay ve şirket değerlemeleri amacıyla kullanılamaz. Şekil 1, bu raporlama yönergelerinin genel özelliklerini şematik olarak özetlemektedir.

UMREK ve UMVAL Kodları etkileşim içinde olup birbirini tamamlayan yönergelerdir. Şimdiye kadar bu etkileşimin niteliğini ortaya koyan bir çalışma yapılmamıştır. Özellikle UMREK Kodu’nun UMVAL içindeki yeri, UMVAL’in teknik değerlendirme gerekliliklerinin UMREK ile ilişkisi ve değerlendirme çalışmasında maden sahaları değerlendirme uzmanı, teknik uzman ve yetkin kişilerin rolleri tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışmada belirtilen bu üç konu ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada ayrıca bir dizi kriter dikkate alınarak UMVAL ve diğer ulusal değerlendirme yönergeleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Yazının ikinci bölümü UMREK Kodu’nun UMVAL içindeki yerini belirlemekte, üçüncü bölümü UMVAL’daki teknik değerlendirme çalışmalarının UMREK ile ilişkisini ve bu ilişki içinde uzmanların rolünü incelemekte, dördüncü bölüm UMVAL ve diğer değerlendirme yönergelerini karşılaştırmaktadır. Son bölüm sonuçları içermektedir.



Şekil 1. UMREK ve UMVAL kodlarının şematik bir özeti

Figure 1. A schematic summary of the UMREK and UMVAL codes

UMREK KODU'NUN UMVAL İÇİNDEKİ YERİ

UMREK Kodu, UMVAL içinde 18 yerde geçer:

- ✓ Üç yerde UMREK ile uyumlu olduğu vurgulanır (Maddeler 1.1 ve 1.5),
- ✓ İki yerde yetkin kişi tanımına değinilir (Maddeler 2.1.1 ve 4.39),
- ✓ Bir yerde maden kaynakları ve maden rezervlerinin UMREK Kodu'na göre tanımlanması gerektiği ifade edilir (Madde 2.6),
- ✓ Dokuz yerde UMREK Kodu tanımları kullanılmadığında yapılması gerekenler açıklanır (Maddeler 2.6 ve 3.5.2),
- ✓ İki yerde teknik raporun UMREK Kodu'nun gerektirdiği şekil ve benzer ayrıntı düzeyinde olması gerektiği ifade edilir (Maddeler 3.5.2 ve 4.44) ve
- ✓ Bir yerde UMREK Kodu'na atıfta bulunularak halka açık raporda yerinde değer hesaplanamayacağı belirtilir (Madde 3.7).

UMREK Kodu'nun UMVAL içinde çok yerde geçmesinin nedeni UMVAL raporlarının maden sahalarının teknik değerlendirmesi ve daha sonra değerlemesinden oluşan birbirini izleyen iki temel çalışmaya dayanmasıdır. Nitekim UMVAL Kodu, Madde 3.5.1'de "kapsamlı bir maden sahaları değerlendirme raporu, teknik bilgiler ve değerlendirme analizlerinden oluşmalıdır" diyerek bunu açık bir şekilde ifade etmektedir.

UMVAL Kodu, UMREK Kodu'na pek çok yerde atıfta bulunurken bunun tersi yönde bir etkilene söz konusu değildir. Yönergeler arasındaki etkileşimin yönü UMREK'ten UMVAL'e doğrudur. UMREK Kodu, sadece Madde 2.16'da arama hedefleri ve arama sonuçları tanımları ve maden kaynak ve maden rezerv tahminlerinin değerlendirme veya değer tahmini yapmak amacıyla kullanılabileceğini ifade eder.

UMVAL KODU VE TEKNİK DEĞERLENDİRMELER

UMVAL Kodu, değerlendirmeyi "bir maden sahasının fiziksel, teknik, yasal, ekonomik veya diğer yönlerinin değerlendirilmesi (Madde 1.6)" şeklinde tanımlar. Bu süreçte arama sonuçları, maden kaynak / maden rezerv kestirimleri ve teknik (fizibilite, ön fizibilite, ön ekonomik değerlendirmeler ve kapsam belirleme) çalışmalar öne çıkar. Değerleme ise bir maden sahasının değerinin para veya parasal eşdeğeri olarak tahmin edilmesi çalışması (Madde 1.6) şeklinde tanımlanır.

Teknik değerlendirmenin kapsamı

UMVAL Kodu'nda yapılan değerlendirme (Madde 1.6) ve teknik rapor (Madde 4.44) tanımları ve ayrıca teknik bilgilere ilişkin kontrol listesi (Madde 3.5.2), teknik değerlendirmenin ne olduğu ve neyi içerdiği konusunda kapsamlı bilgiler vermektedir. UMVAL Kodu kontrol listesi içinde verilen teknik değerlendirme konularından bazıları aşağıda sunulmaktadır.

- ✓ Saha Konumu, Erişim ve Altyapı
- ✓ Maden Sahası Sahipliği, Statü ve Sözleşmeler
- ✓ Arama ve Üretim Geçmişi
- ✓ Jeoloji ve Cevherleşme
- ✓ Arama Sonuçları ve Arama Potansiyeli
- ✓ Sondaj, Numune Alma, Analiz ve Veri Doğrulama
- ✓ Maden Kaynakları ve Maden Rezervleri
- ✓ Zenginleştirme
- ✓ Çevresel ve Sosyal Konular
- ✓ Ekonomik ve Üretimle İlgili Parametreler
- ✓ Temel Varsayımlar, Riskler ve Sınırlamalar

Buna göre teknik değerlendirmenin UMREK kapsamında ele alınan arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervleri (ASMKMR) raporlama konularını içerdiği söylenebilir.

UMVAL Kodu içindeki teknik değerlendirmeler UMREK Kodu'na uymak zorunda mı?

Bu sorunun cevabı UMVAL Kodu içinde Madde 2.6 ve Madde 3.4.2 de geçmektedir. Buna göre UMVAL Kodu, teknik değerlendirmelerin UMREK standardına göre yapılması gerektiğini ifade etmekte ancak bunu zorunlu tutmamaktadır. Örneğin Madde 3.4.2'de maden sahaları değerlemesinde kullanılan maden rezervleri ve maden kaynaklarının yetkin kişi tarafından tahmin edilmesi, onaylanması, güncel ve UMREK tanımlama ve raporlama standartlarına uygun olması gerektiği ifade edilmekte, bununla birlikte bu standartlara uymayan (geçmiş ve güncel

olmayan tahminler dâhil olmak üzere) cevherleşmenin miktar ve tenörüne ilişkin tahminler kullanılıyor ya da bu tahminlere atıf yapılıyorsa bunların maden sahaları değerlendirme raporunda açık bir şekilde ifade edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Diğer bir ifade ile UMVAL, UMREK Yönergesi'ne uymayan maden kaynak ve maden rezerv kestirimlerinin değerlendirilmesine izin vermektedir.

UMVAL Kodu'nun mevzuat içindeki yeri

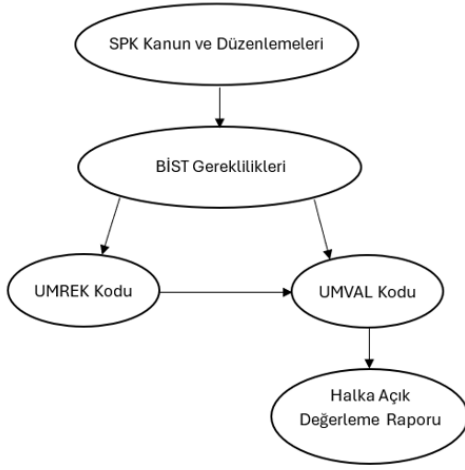
UMVAL Kodu, hiyerarşik olarak Türk Ticaret Kanunu, SPK Kanun ve düzenlemeleri ve BİST'in gerekliliklerinin altında olup bunlarla tutarlı olduğu sürece geçerlidir (Madde 1.4.1). UMREK Kodu ve UMVAL Kodu, Maden Kanunu açısından Maden Yönetmeliği'nin bir alt düzenlemesi iken SPK Kanunu açısından SPK düzenlemelerine dayalı teknik bir standarttır. Dolayısıyla hem Maden Yönetmeliği'ne hem de SPK Kanunu'na göre bir alt normdur. Şekil 2, UMVAL Kodu'nun mevzuat içindeki yerini şematik olarak göstermektedir.

SPK'nın 11.04.2019 tarih ve 21/500 sayılı kararı, UMREK standardına göre hazırlanmış raporlara özel bir önem vermektedir. Karara göre maden ruhsatının, maden kaynak ve maden rezervlerinin değerlendirilmesinde UMREK standartları çerçevesinde yetkin kişiler tarafından hazırlanan raporların esas alınması gerektiği ifade edilir. Bu karar oldukça katı olup UMVAL Madde 3.4.2'deki gibi bir esneklik içermez.

UMVAL Kodu'nda teknik uzman ve yetkin kişilerin rolleri

UMVAL Kodu'na göre maden sahaları değerlendirme uzmanı (MSDU), değerlemeden ve maden sahaları değerlendirme raporunun bütününden sorumludur. UMVAL, maden sahaları değerlendirme raporlarının

hazırlanmasında maden sahaları değerlendirme uzmanından ayrı olarak teknik uzman ve yetkin kişilerin rolüne değinmektedir. Teknik uzman, teknik bilgileri gözden geçiren, temin eden veya değerlendirme raporunun ilgili bölümlerini hazırlayan kişi şeklinde tanımlanmaktadır (Madde 4.8). Teknik uzman'ın sağlayacağı teknik bilginin niteliği konusunda UMVAL Kodu açık değildir. Bilgi, değerlendirme konusunda olabileceği gibi değerlendirme konusunda da olabilir. UMVAL, teknik uzman'ın tecrübesi ve yetkinliği konusunda da yeterince bilgi vermemektedir.



Şekil 2. UMVAL kodunun mevzuat içindeki yeri

Figure 2. The place of the UMVAL code in the legislation

UMVAL Kodu'nda teknik uzman ve yetkin kişilerin rolleri

UMVAL Kodu'na göre maden sahaları değerlendirme uzmanı (MSDU), değerlemeden ve maden sahaları değerlendirme raporunun bütününden sorumludur. UMVAL, maden sahaları değerlendirme raporlarının hazırlanmasında maden sahaları değerlendirme uzmanından ayrı olarak teknik uzman ve yetkin kişilerin rolüne değinmektedir. Teknik uzman, teknik bilgileri gözden geçiren, temin eden veya

değerleme raporunun ilgili bölümlerini hazırlayan kişi şeklinde tanımlanmaktadır (Madde 4.8). Teknik uzman'ın sağlayacağı teknik bilginin niteliği konusunda UMVAL Kodu açık değildir. Bilgi, değerlendirme konusunda olabileceği gibi değerlendirme konusunda da olabilir. UMVAL, teknik uzman'ın tecrübesi ve yetkinliği konusunda da yeterince bilgi vermemektedir.

Yetkin kişi tanımı UMREK Kodu (2023)'nda verilen tanım ile aynıdır. Tanınmış bir profesyonel kuruluşun uygun üyelik sınıfına kayıtlı olma, tanınmış profesyonel kuruluşlarca önerilenler arasından UMREK tarafından verilen yetkinlik/sertifikasyon belgesine sahip olma ve madencilik sektöründe çalışan mesleki bir profesyonel olma yetkin kişiden istenen şartlardır. Yetkin kişi ayrıca cevherleşme veya maden yatağı tipi ve sorumluluğunu aldığı çalışma ile ilgili en az 7 (yedi) yıllık deneyime sahip olmak zorundadır. Yetkin kişi, teknik raporu hazırlar (Madde 2.2.1), UMREK Kodu'na uymayan maden kaynak ve maden rezerv tahminlerini buna uygun şekilde düzenler (Madde 2.6), değerlendirme kapsamındaki tüm teknik verilerin doğrulamasını gerçekleştirir (Maddeler 2.10-i ve 4.38) ve maden kaynak ve maden rezervlerini tahmin eder (Madde 3.4.2). Buna göre yetkin kişinin bir değerlendirme raporunun hazırlanması sırasında teknik uzmana göre daha kapsamlı bir role sahip olduğu söylenebilir.

Yetkin kişi olmayan MSDU, yetkin kişi tarafından hazırlanan teknik rapora dayanarak tek başına değerlendirme yapabilir mi?

Bu soru ve cevabı, maden sahaları değerlendirme uzmanı (MSDU)'nın neyi gerçekleştirebileceğini bilmesi açısından önemlidir. UMVAL Kodu Madde 2.1.1'de "Değerleme çalışmasının belirli bir bölümü konusunda yetkin olmayan MSDU'nun, o alanda yetkin bir MSDU'dan ya da o bölümü

üstlenebilecek ilgili alanda veya disiplinde yetkin bir teknik uzmandan veya yetkin kişiden yardım almak zorunda olduğu, örneğin, bir maden sahaları değerlemesinde, MSDU'nun yetkin kişi tarafından hazırlanan teknik rapora güvenebileceği" ifade edilir. Bu durum Madde 2.10-i'de bir kez daha ele alınır ve "MSDU'nun yetkin kişi olmadığı durumlarda, değerlemesi yapılan maden sahasına ilişkin kapsam dâhilindeki tüm teknik verilerin bir veya daha fazla yetkin kişi tarafından veri doğrulamasına tabi tutulması ve güncel teknik rapor zaten mevcutsa, MSDU'nun değerlemeyi desteklemek için mevcut rapora güvenebileceği; ancak mevcut rapora teknik anlamda duyulan güven seviyesinin değerlendirilmesinde açıkça belirtilmesi" gerektiği ifade edilir. UMVAL içinde yer alan bu iki maddeden, yetkin kişi olmayan bir MSDU'nun yetkin kişi imzalı mevcut bir teknik rapora dayanarak tek başına bir değerlendirme raporu hazırlayabileceği anlaşılmaktadır.

Değerleme çalışması; madenlerin, maden projelerinin veya madenlere bağlı hak ve faydaların muhtemel değerinin raporlanması çalışmasıdır (Madde 2.10). UMVAL, MSDU'nun mesleki uzmanlık alanına ilişkin bir sınırlama getirmez. Bu nedenle MSDU'nun bu kadar geniş bir alan içinde yetkinliğinin nerede olduğunu bilmesi zor olabilir. Bu konuda UMVAL içinde tanımlanan maden ruhsat sahaları kategorileri (arama sahaları, maden kaynağı sahaları, geliştirme sahaları ve üretim sahaları) bir rehber olabilir. Bir MSDU, yetkinliğinin bu kategorilerden hangisi ya da hangilerinde olduğunu bilincinde olması gerekir. Yetkinlik oldukça karmaşık bir konudur. Kişiler, bir konudaki yetkinliklerinin derecesini ölçemeyebilir. Bununla birlikte Tablo 1'de önerilen ölçek yetkinliğin derecesini tanımlamak amacıyla kullanılabilir.

Tablo 1. Yetkinlik derecesinin tanımlanması.

Table 1. Defining the degree of competence

Yetkinliğin derecesi	Açıklama
Temel	Çalışmaları danışarak yürütebilir
Orta	Çalışmaları kendi başına yürütebilir
İleri	Problemleri giderebilir, başkalarına öğretebilir veya denetleyebilir
Uzman	Alanının zirvesinde, son derece bilgili ve başarılı

DİĞER ULUSAL DEĞERLEME YÖNERGELERİ İLE KARŞILAŞTIRMA

Kanada'nın CIMVAL (2019), Güney Afrika Cumhuriyeti'nin SAMVAL (2016), Avustralya'nın VALMIN (2015) ve Amerika Birleşik Devletleri'nin SME Valuation Standards (2017) karşılaştırmanın yapıldığı ulusal değerlendirme yönergeleridir. ABD'de maden sahalarının değerlemesinde USPAP, SEC Regulation S-K 1300 ve IRS gibi farklı kurumların yönergeleride kullanılmaktadır. Bu çalışmada SME Valuation Standards'ın dikkate alınmasının nedeni IMVAL (International Mineral Valuation Committee) tarafından kabul gören bir standard olmasıdır. Beş adet karşılaştırma kriteri dikkate alınmıştır. Bunlar;

- ✓ Maden sahaları değerlendirme uzmanı (MSDU)'nın tanımı,
- ✓ Değerlemeye temel oluşturacak teknik değerlendirmelerin arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervleri raporlama (ASMKMR) koduna uygunluğu,

- ✓ Değerlenecek saha türü (maden ya da petrol ve doğal gaz sahaları),
- ✓ Şirket Değerlemesi ve
- ✓ Üretilcek rapor türü (saha değerlendirme, teknik değerlendirme ve bağımsız uzman raporu).

Njowa vd. (2014) ve Abergel (2014), uluslararası maden sahaları değerlendirme şablonu IMVAL'ın hazırlanması sürecinde ulusal değerlendirme yönergelerinin daha kapsamlı bir karşılaştırmasını yapmıştır. IMVAL şablonu, 2021 yılında güncellenmiştir.

MSDU tanımı

Hemen hemen tüm kodlar, değerlendirme uzmanının etik kurula sahip profesyonel bir örgütün saygın bir üyesi olması gerektiği konusunda birleşmektedir. Bununla birlikte değerlemede ilgili deneyime sahip olma ve deneyimin süresi konusunda değerlendirme kodları arasında farklılıklar bulunmaktadır.

UMVAL, uzmanın değerlemede en az beş yıl deneyime sahip olması gerektiğini ifade ederken CIMVAL, SAMVAL ve SME Standards bu konuda yıl tecrübesi aramamaktadır. Bununla birlikte VALMIN, teknik değerlendirmede en az beş yıl ve maden varlıklarının değerlendirilmesinde en az beş yıl olmak üzere toplamda en az on yıl deneyime sahip olması gerektiğini ifade etmektedir. VALMIN, diğer değerlendirme yönergeleri içinde değerlendirme uzmanının mesleki alanı konusunda ayrıntılı bilgi veren tek yönerge olup jeoloji, maden mühendisliği ve metalurji gibi meslek disiplinlerinde ilgili endüstri deneyimine sahip kişilerin değerlendirme ve değerlendirme çalışması yapabileceğini ifade eder. Her yönerge için maden sahaları değerlendirme uzmanı tanımları ayrıntılı bir şekilde Tablo 2'de verilmiştir.

Teknik Değerlendirmelerin Ulusal ASMKMR Koduna Uyum Zorunluluğu

Kanada'da NI 43-101 (2016), Güney Afrika Cumhuriyeti'nde SAMREC (2016), Avustralya'da JORC (2012) ve Amerika Birleşik Devletleri'nde SME Guide (2017), arama sonuçları, maden kaynakları ve maden rezervleri'nin raporlanması amacıyla kullanılan yönergelerdir. CRIRSCO (2024) ise ASMKMR amacıyla geliştirilmiş uluslararası bir şablondur.

ASMKMR yönergesine uyum konusunda değerlendirme yönergeleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. UMVAL, daha öncede ifade edildiği gibi teknik değerlendirmelerin UMREK standardına göre yapılması gerektiğini ifade etmekte ancak bunu zorunlu tutmamaktadır. CIMVAL, SME ve VALMIN Yönergeleri UMVAL'de olduğu gibi bu konuda esneklik içermektedir. SAMVAL, diğerlerinden farklı olarak SAMVAL uyumlu değerlemelerde, SAMREC veya CRIRSCO'ya bağlı diğer herhangi bir maden kaynağı ve maden rezervi raporlama yönergesine uygun olarak hazırlanmış raporların esas alınması ve bu yönergelerin ve kullanım nedenlerinin belirtilmesi gerektiğini ifade etmekte ve bu konuda hiçbir esneklik göstermemektedir. Her yönerge için teknik değerlendirmenin ilgili bir yönergeye uyumlu olup olmaması konusundaki açıklamalar ayrıntılı bir şekilde Tablo 3'te verilmektedir.

Saha Türü

Üçüncü karşılaştırma, değerlendirilecek saha türünü (maden ya da petrol ve doğal gaz sahaları) içermektedir. UMVAL, maden sahalarının değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Petrol ve doğal gaz sahalarını kapsamaz.

Tablo 2. Ulusal maden değerlendirme yönergelerine göre maden sahaları değerlendirme uzmanı tanımları.

Table 2. Definitions of mineral property valuers according to national mineral valuation codes.

UMVAL (2023)	CIMVAL (2019)	SAMVAL (2016)	VALMIN (2015)	SME (2017)
-Maden Sahalarının Değerlemesi işinde kanıtlanmış ve kapsamlı deneyim ve yetkinliğe sahip bir profesyonel, -Maden Sahalarının ekonomik süreçlerinin değerlendirilmesinde veya Değerlemesinde en az beş yıl ilgili deneyime sahip olma ve bunu kanıtlama -Etik kurallara & meslek ahlakına sahip, üyeliği askıya alma ve üyeyi ihraç edebilme yetkileri olan, konuyla ilgili en az bir profesyonel kuruluşun saygın bir üyesi olma ve bu profesyonel kuruluş tarafından denetlenme (Madde 4.38)	-Maden Sahalarının Değerlemesi konusunda kanıtlanmış ve kapsamlı deneyime sahip bir profesyonel -Maden Sahası ile ilgili deneyime sahip olma veya Maden Sahası ile ilgili olarak Yetkin bir Kişi tarafından hazırlanmış Güncel Teknik bir Raporu temel alma -Bir Meslek Birliği veya ilgili özdenetime sahip bir Örgütünün saygın bir üyesi olma (Definitions, Qualified Valuator)	-Maden Varlıklarının Değerlemesi konusunda gerekli niteliklere, yeteneğe ve ilgili deneyime sahip olma -Akranlarıyla yüzleşebileceğini bilme ve yapılan değerlemede yetkin olduğunu gösterme -ECSA, SACNASP veya SAGIC'ye kayıtlı olma veya SAIMM, GSSA, SAICA veya Tanınmış Profesyonel Kuruluş (RPO) veya SSC tarafından JSE Limited adına diğer kuruluşların bir üyesi olma (Appendix C, Competent Valuator)	-Raporlanacak Maden Varlığı ile ilgili olarak en az beş yıllık güncel ve ilgili endüstri deneyimine sahip ve Yetkin olma -Teknik Değerlendirmede en az beş yıl yeni ve ilgili deneyime sahip olma, Değerlemenin yapıldığı durumlarda, Maden Varlıklarının değerlendirilmesinde en az beş yıl (toplamda en az on yıl) yeni ve ilgili deneyime sahip olma -Uygulanabilir mesleki Etik Kurallara sahip bir Profesyonel Örgütün üyesi olma ve VALMIN Kurallarının ihlalinin Meslek Örgütünün kurallarına uygun bir soruşturma ile sonuçlanabileceğini bilme -VALMIN Kodu, JORC Kodu, Şirketler Yasası'nın ilgili gereklilikleri, ASIC, ASX veya diğer tanınmış Menkul Kıymetler borsalarının kamu politikaları ve hazırlanmakta olan Halka Açık Rapor ile ilgili olabilecek mahkeme kararları hakkında bilgi sahibi olma (Maddeler 2.1 ve 2.2)	-Maden Sahalarının Değerlemesinde kanıtlanmış deneyim ve Yetkinliğe sahip bir profesyonel -Maden Sahası ile ilgili deneyime sahip olma veya söz konusu Maden Sahası ile ilgili deneyime sahip bir Uzmanla güvenme -Profesyonel bir Kuruluşun saygın bir üyesi olma (Definitions, 4.39 Valuer)

Tablo 3. Ulusal madendeğerleme yönergelerinde teknik değerlendirmelerin ilgili ASMKMR kodlarına uyumu

Table 3. Compliance of technical assessments in national mineral valuation codes with relevant ASMKMR codes

UMVAL (2023)	CIMVAL (2019)	SAMVAL (2016)	VALMIN (2015)	SME (2017)
-Maden Sahasına ilişkin Maden Kaynakları veya Maden Rezervleri, Değerleme ya da Değerleme raporlarında kullanıldığında veya kaynak gösterildiğinde; güncel UMREK Kodu, 3213 sayılı Maden Kanunu veya varsa BİST/SPK ilgili tanımları kullanılmaktadır. UMREK Kodu'ndaki standartlar kullanılmadığı zaman, neden kullanılmadığının Maden Sahaları Değerleme Raporunda açıklanması, ayrıca kaynak ve rezerv tanımlarının UMREK Kodu ile uyumlu olması gerektiğinin de açıklamaya eklenmesi gereklidir. Güncel olmayan veya UMREK Kodu standartlarında ya da ulusal raporlama standartlarında belirtilen kategorileri kullanmayan geçmiş zamanlı miktar ve tenör tahminleri, Madde 2.6. a-b c'de belirtilen hususların sağlanması koşuluyla bir Değerlemede kullanılabilir.	-Değerlemede kullanılan Maden Rezervleri ve Maden Kaynakları, bir Değerleme Uzmanı tarafından tahmin edilmeli veya onaylanmalı ve güncel olmalı ve CIM Tanımlama Standartlarına veya Ulusal Raporlama Standartlarına uygun olmalıdır. Geçmiş ve güncel olmayan tahminler de dahil olmak üzere, CIM Tanımlama Standartlarına veya Ulusal Raporlama Standartlarına uygun olmayan diğer mineralizasyon miktar ve derece tahminlerinin herhangi bir kullanımı veya bunlara yapılan atıflar, okuyucuyu yanıltmamak için Değerleme Raporunda açıkça tanımlanmalı ve açıklanmalı ve Değerlemedeki herhangi bir sınırlama veya nitelik açıkça belirtilmelidir (Madde 3.4.2).	-SAMVAL uyumlu değerlemeler, ... SAMREC veya CRIRSCO'ya bağlı diğer herhangi bir Maden Kaynağı ve Maden Rezervi Raporlama Koduna uygun olarak hazırlanan Kaynaklara ve Rezervlere dayanacaktır. Bu nedenle Değerleme Raporu, değerlemenin dayandığı Kod(lar)a ve kullanım nedenine atıfta bulunacaktır. (Madde 1.12)	-Değerleme Uzmanı, herhangi bir Maden Kaynağı veya Cevher Rezervi tahminlerinin kalitesi ve Makul olup olmadığı ile ilgili yorum yapmalıdır. Geçerli yasal gerekliliklere, geçerli Listeleme Kurallarına ve JORC Koduna ne ölçüde uygun bir şekilde raporlandıkları belirtilmelidir (Madde 7.3.b).	-Söz konusu Maden Sahasına ait kaynaklar veya rezervler kullanıldığında veya bir Değerleme işlemi veya Değerleme Raporunda atıfta bulunulduğunda, bunlar ya Arama Sonuçlarının, Maden Kaynaklarının ve Maden Rezervlerinin Raporlanmasına ilişkin SME Kılavuzu'nun tanımlarına ya da CRIRSCO ile ilişkili başka bir organizasyonun tanımlarına veya CRIRSCO Uluslararası Raporlama Şablonu'nda yer alan tanımlara uygun olmalıdır. CRIRSCO sistemi kullanılmıyorsa, Değerleme Raporunda neden kullanılmadığı açıklanmalı ve mümkün olduğu ölçüde, kaynakların ve rezervlerin CRIRSCO tanımıyla uyumlaştırılması sağlanmalıdır (Madde 2.5).

Benzer şekilde CIMVAL ve SAMVAL, petrol ve doğal gaz varlıklarını kapsam dışı tutar. Buna karşılık VALMIN ve SME Standard, maden sahalarının değerlendirilmesine ek olarak petrol ve

doğal gaz sahalarına uygulanabilmektedir. Değerleme yapılacak saha türüne ilişkin ayrıntılı bilgiler her bir ulusal yönerge için Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Değerlenecek saha türü

Table 4. Type of property to be valued

UMVAL (2023)	CIMVAL (2019)	SAMVAL (2016)	VALMIN (2015)	SME (2017)
-UMVAL Kodu, petrol ve ilgili varlıkları kapsamamaktadır (Madde 1.1 ve ayrıca Madde 1.4.2 ve 2.3).	-CIMVAL kodu, petrol ve ilgili varlıkları kapsamaz (Madde 1.1).	-SAMVAL, tüm katı mineralizasyon türleri için yapılan değerlemelerin hazırlanması ve raporlanmasında geçerlidir. Petrol ve gaz (petrol) varlıkları üzerinde yapılan değerlemeler, SAMOG Kodunun himayesinde yürütülür (Madde 1.3 ve 1.4).	-VALMIN Kodu, Petrol Varlıklarının teknik değerlendirmeleri ve değerlemelerinin Kamuya Açıklanmasında iyi uygulamalara yönelik bir rehber olarak önerilmektedir (Preface).	-SME Değerleme Standartları, Maden Sahaları yanında Petrol ve Doğal Gaz değerlemesinde asgari standartlar ve yönergeler seti olarak önerilmektedir (Forward, 1.3).

Şirket değerlemesi

Yönergelerin şirket değerlemesini içerip içermediği dördüncü karşılaştırma kriterini oluşturmaktadır. UMVAL, CIMVAL ve SAMVAL şirket değerlemelerini kapsamadığını açıkça ifade etmektedir. SME Standardı ise bu konuda hiç bir ifade içermemektedir. VALMIN, şirket ve payların değerlendirilmesine izin veriyor gibi gözükse de bunun için yönerge içinde olmayan ancak atıfta bulunulan önemli ek düzenleyici yönetmelikler (ASIC (The Australian Securities and Investments Commission) düzenleyici yönergeleri), borsa yönetmelikleri (ASX (Australian Securities Exchange) yönetmelikleri), şirketler yasası (The Corporations act), lisanslar (AFSL (The Australian Financial Services Licence)),

deneyim ve üyeliğe gereksinim duyulduğu anlaşılmaktadır. Burada adı geçen ASIC, Türkiye'deki Sermaye Piyasası Kurulu (SPK)'ya, ASX ise Borsa İstanbul (BIST)'e karşılık gelmektedir. Tablo 5, yönergelerin şirket değerlemelerine ilişkin açıklamalarına ayrıntılı bir şekilde yer vermektedir.

Rapor Türü

UMVAL, CIMVAL, SAMVAL ve SME Standardı sadece değerlendirme raporu üretimine izin verirken VALMIN ile değerlendirme raporuna ek olarak teknik değerlendirme ve bağımsız uzman raporları üretilmektedir. VALMIN, teknik değerlendirme raporunu 'maden sahasının ekonomik faydasını etkileyebilecek unsurların teknik değerlendirmesini içeren rapor', değerlendirme raporunu 'maden sahasının

parasal değerine ilişkin bir görüşü ifade eden, ancak herhangi bir kurumsal menkul kıymetin değeri hakkındaki yorum içermeyen rapor', ve son olarak bağımsız uzman raporu'nu 'şirketler

yasası, ASX'in borsa yönetmelikleri veya diğer menkul kıymet borsaları tarafından istenebilecek halka açık bir rapor türü' olarak tanımlamaktadır.

Tablo 5. Şirket değerlemeleri

Table 5. Company valuations

UMVAL (2023)	CIMVAL (2019)	SAMVAL (2016)	VALMIN (2015)	SME (2017)
-UMVAL Kodu, Maden Sahalarının Değerlemesi ile sınırlı olup (sahadaki herhangi bir pay dâhil) Maden Sahalarını varlık olarak elinde tutan şirketlerin veya diğer kuruluşların Değerlemesini kapsamamaktadır (Madde 1.1 , 1.4.3 ve 2.3)	-CIMVAL Kodu, Maden Sahalarının Değerlemesi ile sınırlı olup (sahadaki herhangi bir pay dâhil) Maden Sahalarını varlık olarak elinde tutan şirketlerin veya diğer kuruluşların Değerlemesini kapsamamaktadır (Madde 1.1 ve 2.3)	-Şirketlerin değerlemesi bu kodun kapsamı dışındadır (Madde 1.7).	-(ii)Maden Varlık Değerlemesi bir Uygulayıcı; (iii) Teknik Değerlendirme sadece bir Uzman; ve (iv) Menkul Kıymet Değerlemesi yalnızca bir Menkul Kıymet Uzmanı tarafından yapılabilir (Madde 2.1, 2.2 ve 5.5).	-Şirket değerlemesi konusunda hiçbir ifade içermemektedir.

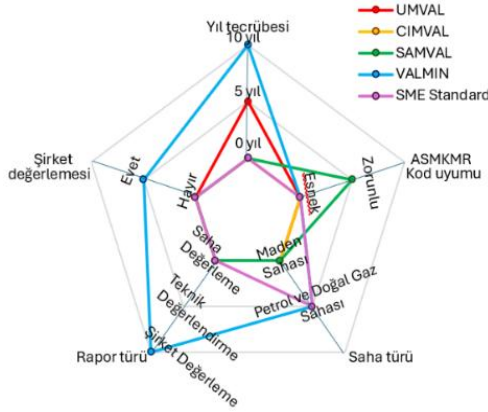
Her bir yönergenin temel özelliklerini toplu bir şekilde göstermek amacıyla radar diyagramı çizilmiş ve Şekil 3'de gösterilmiştir. Radar diyagramı UMVAL, CIMVAL, SAMVAL ve SME Yönergeleri'nin en az bir kriter'de diğerlerinden farklılık göstermesine karşın bunların genel olarak benzer özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. VALMIN ise incelenen kriterler açısından diğerlerinden belirgin bir şekilde ayrılmaktadır.

SONUÇLAR

UMREK ve UMVAL Kodları, Türkiye'de maden sahalarının teknik değerlendirmesi ve değerlemesi amacıyla kullanılan halka açık

raporlama yönergeleridir. UMREK, arama sonuçları, maden kaynak ve maden rezervlerinin teknik analizine odaklanırken, UMVAL bu bilgileri finansal değerlendirmeye dönüştürür.

Yönergelerin birbirini etkilemesi UMREK'ten UMVAL'e doğrudur. Tersine yönde bir etkilene söz konusu değildir. Bunun nedeni UMVAL raporlarının maden sahalarının teknik değerlendirmesi ve daha sonra değerlemesinden oluşan birbirini izleyen iki çalışmaya dayanmasıdır. Diğer bir ifadeyle değerlendirme çalışması teknik değerlendirmeyi kapsar.



Şekil 3. Maden sahaları değerlendirme kodlarının temel özelliklerine ilişkin radar diyagramı

Figure 3. Radar diagram of the basic characteristics of mineral property valuation codes

SPK, maden değerlendirme sürecinde UMREK standartlarına uygun raporların kullanılmasını şart koşarak daha bağlayıcı bir yaklaşım sergiler. Bu durum, SPK düzenlemelerinin UMVAL Kodu'na göre öncelikli olduğunu ve UMVAL'in yalnızca destekleyici bir çerçeve sunabileceğini göstermektedir.

UMVAL standardında maden sahaları değerlendirme uzmanı, yetkin kişi ve teknik uzmanın rolleri belirlenmiştir. Bu uzmanların kendi yetkinlik alanını ve seviyesini doğru tanımlaması, doğru ve güvenilir değerlendirme sonuçları için kritik bir öneme sahiptir.

Diğer ulusal değerlendirme yönergeleri ile yapılan karşılaştırma, UMVAL'in yetkinlik, uyum ve raporlama standartlarında benzerlik gösterdiğini ve esneklik sunduğunu ortaya koymuştur. Bu yönergelerin uyumlu şekilde kullanımı, Türkiye'nin madencilik sektöründe dünya standartları ile bütünleşmesini kolaylaştırıp, yatırımcı güvenini artıracaktır.

KATKI BELİRTME

Makaleye yaptıkları olumlu katkılardan dolayı hakemlere teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Abergel, K., 2014, Mineral Asset Valuation Codes: Towards an International Standard, MSc Thesis, Queens' University, Canada, 89 p.
- CIMVAL, 2019, The CIMVAL Code for the Valuation of Mineral Properties, The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. <https://mrmr.cim.org/media/1135/cimval-code-november2019.pdf>, 1 Ekim 2024.
- CRIRSCO, 2024, International Reporting Template for the public reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources And Mineral Reserves, Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO). <https://crirSCO.com/documentation/crirSCO-international-reporting-template>, 1 Ekim 2024.
- IMVAL Template, 2021, International Mineral Property Valuation Standards Template, International Mineral Valuation Committee. <https://imval.org/templates>, 1 Ekim 2024.
- JORC, 2012, Australasian Code for Reporting Exploration Results, Mineral Resources And Ore Reserves, Joint Ore Reserves Committee. https://jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf, 1 Ekim 2024.
- Kuluçlu, E., 2008, Türk Hukuk Sisteminde Normlar Hiyerarşisi Ve Sayıştay Denetimine Etkileri. Sayıştay Dergisi, 71, 3-22.
- NI 43-101, 2016, Standards of Disclosure for Mineral Projects. Canadian National

- Instrument 43-101, Ontario Securities Commission. https://www.osc.ca/sites/default/files/pdfs/irps/ni_20160509_43-101_mineral-projects.pdf, 1 Ekim 2024.
- Njowa, G., Clay, A.N., Musingwini, C., 2014, A perspective on global harmonisation of major national mineral asset valuation codes, Resources Policy, 39, 1-14.
- SAMREC, 2016, The South African Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (The SAMREC Code), South Africa. <https://www.samcode.co.za/samcode-ssc/samrec>, 1 Ekim 2024.
- SAMVAL, 2016, The South African Code for The Reporting of Mineral Asset Valuation (The SAMVAL Code). <https://www.samcode.co.za/samcode-ssc/samval>, 1 Ekim 2024.
- SME Guide, 2017, SME Guide For Reporting Exploration Information, Mineral Resources, and Mineral Reserves (The SME Guide). The Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME). <https://www.smenet.org/Professional-Development/SME-Guide-for-Reporting>, 1 Ekim 2024.
- SME Valuation Standards, 2017, SME Standards And Guidelines For Valuation of Mineral Properties (Including Petroleum) (SME Valuation Standards). <https://www.smenet.org/Professional-Development/SME-Valuation-Standards-Tutorials>, 1 Ekim 2024.
- UMREK, 2023, Ulusal Maden Kaynak ve Maden Rezerv Raporlama Kodu. Ulusal Maden Kaynak ve Maden Rezerv Raporlama Komisyonu. <https://umrek.com.tr/Custom/CustomPage/68532be3-64ec-4e4f-b466-e94a65e1144>, 1 Ekim 2024.
- UMVAL, 2022, Maden Sahalarının Değerleme Standardı (UMVAL Kodu), Ulusal Maden Kaynak ve Maden Rezerv Raporlama Komisyonu. <https://umrek.com.tr/Home/Announcement/181>, 1 Ekim 2024.
- VALMIN Code, 2015. Australasian Code for the Public Reporting of Technical Assessment and Valuation of Mineral Assets and Securities for Independent Expert Reports (The VALMIN Code). <http://www.valmin.org>, 1 Ekim 2024.



Altyapı Projelerinde Kazı Esnasında Karşılaşılan Zehirli Gaz Sızıntılarının Havalandırma Tabanlı Giderilmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin (HAD) Kullanımı

The Use of Computational Fluid Dynamics (CFD) in Ventilation-Based Mitigation of Toxic Gas Leaks Encountered During Excavations in Infrastructure Projects

G. GÜLSEV UYAR AKSOY ^{1*}, C. OKAY AKSOY ², H. BERKER SARISAN ³

¹ Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, Türkiye

² Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

³ GOA Mining, Ankara, Türkiye

Geliş (received): 33 Eylül (September) 2024 Kabul (accepted): 28 Mart (March) 2025

Öz

Altyapı projelerinde kazı esnasında sızan zehirli gazların havalandırma yoluyla giderilmesi hem insan sağlığı hem de çevrenin korunması açısından önemlidir. Bu süreçte, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) simülasyonları, gazların taşınması ve dağılımı ile ilgili karmaşık fiziksel süreçleri modellemek ve analiz etmek için oldukça değerlidir. Jeotermal bölgelerdeki altyapı projeleri sırasında, yer altı kaynaklarından çeşitli gazlar sızabilir. Bu gazlar, hidrojen sülfür (H_2S), karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) gibi zehirli ve/veya yanıcı gazları içerebilir. Zehirli gazların havalandırma yoluyla giderilmesi için etkili bir havalandırma sistemi tasarımı çok önemlidir. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) simülasyonları, havalandırma sistemlerinin tasarımını ve performansını değerlendirmek için kullanılabilir. Kazılar esnasında karşılaşılan kaynaklardan sızan gazların HAD simülasyonları ile modellenmesi, gazların altyapı projeleri boyunca nasıl hareket ettiğini ve çevresel etkilerini anlamaya yardımcı olabilir. HAD simülasyonları, havalandırma sistemlerinin yerleştirilmesi, kanal tasarımı, hava akış hızları ve filtrasyon verimliliği gibi faktörlerin optimize edilmesine yardımcı olabilir. Bu optimizasyon, zehirli gazların etkili bir şekilde giderilmesini ve çevresel etkilerin en aza indirilmesini sağlar. HAD simülasyonları, zehirli gazların giderilmesi için havalandırma sistemlerinin etkinliğini ve güvenliğini değerlendirmek için kullanılabilir. Ayrıca, olası acil durumlar sırasında havalandırma sistemlerinin işletimini simüle etmek, riskleri değerlendirmeye yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Altyapı, Fan, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, Tünel

ABSTRACT

Mitigating toxic gases leaking during excavations in infrastructure projects is crucial for both human health and environmental protection. In this context, Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations are highly valuable for modeling and analyzing the complex physical processes related to the transport and dispersion of gases. During infrastructure projects in geothermal regions, various gases may leak from underground sources.

These gases may include toxic and/or flammable substances such as hydrogen sulfide (H_2S), carbon dioxide (CO_2), and methane (CH_4). Designing an effective ventilation system is essential to mitigate toxic gases through ventilation.

CFD simulations can be utilized to evaluate the design and performance of ventilation systems. Modeling gas leaks from sources encountered during excavations with CFD simulations can help understand how these gases move throughout infrastructure projects and assess their environmental impacts. CFD simulations assist in optimizing factors such as the placement of ventilation systems, duct design, airflow velocities, and filtration efficiency. This optimization ensures the effective removal of toxic gases and minimizes environmental impacts.

Moreover, CFD simulations can be used to evaluate the efficiency and safety of ventilation systems in mitigating toxic gases. Simulating the operation of ventilation systems during potential emergency scenarios can also aid in risk assessment and preparedness..

Keywords: Infrastructure, Fan, Computational fluid dynamics, Tunnel

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.1542949>

*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author: gulsevaksoy@hacettepe.edu.tr

GİRİŞ

Altyapı projelerinde, ciddi çevresel etkilere sahip olabilen gaz sızıntılarıyla karşılaşılabilir. Bu gazlar genellikle zehirli ve/veya yanıcıdır. En yaygın olanları arasında hidrojen sülfür (H_2S), karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) bulunmaktadır. Bu gazların çevreye salınması oldukça tehlikelidir.

Bu gazlar doğrudan insan sağlığına zarar verebilir. Hidrojen sülfür, kısa süreli maruz kalma ile solunum sistemi üzerinde ciddi etkilere yol açabilir ve uzun süreli maruz kalma durumunda ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. Yüksek konsantrasyonlarda karbondioksit, solunum problemlerine ve hatta ölüme yol açabilir. Metan, yanıcı bir gazdır ve patlama riskini artırabilir.

Ayrıca, gaz sızıntıları doğal habitatları da olumsuz etkiler. Bu gazların bitki örtüsüne ve toprağa zarar vermesi, ekosistemlerin dengesini bozabilir. Yüksek konsantrasyonlarda karbondioksit, bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir ve toprağın asitlenmesine yol açabilir. Metan sızıntıları, atmosferde sera etkisi yaratarak iklim değişikliğine yol açabilir.

Gaz sızıntılarının havalandırma yoluyla temizlenmediği durumlarda ciddi riskler ortaya çıkar. Özellikle kapalı alanlar veya tünellerde gaz konsantrasyonları tehlikeli seviyelere ulaşırsa, bu durum, işçilerin sağlığını tehlikeye atabilir ve acil durumlarda patlama veya zehirlenme riskini artırabilir.

Bu nedenle, gaz sızıntılarının etkili bir şekilde havalandırma yoluyla temizlenmesi çok önemlidir. Havalandırma sistemleri, bu gazları dışarı atarak çevreyi ve işçilerin sağlığını korumaya yardımcı olur. Bu sistemlerin uygun tasarımı ve düzenli bakımı kritik öneme sahiptir.

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), akışkanların ve gazların hareketini ve bu hareketlerin çevreleriyle etkileşimlerini sayısal olarak simüle eden bir mühendislik disiplini. HAD, temel olarak Navier-Stokes denklemlerini çözerek akışkan akışını, ısı transferini ve ilgili diğer fiziksel süreçleri analiz eder. Bu denklemler, kütle, momentum ve enerjinin korunumu prensiplerine dayanır.

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), akışkanların hareketini ve bu hareketin

çevreleriyle etkileşimlerini sayısal olarak simüle etmek için kullanılan güçlü bir araçtır. Yer bilimi çalışmalarında, HAD analizleri giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin bu alanlardaki kullanımı, daha güvenli ve verimli operasyonlar için kritik öneme sahiptir.

Madencilikte HAD analizlerinin kullanımı, madenlerin havalandırılması, yer altı suyu kontrolü ve patlama risklerinin değerlendirilmesi gibi birçok uygulama alanını kapsamaktadır. Özellikle yer altı madencilğinde, HAD simülasyonları, havalandırma sistemlerinin tasarımını ve optimizasyonunu sağlamak için kullanılır. İyi tasarlanmış bir havalandırma sistemi, işçilerin sağlığını korur ve metan gibi patlayıcı gazların birikmesini önler (Brune, 1996).

HAD analizleri, özellikle hidrojeoloji ve jeotermal enerji araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yer altı suyu akışının modellenmesi, su kaynaklarının yönetimi ve kirlenmenin izlenmesi açısından büyük önem taşır. HAD, yer altı suyu hareketlerini ve bu hareketlerin çevresel etkilerini simüle ederek, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine katkı sağlar (Bear, 1972).

Jeotermal enerji araştırmalarında da HAD analizleri önemli bir rol oynar. Jeotermal rezervuarların karakterizasyonu ve sıcak su veya buharın yer altındaki hareketinin modellenmesi, enerji üretiminin verimliliğini artırır (O'Sullivan vd., 2001). Bu analizler, aynı zamanda jeotermal sahalarda meydana gelebilecek gaz sızıntılarının değerlendirilmesine ve bu sızıntılara karşı önlemler alınmasına yardımcı olur.

HAD analizleri, madencilik ve yer bilimlerinde çevresel ve güvenlik risklerinin değerlendirilmesinde de kullanılabilir. Örneğin gaz sızıntılarının simülasyonlarını yaparak, potansiyel tehlikelerin önceden tespit

edilmesini sağlar. Bu sayede, risk yönetimi stratejileri geliştirilebilir ve kazaların önüne geçilebilir.

HAD simülasyonları, karmaşık akışkan dinamiklerini anlamak ve tahmin etmek için güçlü araçlar sunabiliyor olsada, belirli sınırlamalar ve belirsizlikler de taşır. Model basitleştirmeleri, ağ yapısının kalitesi, türbülans modelleri ve sınır koşulları gibi faktörler, simülasyon sonuçlarının doğruluğunu etkileyebilir. Bu nedenle, deneysel veri toplanması ve simülasyonların bu verilerle doğrulanması, modellerin güvenilirliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Doğru veri toplama ve sürekli model kalibrasyonu, HAD simülasyonlarının doğruluğunu artırır ve elde edilen sonuçların güvenilirliğini sağlar. Bu tür bir çalışmada, yer altından sızan gazların tespiti ve sızma hızları büyük önem taşır. Ayrıca, mevcut havalandırma yapısındaki kaçak veya sızıntıların belirlenmesi ve tünel yapısındaki havalandırmayı etkileyebilecek geçirgen alanların tespiti, simülasyonun doğruluğunu artıracaktır.

Sonuç olarak, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizleri, madencilik ve yer bilimi alanlarında kritik öneme sahip bir araçtır. HAD simülasyonları, maden havalandırmasından yer altı suyu yönetimine, jeotermal enerji araştırmalarından çevresel risk değerlendirmelerine kadar geniş bir uygulama yelpazesi sunar. Etkili önlemler alınmadığı takdirde hem çevre hem de insan sağlığı için potansiyel tehlikeler ortaya çıkabilir. Bu nedenle, gaz sızıntılarının yönetimi ve havalandırma sistemlerinin etkinliğinin sağlanması, altyapı projelerinde hayati öneme sahiptir.

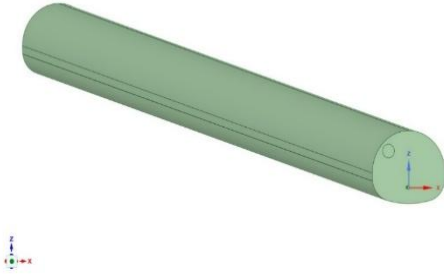
Bu çalışmada, İzmir-Ankara Hızlı Tren Tünel Projesi'nde yer alan T2 Tüneli örnek model olarak kullanılmıştır. Tünelin geometrisi, havalandırma yapısı, yüzeyleri modellenmiştir. Tünelde kazı esnasında karşılaşılan gaz

sızıntıları, yapılan ölçümler sonucunda analizlere tanımlanmıştır.

HAD ANALİZLERİ

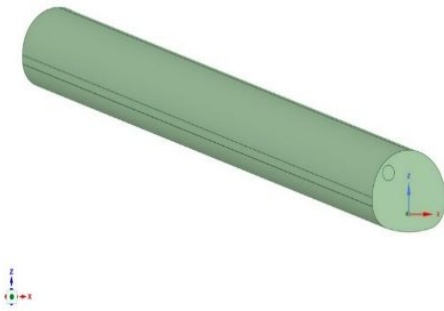
Geometri

HAD analizlerini gerçekleştirmek için, yapının üç boyutlu geometrisinin bir bilgisayar destekli tasarım programında oluşturulması gerekmektedir. Bu projede, ANSYS programının SpaceClaim modülü tasarım aracı olarak kullanılmıştır. Oluşturulan tünel geometrisi 815 metre uzunluğunda ve 130 m² yüzey alanına sahiptir. Tünel geometrisi içinde, 2200 milimetre çapında ve 765 metre uzunluğunda bir fan tüp geometrisi oluşturulmuştur (ANSYS Education Tutorials, 2016).



Şekil 1. Üç boyutlu tünel geometrisi

Figure 1. 3D tunnel geometry



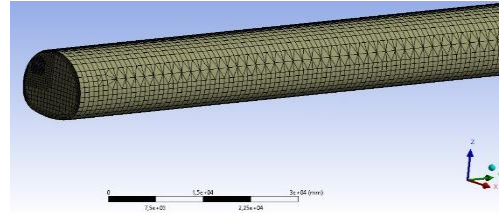
Şekil 2. Üç boyutlu fan tüp geometrisi

Figure 2. 3D fan duct geometry

Çözüm Ağı Yapısı (Meshing)

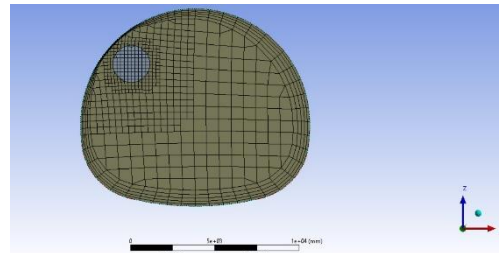
Çözüm ağı oluşturma, fiziksel bir alanı daha küçük aralıklara bölme işlemidir. Ağ oluşturma amacını, bir diferansiyel denklemin çözümünü kolaylaştırmaktır. Bu çalışmada, ağ oluşturma tekniği olarak Cutcell Mesh yöntemi kullanılmıştır. Cutcell Mesh, yüksek ortogonal kalite ve düşük eleman sayısı nedeniyle verimli bir ağ modelidir. Geometri üzerinde, 2.426.253 elemandan oluşan ve 0.07 ortogonal kalite değerine sahip yüksek kaliteli bir ağ oluşturulmuştur.

Ağ üzerinde, inlet, internal_fantup1, outlet, wall_fantup1 ve fluid_source gibi sınır isimleri tanımlanmıştır. Inlet sınır ismi fan kanalının girişini, internal_fantup1 fan kanalının tünele açıldığı yüzeyi, outlet tünel çıkışını, wall_fantup1 fan tüpün duvarlarını ve fluid_source tünel zeminindeki gazın salındığı alanları temsil eder (ANSYS Education Tutorials, 2016).



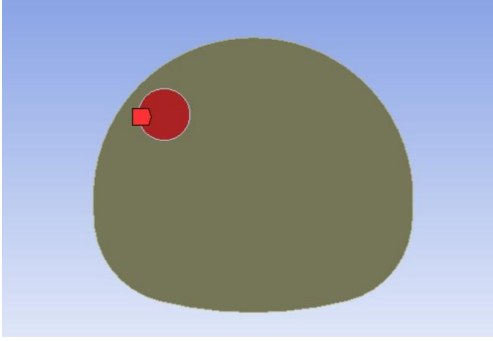
Şekil 3. Tünel üzerinde oluşturulan çözüm ağı

Figure 3. Meshing on the tunnel



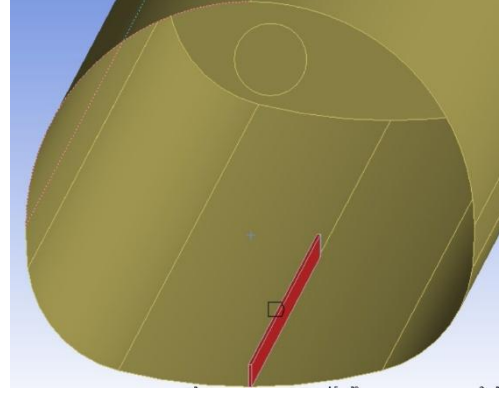
Şekil 4. Çözüm ağı kesit görünümü

Figure 4. Cross section view of the meshing



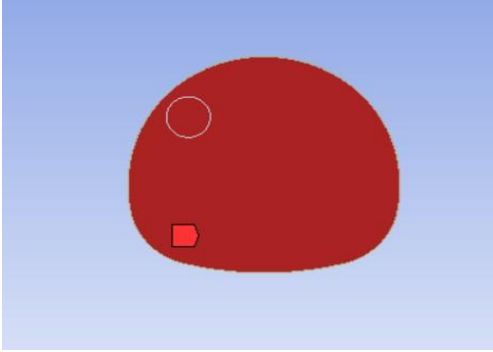
Şekil 5. Inlet sınır ismi

Figure 5. Inlet boundary name



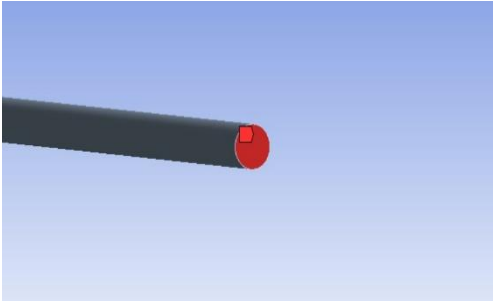
Şekil 8. Fluid_source sınır ismi

Figure 8. fluid_source boundary name



Şekil 6. Outlet sınır ismi

Figure 6. Outlet boundary name



Şekil 7. Internal_fantup1 sınır ismi

Figure 7. Internal_fantup1 boundary name

HAD Analizleri

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), sıvıların (genellikle sıvılar ve gazlar) hareketini ve etkileşimlerini bilgisayar tabanlı sayısal yöntemler kullanarak analiz eden bir mühendislik aracıdır. HAD analizleri, bilgisayar programları ve matematiksel yöntemler kullanarak akışkan akışını, sıcaklık dağılımlarını, basınç farklarını ve diğer fiziksel özellikleri modelleyip simüle eder.

HAD analizi, bir sistem veya cihazın geometrisini matematiksel olarak modellemeyi ve bu modele uygun olarak akışkan davranışlarının denklemlerine dayanan simülasyonlar yapmayı içerir. Temel denklemler, Navier-Stokes denklemleri, momentum denklemleri ve enerji denklemleri gibi denklemlerden oluşur. Bu denklemler, sonlu elemanlar yöntemi, sonlu hacimler yöntemi, sonlu farklar yöntemi gibi sayısal yöntemler kullanılarak çözülür ve böylece akışkan davranışları modellenir (ANSYS Education Tutorials, 2016).

T2 tünelinin kazı çalışmaları esnasında, tünel aynasından itibaren 400 metre boyunca 8000ppm CO₂ ve 40ppm H₂S gazlarının sızdığı tespit edilmiştir. Gaz sızıntıları saha ölçümleri doğrultusunda analizler üzerinde modellenmiştir. T2 tüneli jeotermal bir havzada bulunmasına rağmen, kazı esnasında karşılaşılan sızıntılar jeotermal değildir. Ayrıca, kullanılan fan tüplerin sızdırmaz olduğu ve tünel içindeki hava akışını etkileyen başka faktörlerin (iş makinesi, insan, araç) bulunmadığı varsayılmaktadır. Tünelin tüm yüzeyleri tahkimatlıdır. Yüzeyler Ground Sheet örtü ile kaplanmıştır. Saha incelemeleri doğrultusunda analizlerde tünelin tüm yüzeylerine 3 cm yüzey pürüzlülüğü uygulanmıştır. Zeminden sızan gazların sıcaklığı 28°C, tünelin nominal sıcaklık değeri ise 26°C'dir. Bu sebeple zeminden sızan gazların termal etkisi bulunmamaktadır.

HAD analizlerini gerçekleştirmek için ANSYS Fluent programı kullanılmıştır.

Analiz senaryosu 1

Fan tarafından tünele sağlanan hava akış debisi 39 m³/s'dir. Fanın yüzey alanı 3.8013 m²'dir. Tünelin kesit alanı 130 m² olup, tünel içindeki ortalama hava akış hızı tünel çıkışına doğru (-Y yönünde) 0.3 m/s'dir.

Aşağıdaki analizler, 765 metre uzunluğunda ve 2200 mm çapında bir fan ve fan kanalı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve 39 m³/s hava akış hızı sağlanmıştır. Bu kurulum T2 Tüneli'nin mevcut havalandırma yapısıdır. 39 m³/s hava akış hızını sağlamak için fanın hava üfleme hızı hesaplanmıştır (Goodfellow, 2020).

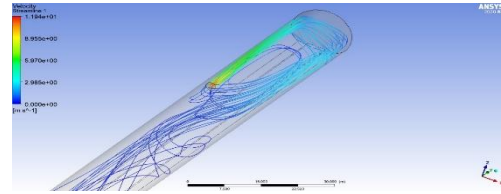
$$39 \text{ m}^3 = (3,8013 \text{ m}^2) * (V1) \quad (1)$$

Bu hesaplamalar sonucunda fanın hava üfleme hızı 10.2596 m/s olarak belirlenmiştir.

Yapılan analizlerde, tünel aynasından başlayarak 400 metre mesafeye kadar,

fluid_source sınırından 8000 ppm CO₂ ve 40 ppm H₂S salınımı yapılmıştır.

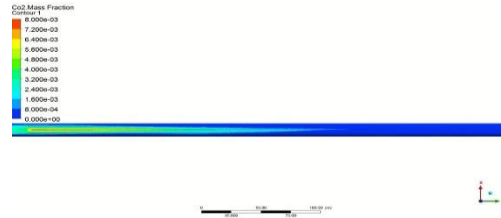
Hava akışı maksimum olarak 11,94 m/s hızda fan tüpten çıkmış ve aynaya çarpmıştır. Aynaya çarptıktan sonra akış hızı 2,985 m/s değerine kadar düşmüştür ve aynadan uzaklaşmaya devam ettikçe hızlar daha da düşerek 0 m/s seviyelerine inmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Fan tüpten çıkan havanın akış eğrileri

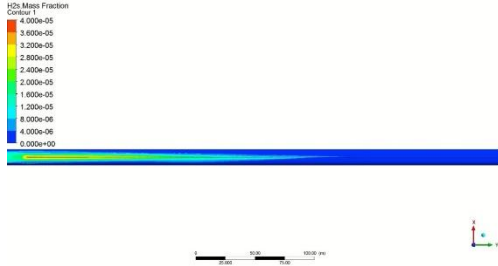
Figure 9. Streamlines of the air flow coming from fan duct

Görseller CO₂ ve H₂S gazları için -Z yönünden bakıldığında görülen kütle konturlarını göstermektedir. Görseller tünelin aynadan çıkışa doğru ilk 400 m yani gaz salınımı olan bölge ve son 400 m yani gaz salınımı tanımlanmamış bölge olarak iki şekilde incelenmektedir. Kütle konturları incelendiğinde aynadan ilk 400 m mesafede aynaya yakın olan kısımlarda 0 ppm CO₂ ve H₂S gazları görülürken, 400. m'ye yaklaştıkça küçük bir bölgede CO₂ için 8000 ppm, H₂S için 40 ppm gaz değerleri görülmüştür. Bunun sebebi hava akışının aynadan uzaklaştıkça zayıflaması ve uygun akışın sağlanamamasıdır (Şekil 10, Şekil 11).



Şekil 10. İlk 400 metre CO₂ konturları

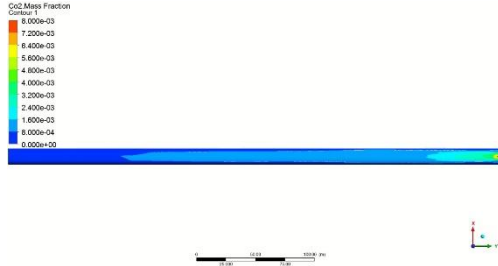
Figure 10. First 400 meters CO₂ contours



Şekil 11. İlk 400 metre H₂S kütle konturları

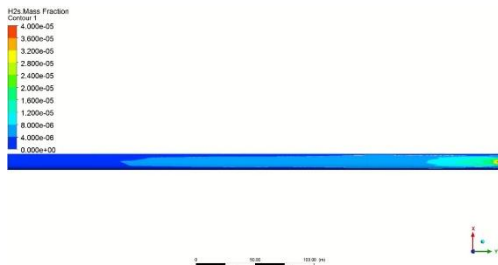
Figure 11. First 400 meters H₂S contours

CO₂ ve H₂S gazlarının son 400 m kütle konturlarına bakıldığında tünel çıkışının yaklaşık 100. m'sinde gazların CO₂ için 800 ppm ve 1600 ppm arasında, H₂S için 4 ppm ile 8 ppm arasında olduğu görülmektedir. Tünelin ortasında daha yüksek olan gaz yoğunluğunun tünelin çıkışına doğru azaldığı görülmektedir. Kütle konturlarından anlaşılabileceği üzere gazlar tünelin çıkışına doğru çok verimli olmasa da süpürülmektedir (Şekil 12, Şekil 13).



Şekil 12. Son 400 metre CO₂ kütle konturları

Figure 12. Last 400 meters CO₂ contours

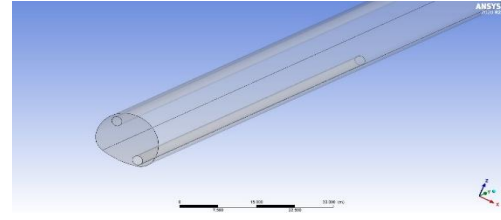


Şekil 13. Son 400 metre H₂S kütle konturları

Figure 13. Last 400 meters H₂S contours

Analiz senaryosu 2

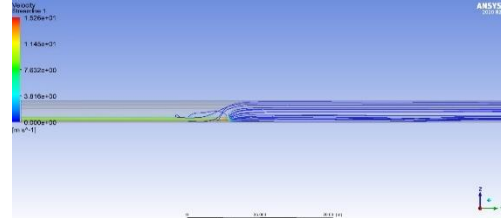
İlk analizdeki havalandırma yapısına ek olarak, tünelin 100. metresine bir fan yerleştirilmiş ve bu fandan itibaren tünel çıkışına kadar fan tüp tanımlanmıştır. Bu fan tüp, ilk fan kanalına benzer şekilde 2200 mm çapındadır. İkinci fan, tünel içindeki hava akışını 39 m³/s debide çekmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. İkinci fan ve fan tüp

Figure 14. Second fan and fan duct

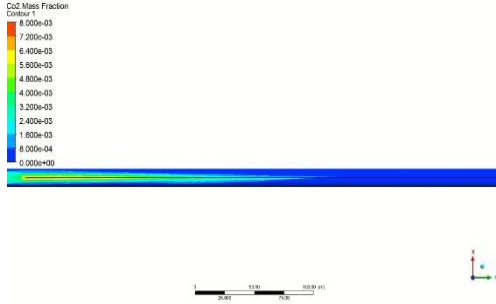
Tünelin çıkışındaki 2. fan incelendiğinde, fanın gelen hava akışını emdiğini ve yaklaşık 11,45 m/s hızlarla tünelin dışına attığı görülmüştür (Şekil 15).



Şekil 15. İkinci fanın akış eğrileri

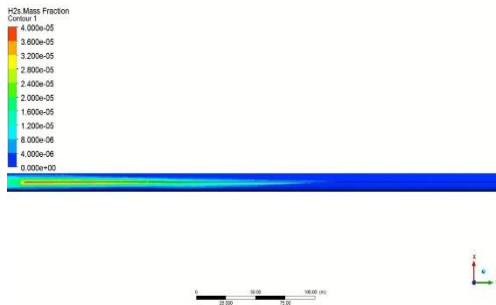
Figure 15. Streamlines of the second fan

CO₂ ve H₂S gazlarının aynadan itibaren ilk 400 m bölgesine bakıldığında kütle konturlarının 1. analiz ile benzer olduğu görülmüştür. 2. fanın emiş gücü bu mesafelerde etkili olmadığı için ilk senaryoyla benzer kontur yapıları oluşmuştur. Aynadan itibaren yaklaşık 400 m mesafede CO₂ için yaklaşık 8000 ppm, H₂S için yaklaşık 40 ppm değerinde birikmeler olduğu görülmüştür. Aynaya yakın yerlerde ise hava akışı güçlü olduğundan dolayı, gaz süpürme oranı yüksek olmuştur (Şekil 16, Şekil 17).



Şekil 16. İlk 400 metre CO₂ konturları

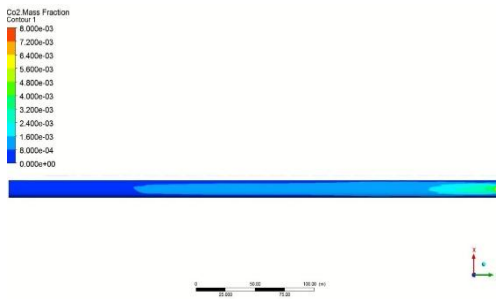
Figure 16. First 400 meters CO₂ contours



Şekil 17. İlk 400 metre H₂S kütle konturları

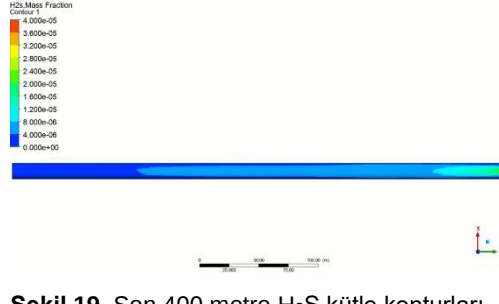
Figure 17. First 400 meters H₂S contours

CO₂ ve H₂S için son 400 m kütle konturlarına bakıldığında yapılan ilk analizle benzer sonuçlar elde edilmiştir. 2. Fanın salınan gazların 0 ppm olduğu ve hava akışının güçsüz olduğu, çıkışa 100 m mesafede konumlandırılması, gazların uzaklaştırılmasında etkili olamamıştır. (Şekil 18, Şekil 19).



Şekil 18. Son 400 metre CO₂ kütle konturları

Figure 18. Last 400 meters CO₂ contours



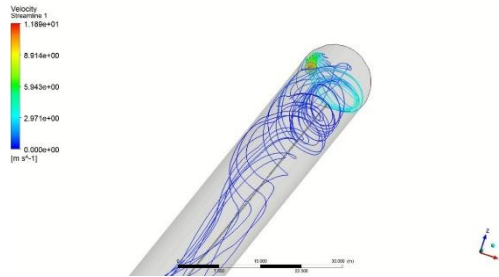
Şekil 19. Son 400 metre H₂S kütle konturları

Figure 19. Last 400 meters H₂S contours

Analiz senaryosu 3

Bu senaryoda 765 m olan fan tüp uzunluğu 790 m'ye yükseltilmiştir. 2. fan kullanılmamıştır. Kullanılan fanın çapı 2200 mm'dir. Fan tüpten tünele verilen hava debisi 39 m³/s'dir.

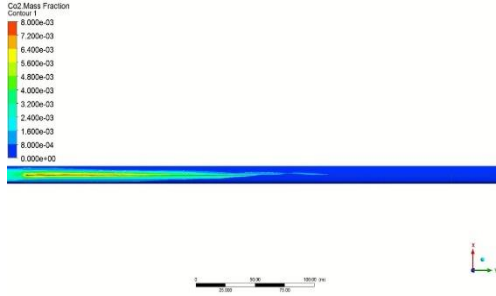
Akış eğrilerine bakıldığında akışın fan tüpten maksimum 11,89 m/s hızlarla çıktığı ve yaklaşık 5,943 m/s hızlarla aynaya çarptığı görülmüştür. Aynaya çarptıktan sonra akış yaklaşık 2,971 m/s hızlarla sarmal bir akış yapısı oluşturarak yoluna devam etmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Fan tüpten çıkan havanın akış eğrileri

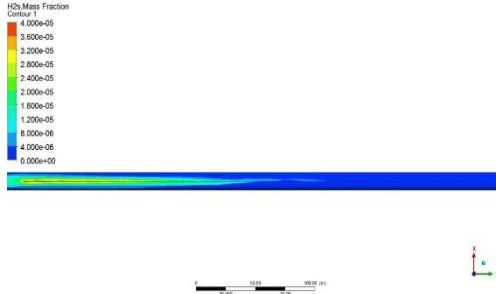
Figure 20. Streamlines of the air coming from fan duct

Kütle konturları incelendiğinde önceki senaryolarda olduğu gibi hava akışının ilk 200-250 m bölgelerinde gazları tamamen süpürdüğü görülmüştür. 400. m'ye yaklaştıkça gaz kaynağı üzerinde ve çevresinde CO₂ için maksimum 8000 ppm H₂S için maksimum 40 ppm değerlerinde gaz birikmeleri görülmektedir (Şekil 21, Şekil 22).



Şekil 21. İlk 400 metre CO₂ konturları

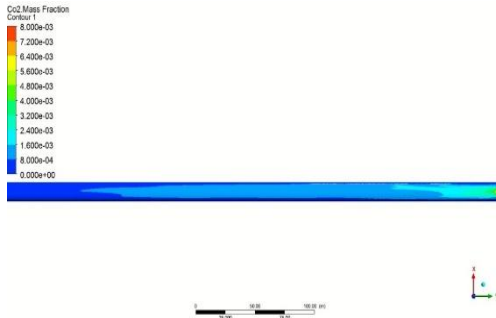
Figure 21. First 400 meters CO₂ contours



Şekil 22. İlk 400 metre H₂S kütle konturları

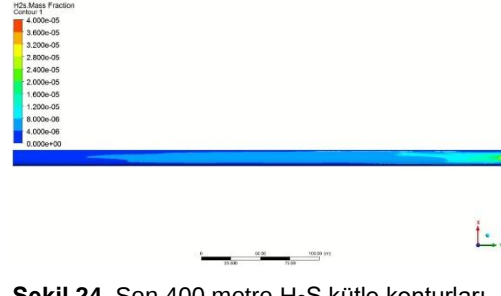
Figure 22. First 400 meters H₂S contours

Son 400 m kütle konturlarında oluşan yapı 1. analiz ile benzerlik göstermiştir. Son 100 m bölgelerinde iki gaz içinde 0 ppm değerleri görülürken, kaynağın bitiminden itibaren CO₂ için 2400 ppm, H₂S için 12 ppm değerinde birikmeler oluşmuştur (Şekil 23, Şekil 24).



Şekil 23. Son 400 metre CO₂ kütle konturları

Figure 23. Last 400 meters CO₂ contours



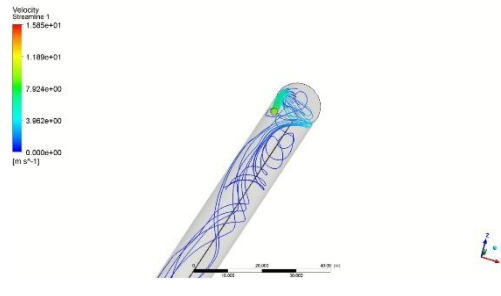
Şekil 24. Son 400 metre H₂S kütle konturları

Figure 24. Last 400 meters H₂S contours

Analiz senaryosu 4

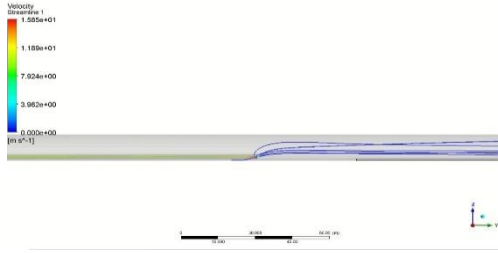
Yapılan 4. analizde 2. bir fan bulunmaktadır. Bu fanın çapı 2200 mm'dir. Fan, tünelin çıkışına 375 m mesafeye tanımlanmıştır. Fana 2200 mm çapında tünelin çıkışına kadar fan tüp tanımlanmıştır. İkinci fana 39 m³/s hava emiş debisi tanımlanmıştır. Yapılan analizde birinci fan tüpün boyu 790 m, hava akış debisi 39 m³/s ve ikinci fan tüpün boyu 375 m, hava emiş debisi 39 m³/s'dir.

Fan tüpten çıkan hava akışı yaklaşık 11,89 m/s hız değeriyle aynaya çarpmıştır. Aynaya çarptıktan sonra 3,962 m/s hızla -Y yönünde tünelin çıkışına doğru ilerlemeye başlamıştır. 2. fana yaklaşıp hava akış hızı yaklaşık olarak 0 m/s değerine kadar düşmüştür. Hava akışı 2. fana ulaştığında vakum etkisiyle beraber fan tüpün içinden geçip tahliye olmuştur (Şekil 25, Şekil 26).



Şekil 25. Fan tüpten çıkan havanın akış eğrileri

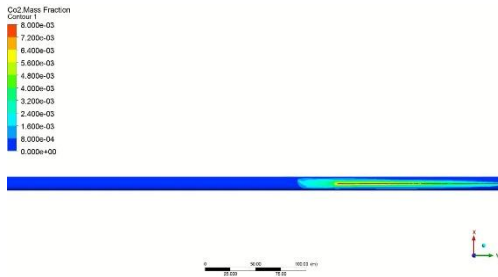
Figure 25. Streamlines of the air coming from fan duct



Şekil 26. İkinci fanın akış eğrileri

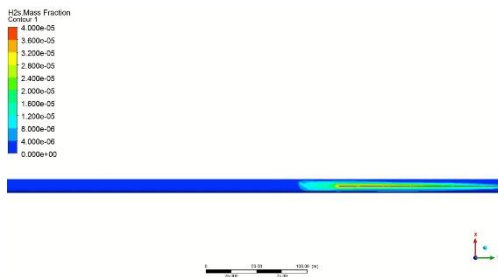
Figure 26. Streamlines of the second fan

Gazların kütle konturlarına bakıldığında 2. fanın etkisi net bir şekilde görülmektedir. Zeminden salınan gazlar 2. fanın etki alanına girdiklerinde vakumlanıp tahliye olmuşlardır. Bunun sonucunda 2. fandan sonra tünel çıkışı yönünde CO_2 ve H_2S gazları 0 ppm değerindedir. Ancak önceki analizlerde olduğu gibi kaynağın üzerinde CO_2 için 1600 ppm-6400 ppm aralığında, H_2S için 8 ppm-32 ppm aralığında birikmeler görülmektedir (Şekil 27, Şekil 28).



Şekil 27. CO_2 kütle konturları

Figure 27. CO_2 contours



Şekil 28. H_2S kütle konturları

Figure 28. H_2S contours

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan analizlerde akış eğrilerinden görüldüğü üzere aynaya yakın olan kısımlarda akış hızları yaklaşık 3 m/s olmuştur. Tünelin çıkışına yaklaştıkça hava akış hızları 0 m/s değerine yaklaşmaktadır.

Aynaya yakın kısımlardaki CO_2 ve H_2S gazlarının 0 ppm değerinde olduğu görülmektedir. Bunun sebebi hava akışının aynaya yakın bölgelerde yaklaşık 3 m/s hızlarında ve güçlü olmasıdır. Böylece aynaya yakın bölgelerdeki gazlar süpürülmüştür.

1. analizde görüldüğü üzere tünelin aynadan itibaren yaklaşık 400. metresinde CO_2 ve H_2S gazlarında kaynak üzerinde yaklaşık 8000 ppm ve 40 ppm'e kadar birikmeler görülmüştür. Bunun sebebi akış hızının o bölgelerde 0 m/s değerine yaklaşmasıdır.

2. analizde eklenen fan, tünelin çıkışına yakın ve gazların 0 ppm değerinde olduğu bölgede (tünelin çıkışından 100 m) konumlandırıldığı için gazların tahliye edilmesine pozitif katkı sağlayamamıştır.

Eklenen 2. fanın konumunun kaynağa yaklaştırılması (tünelin çıkışından 375 m) ve bağlı olduğu fan tüpün uzatılmasıyla beraber gazların süpürülme performansı gözle görülür şekilde iyileşmiştir. 4. analizde tanımlanan 2. fandan itibaren tüneldeki CO_2 ve H_2S gazları 0 ppm değerindedir.

1. fana bağlı olan fan tüpün 765 m uzunluktan 790 m uzunluğa çıkarılması gazların süpürülme performansında beklenen etkiyi yaratamamıştır. Bu havalandırma çalışmasında etkili olan parametrenin 2. fanın konumu olduğu görülmüştür. 2. fan kaynağa ne kadar yakın konumlandırılırsa gazlar ortamdaki o kadar iyi uzaklaştırılmaktadır.

Analizlerin sonuçları, altyapı projelerinde kazı esnasında karşılaşılan gaz sızıntılarının etkin bir şekilde uzaklaştırılmasında uygun havalandırma tasarımının önemini

vurgulamaktadır. Fan yerleşimi, kanal konfigürasyonları ve hava akış hızlarının optimize edilmesiyle, HAD simülasyonları tünel ortamlarında toksik gazların birikimini en aza indirme potansiyelini göstermiştir.

Bu çalışma, HAD metodolojisinin, gaz dağılımının dinamikleri hakkında değerli bilgiler sağladığını ve insan sağlığını ve çevreyi korumak amacıyla etkin havalandırma sistemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırdığını göstermektedir. Çalışmada gerçekleştirilen analizler, gaz sızıntılarının neden olduğu zorlukların üstesinden gelinmesinde Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin önemini vurgulamakta ve bu tür projelerin güvenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamadaki rolünü ön plana çıkarmaktadır.

Aynı şekilde, farklı geometrilerde, yapılarda ve kaynak türlerinde meydana gelebilecek gaz ve sıvı sızıntılarının uzaklaştırılması için farklı yöntemlerin analizi ve test edilmesi de HAD yöntemiyle gerçekleştirilebilir. Böylece, zaman ve kaynak yönetimi verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir.

KATKI BELİRTME

Bu makale, TUBITAK TEYDEB 3220754 numaralı "Yer Altı Madenlerinde Yangınla Mücadelede Azot Tüplerinin Kullanımı" adlı proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardan türetilmiştir. Yazarlar makaleye yaptıkları katkılardan dolayı hakemlere teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Brune, J. F. (1996). Mine Ventilation Systems. In: Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y. J. (Eds.), Mine Ventilation and Air Conditioning. Wiley-Interscience.

Bear, J. (1972). Dynamics of Fluids in Porous Media. Dover Publications.

O'Sullivan, M. J., Pruess, K., & Lippmann, M. J. (2001). State of the Art of Geothermal Reservoir Simulation. *Geothermics*, 30(4), 395-429.

ANSYS Training Courses (2016). SpaceClaim Introduction, Meshing Introduction, Fluent Introduction

Çengel Y. A., Cimbalek J. M. (2004). Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications

Goodfellow H. D., Kosonen R. (2020). Industrial Ventilation Design Guide: Volume 1: Fundamentals

Liu C., Yeoh G. H., Tu J. (2007). Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach

Ferziger, J.H., & Perić, M. (2002). *Computational Methods for Fluid Dynamics*.



Pasinler-Horasan Havzası (Erzurum-Türkiye) Pliyosen-Kuvaterner yaşlı gölssel sedimanlarındaki yumuşak çökel deformasyon yapılarının oluşum mekanizması ve bölgesel jeodinamikler ile ilişkisi

Formation mechanism of soft sediment deformation structures in Pliocene-Quaternary lacustrine sediments of Pasinler-Horasan Basin (Erzurum-Türkiye) and its relationship with regional geodynamics

AHMET VEDAT YILMAZ¹ , SERKAN ÜNER^{2*} 

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zeve Kampüsü, Van, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Van, Türkiye

Geliş(received): 04 Aralık (December) 2024 Kabul (accepted): 28 Mart (March) 2025

ÖZ

Pasinler-Horasan Havzası'nın, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı gölssel çökellerinde farklı tipte yumuşak çökel deformasyon yapıları sıklıkla gözlenmektedir. Bu yapılar havzada dört lokasyonda (Yukarı Tahirhoca-1, Yukarı Tahirhoca-2, Karacaören ve İncesu) ince çakıllı, kumlu ve siltli çökeller içerisinde, farklı seviyelerde bulunmaktadır. Morfolojik özelliklerine göre, alev yapısı, yük yapısı, bükümlü yapı, kayma-oturma (slump) yapısı, tabak ve sütun yapısı ve top ve yastık yapısı olarak tanımlanan bu yapıların oluşum mekanizmaları, sedimantolojik özellikler, stratigrafik konum ve bölgesel faktörler dikkate alınarak yorumlanmıştır. Elde edilen veriler ile, yumuşak çökel deformasyon yapılarının, üst basınç etkisi ve sismik sarsıntılar sebebiyle oluştuğu ortaya konulmuştur. Hızlı sediman birikimi ve sualtı kütle hareketleri deformasyon yapılarının bazılarını meydana getiren üst basınç etkisini oluştururken, $M \geq 5$ büyüklüğündeki depremlerin sebep olduğu sarsıntılar diğer tetikleme mekanizmasını oluşturmaktadır. Sivilaşma alanlarına çok yakın mesafede bulunan (< 35 km) Horasan-Şenkaya, Tutak ve Karayazı fayları, deformasyon için gerekli sismik sarsıntıları üretebilecek potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Göl çökeli, Doğu Anadolu, Pasinler-Horasan Havzası, Sismik sarsıntı, Üst basınç etkisi, Yumuşak çökel deformasyon yapısı

ABSTRACT

Soft-sediment deformation structures of different types are frequently observed in the Pliocene-Quaternary lacustrine deposits of Pasinler-Horasan Basin. These structures are located in four locations in the basin (Yukarı Tahirhoca-1, Yukarı Tahirhoca-2, Karacaören, and İncesu) at different levels within fine gravelly, sandy and silty sediments. According to their morphological features, the formation mechanisms of these structures, defined as flame structure, load structure, convolute structure, slump structure, dish-and-pillar

structure and ball-and-pillow structure, were interpreted by considering sedimentological features, stratigraphic location and regional factors. With these data, it was revealed that soft sediment deformation structures were formed by the effect of overloading effect and seismic tremors. While rapid sediment accumulation and underwater mass movements constitute the overloading effect that creates some of the deformation structures, seismic tremors with a magnitude of $M \geq 5$ constitute the other triggering mechanism. The Horasan-Şenkaya, Tutak and Karayazı faults, which are very close to the liquefaction areas (< 35 km), have the potential to produce the seismic shocks necessary for deformation.

Keywords: Lacustrine deposits, Eastern Anatolia, Pasinler-Horasan Basin, Seismic tremor, Overloading effect, Soft sediment deformation structure

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.1595690>

*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author: suner@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Yumuşak çökel deformasyon yapıları, zayıf pekişmiş ve suya doygun, ince çakıl, kum ve silt tane boyu sedimanlarda yaygın olarak gözlenen sedimanter yapılarıdır. Bu yapıları oluşturan sıvılaşma ve akışkanlaşma, sedimanların davranışında katıdan sıvıya geçici bir değişikliğe neden olan ana süreçlerdir (Allen, 1982). Bu süreçler aşırı yüklem, dalga kaynaklı döngüsel ve/veya ani gerilmeler, yeraltı suyu seviyesindeki ani değişiklikler ve depremler tarafından oluşturulabilmektedir (Owen, 1987). Yumuşak çökel deformasyon yapıları, akarsu, göl, geçiş/deniz kıyısı ve denizel ortam gibi birçok eski ve güncel sedimanter ortamda gözlenirse de (Seilacher, 1969; Seed ve Idriss, 1982; Obermeier vd., 1989; Ringrose, 1989; Owen, 1996; Koç Taşgın ve Türkmen, 2009; Üner vd., 2010; Koç Taşgın, 2011; Moretti ve Van Loon, 2014; Üner vd., 2019a,b; Villegas vd., 2019; Jamil vd., 2021; Santos ve Henrique-Pinto, 2022; Bhadrans vd., 2024), kapalı havza çökel dolguları ve göller, bu yapılarının oluşumu için en uygun ortamlardır (Sims, 1975).

Bir bölgede gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapılarını oluşturan tetikleme mekanizmasını ya da mekanizmalarını belirlemek, özellikle de deformasyonun sismik kökenli olup olmadığını anlamak en önemli problemi oluşturmaktadır (Owen ve Moretti,

2008; Sarkar vd., 2014). Tetikleme mekanizmasını yorumlamak için, yumuşak çökel deformasyon yapısının morfolojisi, deformasyona dahil olan tabakaların sedimantolojik özellikleri ve bölgesel/yerel tektonizma analiz edilmelidir (Moretti vd., 2016).

Sismik olarak isimlendirilen (Seilacher, 1969) deprem kaynaklı oluşan yumuşak çökel deformasyon yapılarını bulunduran tabakalar, uygun bir episantr mesafesine sahip (Obermeier, 1996; Rodriguez-Pascua vd., 2010), $M \geq 5$ büyüklüğündeki depremler için (Atkinson, 1984; Ambraseys, 1988) depremlerle eş zamanlı veya hemen sonra meydana gelen sıvılaşma veya akışkanlaşma süreçlerini yansıtmaktadır. Bu yapılar genellikle sedimanter ve paleosismolojik çalışmalarda bölgesel depremselliği belirtmek için kullanılmaktadır (Obermeier, 1996). Özellikle depremlere ilişkin yeterli tarihsel kaydın bulunmadığı bölgelerde, sismik olayların jeolojik kaydı, sismik tehlike değerlendirmesi ve risk azaltımı için kritik bir gerekliliktir (Stein ve Wyssession, 2002; Allen, 2007; Galli vd., 2014; Zielke vd., 2015; Moernaut vd., 2018).

Döngüsel salınımlar (gelgitler), fırtına dalgaları ve aşırı yüklem (hızlı sediman birikimi veya kütle hareketleri) yumuşak çökel deformasyon yapılarını oluşturan sismik olmayan tetikleme mekanizmalarıdır (Molina vd., 1998; Jones ve

Omoto, 2000; Neuwerth vd., 2006; Li vd., 2007; Moretti ve Sabato, 2007; Chakraborty, 2011; Liu vd., 2012; Van Loon vd., 2016). İncelenen sedimanter istiflerdeki bazı sedimanter yapılar, katman kalınlığındaki ya da tane boyutundaki yanal-düşey değişimler, bu tetikleme mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar.

Bu çalışmanın yapıldığı alan olan Pasinler-Horasan Havzası'nın sedimanter dolgusundaki görsel çökellerde bulunan yumuşak çökel deformasyon yapıları, daha önce hiçbir çalışmada değerlendirilmemiştir. Bu çalışma, Pasinler-Horasan Havzası'nın doğu kesiminde gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapılarının; a) yerlerini, sedimentolojik özelliklerini ve türlerini belirlemek, b) bu yapıların sismik kökenli olup olmadıklarını değerlendirip, tetikleme mekanizmalarını tanımlamak, c) sismik kökenli yapılar (sismitler) için potansiyel aktif fay ya da fayları değerlendirmek, d) sismik kökenli olmayan deformasyon yapıları için bölgesel jeodinamik koşulları yorumlamak amacıyla yapılmıştır.

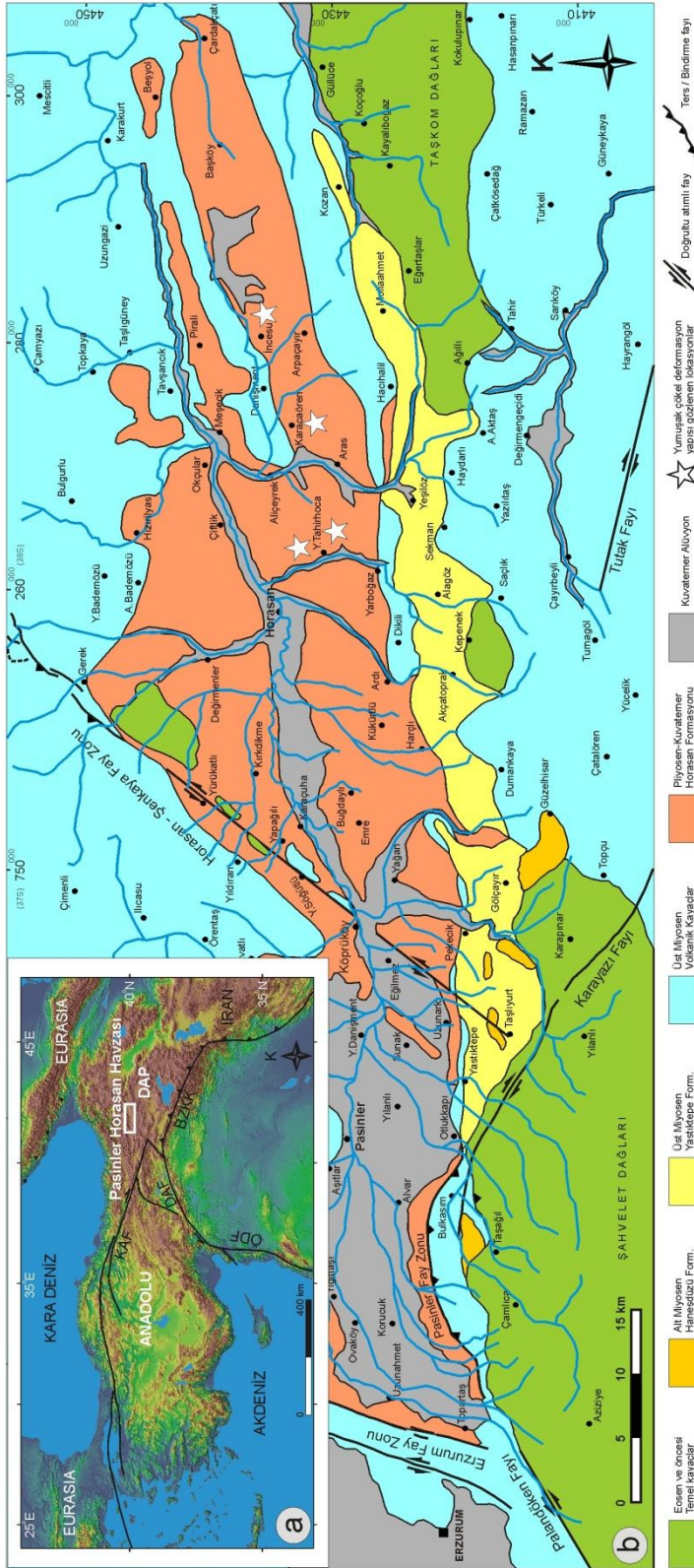
BÖLGESEL JEOLJİ

Doğu Anadolu Platosu, Arap ve Avrasya levhalarının çarpışması ile ilişkili olan, K-G doğrultulu bir sıkışma rejimi etkisi altındadır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Yaklaşık 10-11 mm/yıl hıza sahip bu yakınsama, Anadolu Plakası'nın Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı boyunca batıya hareketine sebep olmaktadır (McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 2006) (Şekil 1a). Bu rejim, Doğu Anadolu Platosu'nda genel olarak, D-B gidişli bindirme/ters faylar, KD-GB gidişli sol yanal

doğrultu atımlı faylar ve KB-GD gidişli sağ yanal doğrultu atımlı faylar ile temsil edilmektedir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Bozkurt, 2001; Koçyiğit vd., 2001; Yılmaz vd., 2010; Özkaymak vd., 2011; Koçyiğit, 2013; Sağlam Selçuk vd., 2016, 2017). Günümüzde de devam eden sıkışma etkisi, bölgedeki yoğun ve geniş yayımlı depremselliği beraberinde getirmektedir (Keskin, 2003; Şengör vd., 2003).

Arap ve Avrasya levhaları arasındaki bu etkileşim, Doğu Anadolu Platosu ve kuzeyinde bulunan Erzurum-Kars Platosu'nda çarpışma sebepli yoğun bir volkanik aktiviteye sebep olmuştur. 11 My ile 2,7 My arasında etkili olan bu volkanizmanın ürünü olan kayaçlar, platoda 1 km veya yer yer daha fazla kalınlığa sahip, çok geniş bir alan kaplamaktadır (Keskin vd., 1998). Pleyistosen sonrasında etkili olan çarpışma sonrası volkanizması ise, bileşim ve püskürme karakterinde, önceki döneme göre büyük bir değişiklik göstermektedir (Pearce vd., 1990).

Bölgede etkili olan tektonik aktivite, Doğu Anadolu Platosu genelinde sıkışma kökenli havzaların oluşmasının temel sebebidir. Bölgede bulunan yaklaşık D-B uzanımlı Tercan-Aşkale, Pasinler-Horasan, Tekman-Karayazı, Ağrı, Hınıs, Muş ve Van Gölü havzaları, bu K-G sıkışma rejimi tarafından oluşturulan havzalardır (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Koçyiğit vd., 2001). Bölgede bulunan Bayburt, Çaldıran, Patnos, Kağızman-Tuzluca ve Iğdır havzaları ise aynı rejime bağlı olarak gelişen çek-ayır havzalardır (Koçyiğit vd., 2001).



Şekil 1. a) Pasinler-Horasan Havzası' nın konumunu gösteren bulduru haritası. b) Havzadaki yumuşak çökel deformasyon yapılarının konumunu gösteren jeoloji haritası (Sümengen, 2009' dan değiştirilerek).

Figure 1. a) Location map showing the location of the Pasinler-Horasan Basin. b) Geological map showing the location of soft sediment deformation structures in the basin (modified from Sümengen, 2009).

PASINLER-HORASAN HAVZASI

Pasinler-Horasan Havzası, Erzurum şehir merkezinin yaklaşık 10 km doğusundan başlayıp D-B doğrultusunda 120 km kadar uzanan bir havzadır (Şekil 1b). Bölge bazı yayınlarda Erzurum-Pasinler-Horasan Havzası olarak adlandırılırken (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Maden ve Gelişli, 2001), bazılarında Pasinler-Horasan Havzası (Kerey ve Bozkuş, 1984; Aksu, 1994; Şahintürk vd., 1998; Tekin, 2002; Gelişli ve Maden, 2006), bazılarında ise Pasinler Havzası ve Horasan Havzası olarak ayrı ayrı değinilmektedir (Akkuş, 1965; Koçyiğit vd., 2001; Collins vd., 2005; Vasilyan vd., 2014). Havza isimlendirmesindeki farklılık, bölgeyi KD-GB doğrultulu olarak kesen, Erzurum Fay Zonu ve Horasan-Şenkaya Fay Zonu'nun varlığı ile ilişkilidir. Sol yanallı doğrultu atım karakterindeki bu faylar, Erzurum şehir merkezinin doğusundan başlayıp, Horasan'ın doğusuna kadar uzanan bölgeyi üç parçaya bölmektedir (Emre vd., 2012a).

Bir diğer tartışma, havzanın türü ve jeolojik gelişimi ile ilgilidir. Havza, Şaroğlu ve Yılmaz (1986) ve Vasilyan vd. (2014) tarafından dağ arası havza, Şengör vd. (1985) tarafından ise rampa havza olarak tanımlanmaktadır. Havza oluşumu ile ilgili diğer görüş ise, Pasinler-Horasan Havzası'nın Arabistan ve Avrasya plakaları arasındaki çarpışma ile ilişkili, doğrultu atımlı faylar tarafından oluşturulan yerel genişleme (çek ayır) havzası olduğu ve Pliyosen-Pleyistosen döneminde sıkışma özelliği gösterdiği yönündedir (Bayraktutan, 1983; Collins vd., 2005). Bunun tam tersi olarak ise; Pasinler-Horasan Havzası'nın da içerisinde bulunduğu Doğu Anadolu Daralma Bölgesi havzalarının, Oligosen-Miyosen'de sıkışma havzası olarak oluştuğunu ve Geç Miyosen-Erken Pliyosen sonrasında terslenerek doğrultu atımlı faylar tarafından deforme edildiğini belirtmektedir (Koçyiğit vd., 2001).

Öncel çalışmalarda, Pasinler-Horasan Havza-

sı'nın bulunduğu bölgenin stratigrafisi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Kurtman ve Akkuş, 1971; Irritz, 1972; Bozkuş, 1993; Aksu, 1994; Şahintürk vd., 1998; Tekin, 2002; Sümengen, 2009; Koçyiğit ve Canoğlu, 2017). Bu çalışmada, Sümengen, (2009) tarafından MTA adına hazırlanan jeoloji haritasındaki stratigrafi sadeleştirilerek kullanılmıştır. Buna göre Pasinler-Horasan Havzası, gabro, diyabaz, harzburgit ve serpantin gibi ofiyolitik kayalardan oluşan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Kağızman Karmaşığı ve çakıltası ile başlayıp, makrofosilli ve bentik foraminiferli sığ denizel kumtaşlarına geçiş gösteren, Alt-Orta Eosen yaşlı Dağdibi Formasyonu'ndan oluşan temel kayalar üzerinde bulunmaktadır (Sümengen, 2009).

Havza çökel dolgusu, temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelen, çakıltası, kumtaşı, kıltaşı araldanması ve resifal karbonatlardan oluşan, Alt Miyosen yaşlı, sığ denizel Haneşdüzü Formasyonu ile başlamaktadır. Bu kayalar üzerine, jips ara katkılı, çakıltası, kumtaşı ve marndan oluşan ve denizin bölgeden çekildiği dönemde çökelen, Üst Miyosen yaşlı lagüner Yastıktepe Formasyonu gelmektedir. Sonrasında bölgede, karasal ortam koşulları hüküm sürmesiyle, andezitik ve bazaltik lavlar, dasitik bileşimli tüfler ve ignimbritler ile temsil edilen, Geç Miyosen volkanizması etkili olmuştur. Havza çökel dolgusu, kalın tabakalı çakıltası, kumtaşı ve kıltaşıdan oluşan, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı, gölsel Horasan Formasyonu ve alüvyonlar ile son bulmaktadır (Sümengen, 2009) (Şekil 2).

PASINLER-HORASAN HAVZASI'NIN DEPREMSELLİĞİ

Pasinler-Horasan Havzası ve yakın çevresinde, Türkiye Diri Fay Haritası'nda Holosen fayı olarak tanımlanan birçok aktif fay bulunmaktadır (Emre vd., 2012a,b,c). Bunlar, ters fay karakterli Pasinler Fay Zonu ile doğrultu atım karakterli Horasan-Şenkaya Fay Zonu, Erzurum Fay Zonu, Karayazı Fayı ve Tutak Fayı'dır (Şekil 1b). Aletsel dönem

deprem kayıtları, bu bölgenin $M \geq 5$ büyüklükteki depremler bakımından aktif olduğunu göstermektedir (Çizelge 1). Bunlardan en çok bilinenleri 1924 yılında meydana gelen Erzurum-Horasan Depremi (M:6,8), 1952 yılındaki Erzurum-Pasinler Depremi (M:5,8) ve 1983 yılındaki Horasan-Narman Depremi'dir (M:6.8) (KOERİ, 2024).

Sistem	Seri	Formasyon	Litoloji	Açıklama
Kuvaterner	Holosen	Alüvyon		Güncel akarsu çökelleri Uyumsuzluk
	Pliyosen	Horasan Form.		Çakıltı-kumtaşı-kıltaşı (gölsel çökeller) Uyumsuz seri
Neojen	Ü. Miyosen	Volkanikler		Bazalt-tüf-ignimbrit
	Üst Miyosen	Yastıktepe Form.		Açısal uyumsuzluk Çakıltı-kumtaşı-marn (lagüner çökeller)
	Alt Miyosen	Haneşdüzü Form.		Açısal uyumsuzluk Çakıltı-kumtaşı-kıltaşı- resifal kireçtaşları
Paleojen	Alt-Orta Eosen	Dağdibi Form.		Açısal uyumsuzluk Bentik foraminiferli kumtaşı, çakıltı
Kretase	Üst	Kağızman Karmaşığı	Ölçeksiz	Serpantin, gabro, harzburjit diyabaz

Şekil 2. Havzadaki kayaçların birbiri ile ilişkisini gösteren stratigrafik sütun kesit (Sümengen, 2009'den).

Figure 2. Stratigraphic columnar section showing the relationship between rocks in the basin (from Sümengen, 2009).

Çizelge 1. Çalışma alanında aletsel dönemde meydana gelmiş $M \geq 5$ büyüklüklerdeki depremlere ait kayıtlar (Eyidoğan vd., 1999; KOERİ, 2024)

Table 1. Earthquake records with magnitudes $M \geq 5$ that occurred in the instrumental period in the study area (Eyidoğan et al., 1999; KOERİ, 2024)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük
1924	40.00	42.00	30	5.5	1983	40.45	42.17	31	5.3
1924	39.96	41.94	10	6.8	1983	40.35	42.18	16	6.8
1924	40.00	42.00	30	5.2	1984	40.79	42.48	19	5.3
1924	39.92	41.47	10	5.3	1985	40.37	42.29	31	5.1
1925	40.00	42.00	30	5.3	1999	40.23	42.21	10	5.5
1952	39.95	41.67	40	5.8	2021	39.81	41.88	5	5.2

MATERYAL VE YÖNTEM

Pasinler-Horasan Havzası'ndaki Pliyosen-Kuvaterner yaşlı gölsel çökeller, havzanın farklı kesimlerinde, farklı depolanma süreçlerini ve çevresel koşulları temsil eden

istifler sunmaktadır. Bunlardan, içerisinde yumuşak çökel deformasyon yapısı bulunduran dört istif incelenmiştir. İstiflerdeki deformasyon yapıları geometri, boyut, doku, tane boyu, alt-üst ilişkisi ve yanal devamlılık bakımından değerlendirilmiş, içerisinde

bulunduğu çökellerin sedimantolojik özellikleri ve depolanma ortam karakteristikleri belirlenmiştir. Yumuşak çökel deformasyon yapıları, sismik sarsıntılarla oluşabildiği için Pasinler-Horasan Havzası'nın yapısal jeolojik özelliklerinin ve depremelliğinin bilinmesi çalışma için kilit rol oynamaktadır. Bu amaçla havza ve yakın çevresinde bulunan aktif faylar ile bunların depremselliği mevcut çalışmalardan ve MTA tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay Haritası (Emre vd, 2012a,b,c) yardımıyla belirlenmiştir. Elde edilen tüm veriler, konuya ilişkin öncel çalışmalarla karşılaştırılmış ve havzadaki deformasyon yapılarının tetikleyici mekanizmasını ya da mekanizmalarını (hızlı sediman birikimi, aşırı üst basınç, fırtına etkisi veya sismik dalgalar gibi) açıklamak için yorumlanmıştır.

GÖLSEL İSTİFLERİN SEDİMANTOLOJİSİ

Öncel çalışmalarda, Pasinler-Horasan Havzası ve yakın çevresinde, denizel ortam koşullarının Orta-Geç Miyosen'de sonlandığı ve karasal ortama geçildiği belirtilmektedir. Bu değişime, bölgesel tektonizmanın etkisiyle havza kenarlarının yükselmesi ve diğer havzalarla bağlantının kesilmesi sebep olmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984). Havzada Geç Miyosen'de hüküm sürmeye başlayan gölSEL ortam koşulları bazı araştırmacılara göre Pliyosen'e kadar (Yılmaz ve Şener, 1984; Demirer vd., 1996; Şafak ve Kaya, 2016) bazı araştırmacılara göre ise Erken Pleyistosen'e kadar devam etmiştir (Erentöz, 1954; Rathur, 1965; Arbas vd., 1991).

İlk kez Akkuş (1965) ve Rathur (1965) tarafından Horasan Formasyonu olarak adlandırılan gölSEL çökeller, yaklaşık 325 m kalınlığa sahiptir (Bozkuş, 1993). Acı-tuzlu ve büyük olasılıkla alkali karakterdeki gölSEL ortam çökellerinde (Tekin, 2002) pelesipod,

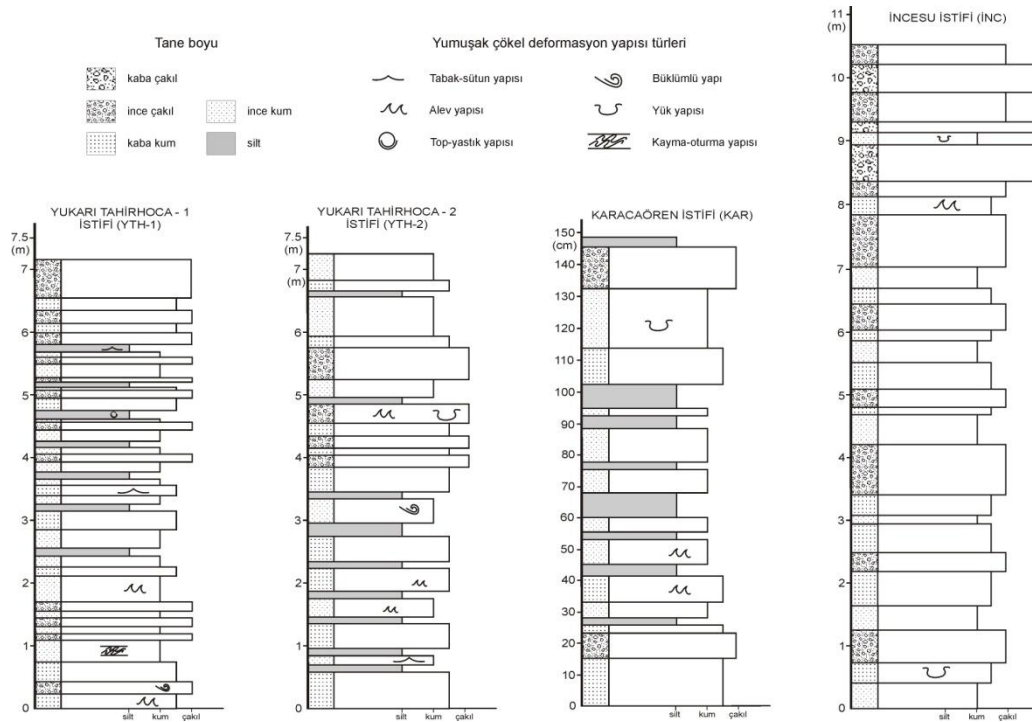
gastropod, ostrakod ve küçük memeli fosillerine rastlanmaktadır (Şafak ve Kaya, 2016).

Horasan Formasyonu'na ait gölSEL çökeller, Pasinler-Horasan Havzası'nın doğu kesiminde geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 1b). Genellikle yatay ya da düşük eğimli, orta-ince tabakalı çökeller, ince çakıllı, kumlu ve siltli istifler sunmaktadır. Bu çökellerin sedimantolojik karakteristiklerini belirlemek için, yumuşak çökel deformasyon yapısı bulunduran dört istif ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bunlar, havzanın orta kesiminde bulunan Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1) ve Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) ile havza doğusundan ölçülen Karacaören (KAR) ve İncesu (İNC) istifleridir (Şekil 3 ve 4).

Bu istiflerde bej, gri ve kirli sarı renkli, orta-ince tabakalı, dalga ripilli ve *Dreissena* fosilli (Şafak ve Kaya, 2016), kumlu-siltli çökeller, sığ göl ortamını işaret ederken, düzlemsel çapraz tabakalanma gösteren, orta-kalın tabakalı, ince çakıl-kaba kumlu çökeller, gölSEL kıyı ortamını temsil etmektedir. İncelenen istiflerin farklı seviyelerinde, kumlu ve çakıllı birimler içerisinde gözlenen kırılmış kavkı parçaları, bölgede farklı dönemlerde, yüksek enerjili koşulların hakim olduğunu göstermektedir (Bagnold, 1946).

DEFORMASYON YAPILARI

Pasinler-Horasan Havzası'nda, Horasan Formasyonu olarak adlandırılan yatay konumlu, ince çakıl, kum, silt ve kil tane boyutundaki, pekişmemiş sedimanlardan oluşan çökellerde, çeşitli türde deformasyon yapıları belirlenmiştir. Bu yumuşak çökel deformasyon yapıları, morfolojisine ya da oluşum süreçlerine bağlı olarak çeşitli şekillerde sınıflandırılmakta ve adlandırılmaktadır (Allen, 1982; Owen, 1987; Rossetti,



Şekil 3. Gölsel çökeller içerisinde belirlenen yumuşak çökel deformasyon yapılarının türünü ve konumunu gösteren stratigrafik kesitler.

Figure 3. Stratigraphic sections showing the type and location of soft sediment deformation structures determined in lacustrine sediments.

1999; Rodriguez-Pascua vd., 2000; Neuwerth vd., 2006; Van Loon, 2009; Shanmugam, 2016). Bu çalışmada, Pasinler-Horasan Havzası'ndaki gözlenen deformasyon yapıları; alev yapısı, yük yapısı, bükümlü yapı, slump yapısı, tabak-sütun yapısı ve top-yastık yapısı olarak ayrılmıştır.

Alev Yapısı

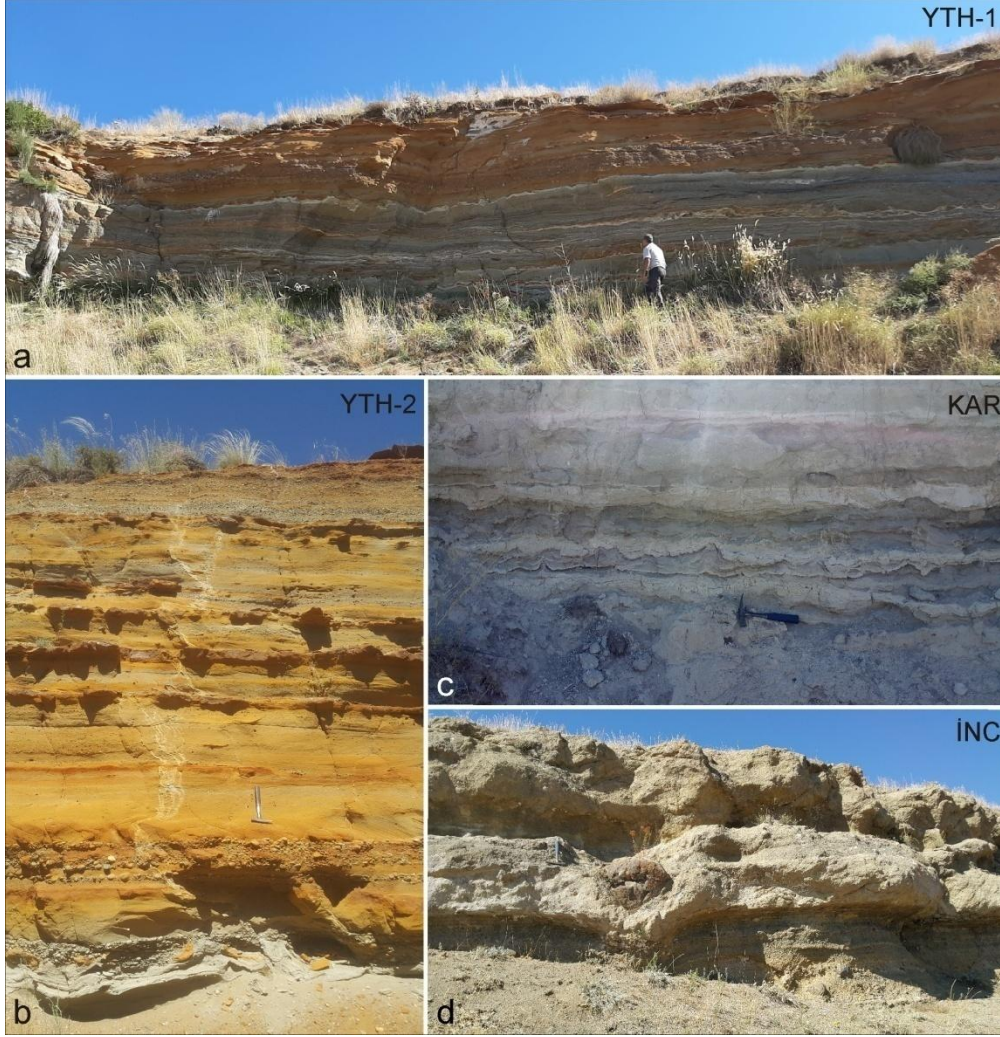
Pasinler-Horasan Havzası'ndaki gölsel çökellerde gözlenen alev yapıları ince çakıl, kum ve silt tane boyutuna sahip sedimanlarda, katmanlar arasındaki sınırdaki sınırdaki bulunmaktadır. Geniş bir taban ve üst tarafta doğru giderek daralan, kuyruk benzeri bir görünümde olan alev yapıları, 10-40 cm arasında değişen boyutlara sahiptir. Alt kısımda yer alan nispeten ince tane boyutundaki sedimanların,

daha kaba tane boyutlu sedimanlar içerisinde, yukarıya doğru hareketi ile oluşan alev yapıları, tek başına ya da yanyana dizilmiş halde bulunabilmektedir.

Havzada gözlenen alev yapıları, fosil kavkı parçalı gölsel kıyı çökelleri içerisinde, kaba kum boyutu ile ince kum boyutu sedimanlar arasında (Şekil 5a,b), ince-kaba çakıl boyutu ile kaba kum boyutu sedimanlar arasında (Şekil 5c) ve sığ göl ortamında çökelmiş katmanlar arasında, ince kum ile silt tane boyutuna sahip sedimanlar arasında gözlenmektedir (Şekil 5d, e).

Yük Yapısı

Pasinler-Horasan Havzası'ndaki gölsel çökellerde belirlenen yük yapıları genellikle ince çakıllı sedimanlar ile kum ve silt boyutu



Şekil 4. İncelenen gölsel çökellerin genel görünüşü; a) Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1), b) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2), c) Karacaören (KAR) ve d) İncesu (İNC) istifleri.

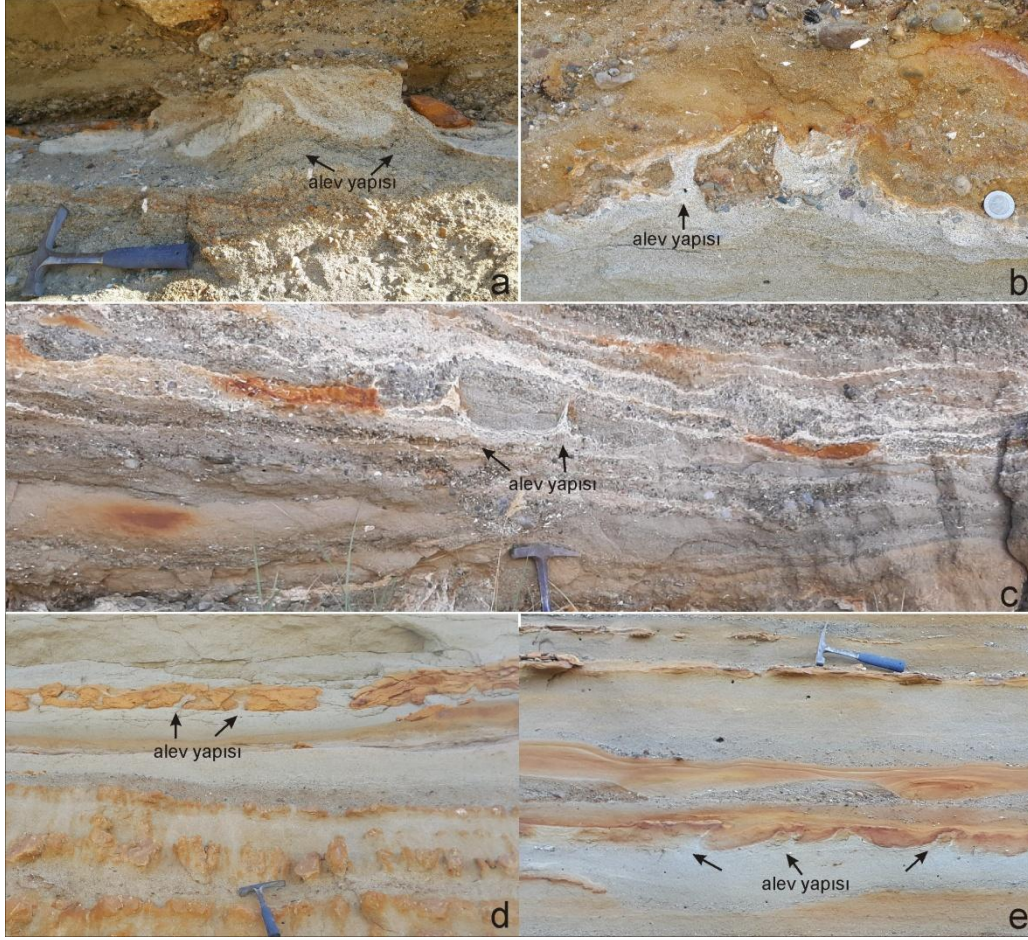
Figure 4. General view of the studied lacustrine sediments; a) Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1), b) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2), c) Karacaören (KAR) and d) İncesu (İNC) sequences.

sedimanlar arasında gözlenmektedir. İnce çakıl boyutuna sahip sedimanların, üzerine yerleştiği nispeten daha ince tane boyutundaki (kum-silt) pekişmemiş sedimanlar içine çökmesiyle (Şekil 6a,b) ya da pekişmemiş sedimanlar üzerine düşen/yerleşen blok tane boyutundaki kütlelerin ağırlığıyla oluşmaktadır (Şekil 6c). İçbükey bir morfoloji sergileyen yapının orta kısımları aşağıya doğru çökmüş,

kenar kısımları ise yukarıya doğru bükülmüş şekilde bulunur. 5-40 cm genişliğe sahip yapılar, bazen tek bazen de dizi halde gözlenmektedir.

Büklümlü Yapı

Çalışma alanında belirlenen büklümlü yapı, ince çakıl, kaba-ince kum ve silt boyutuna sahip gölsel kıyı çökelleri içerisinde gözlen-



Şekil 5. İncelenen çökellerde belirlenen alev yapıları, a,b,c) Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1), d,e) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) istifinden.

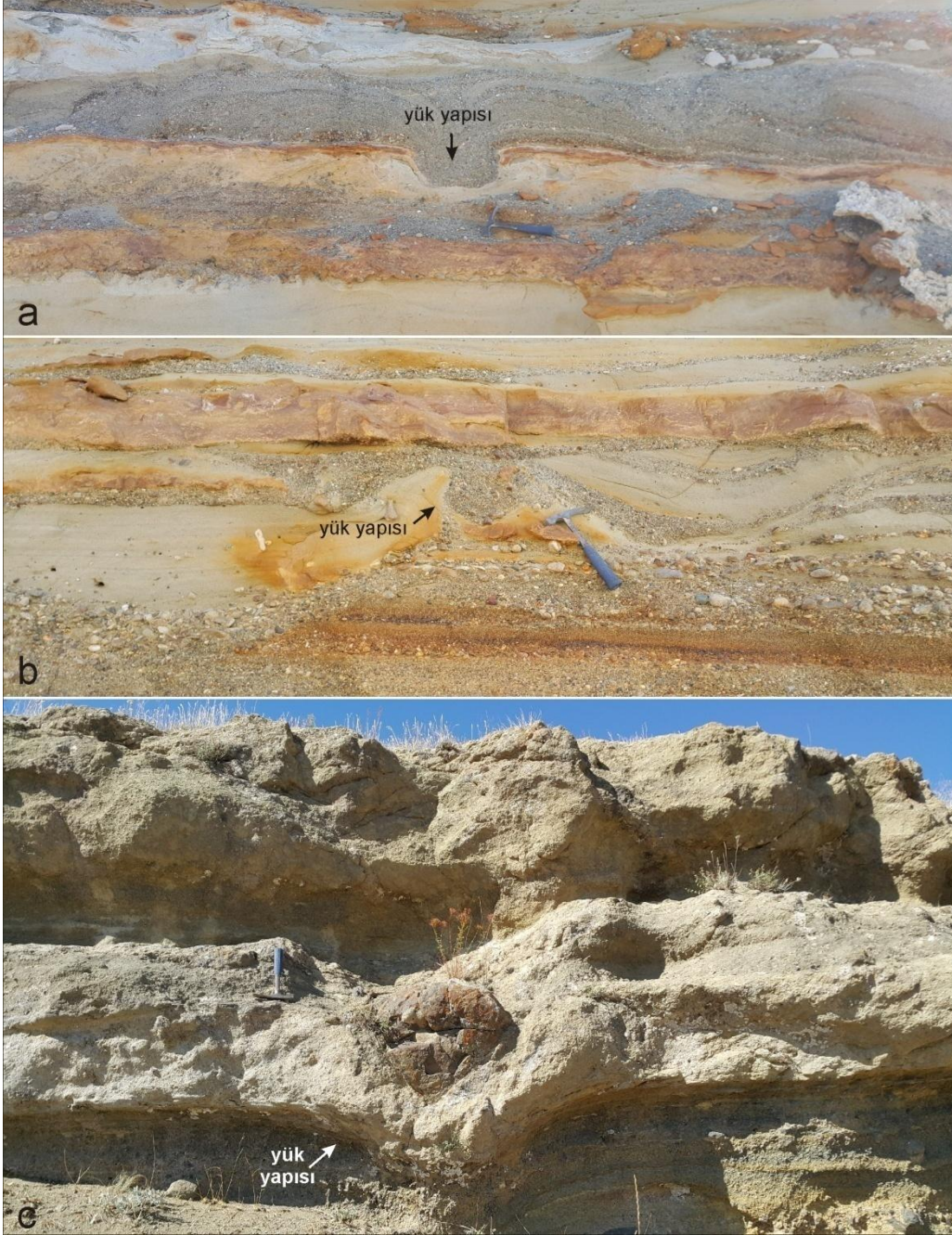
Figure 5. Flame structures identified in the studied sediments, a,b,c) Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1), d,e) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) sequence.

mehtedir. Dış geometri ile uyumlu bir iç laminalanmaya sahip, bükülmüş ya da katlanmış şekilde bulunan yapı, en dışta yer alan büyük tekne ile içte gözlenen yarı daire şekilli katmanlardan oluşur (Şekil 7). Çökelme sonrasındaki sivilaşmaya bağlı plastik deformasyon sonucu meydana gelen bükümlü yapı, deforme olmamış katmanlar arasında sınırlandırılmış şekilde bulunmaktadır. 25 cm genişliğe ve 12 cm yüksekliğe

sahip olan yapının, metre ölçeğinde örneklerine de rastlanmaktadır. Yapıların boyutları, içerisinde bulunduğu katmanın kalınlığı ile bağlantılı olarak değişmektedir.

Top ve Yastık Yapısı

Pasinler-Horasan Havzası'nda belirlenen top ve yastık yapıları, ince kum ve silt tane boyutuna sahip, sığ göl ortamında depolanmış çökellerde gözlenmektedir. Silt ve kum tane



Şekil 6. İncelenen çökellerde belirlenen yük yapıları, a,b) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2), c) İncesu (İNC) istifinden.

Figure 6. Load structures determined in the studied sediments, a,b) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2), c) İncesu (İNC) sequence.

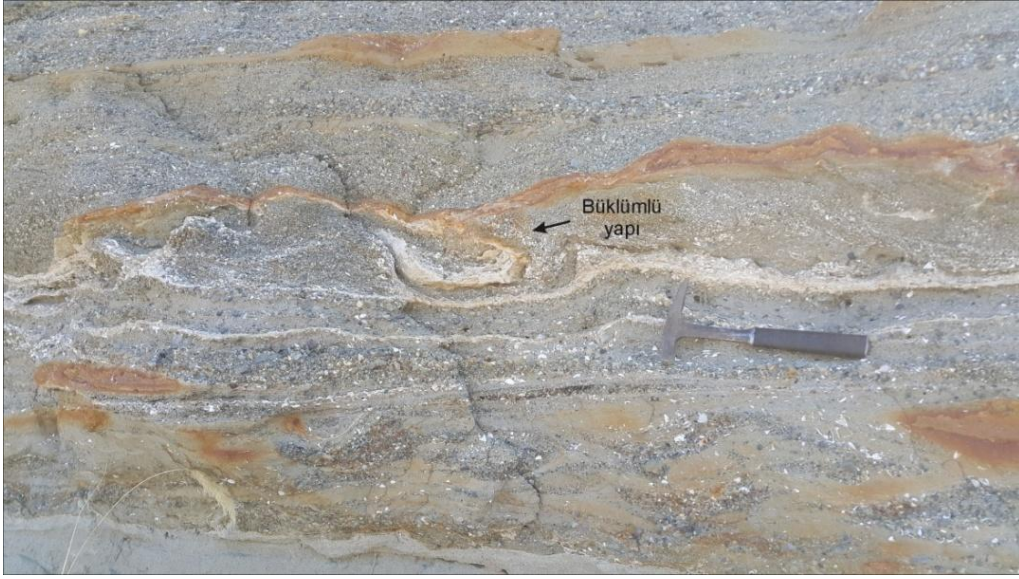
boyunda, içerisinde bulunduğu sedimanlardan izole, küresel ya da yarı küre şekilli olarak

bulunan yapılardır (Şekil 8a). Dış sınırıyla uyumlu bir iç laminasyon gösteren yapılar,

tekye da birbiriyle bağlantılı halde bulunabilmektedir (Şekil 8b). 10-30 cm genişliğe ve 10-15 cm yüksekliğe sahip olan yapılar, çevresi 0,5 cm kalınlıkta silt tane boyutunda malzemeden oluşan bir dış katman ve bu katmanla uyumlu, kumlu iç laminalanma göstermektedir.

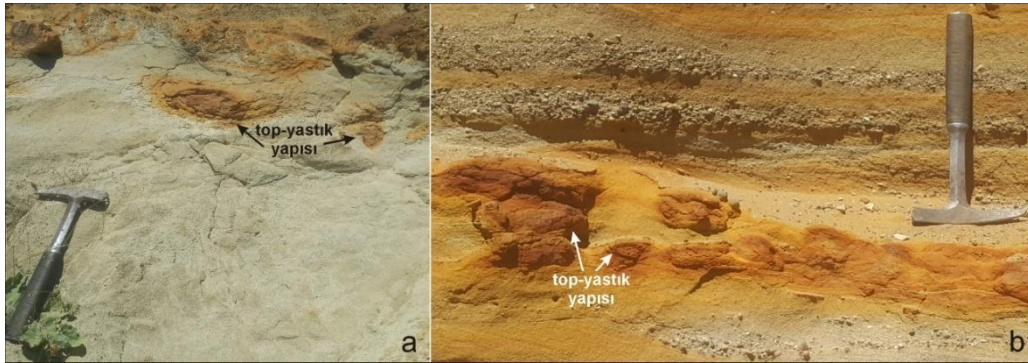
Tabak ve Sütun Yapısı

Pasinler-Horasan Havzası'nda belirlenen tabak ve sütun yapıları, kaba-ince kum ve silt boyutuna sahip görsel kıyı çökelleri içerisinde gözlenmektedir. Suya doymuş, pekişmemiş sedimanlarda belirlenen tabak ve sütun yapıları, su-sediman karışımının basınç



Şekil 7. Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1) istifinde belirlenen büklümlü yapı.

Figure 7. The convolute structure determined in the Upper Tahirhoca-1 (YTH-1) sequence.



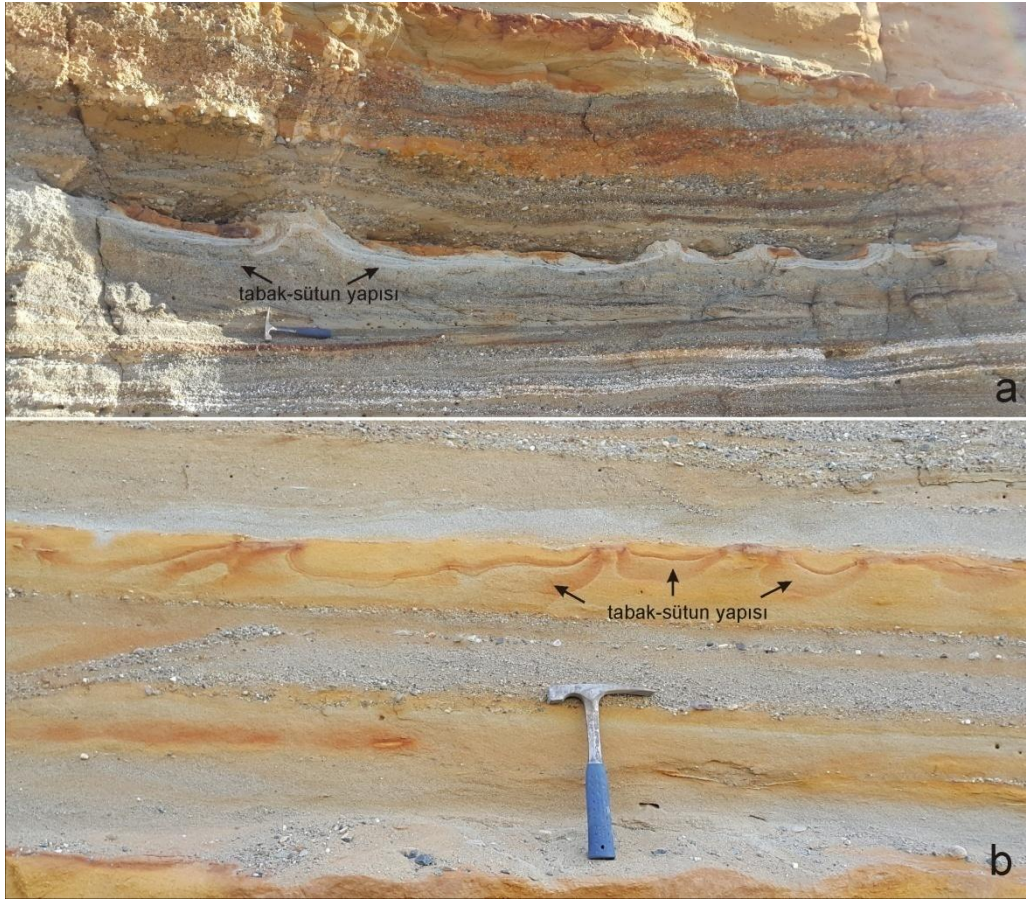
Şekil 8. Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) istifinde belirlenen a) yarı küresel ve b) iç laminasyon gösteren top ve yastık yapıları.

Figure 8. Ball and pillow structures showing, a) hemispherical and b) internal lamination, determined in the Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) sequence.

etkisiyle, düşey zayıf zonlar boyunca yukarı doğru hareketinden oluşan sütunlar ve bu sütunların her iki tarafında, herhangi bir iç deformasyon olmaksızın yukarı doğru bükülmüş tabakalar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 9a). Çalışma alanında, tabak yapıları 15-60 cm genişlikte gözlenirken, sütunların yüksekliği 5-20 cm arasında değişmektedir. Su-sediman karışımının hareket hızına, başka bir deyişle tetikleyicinin etkisine bağlı olarak, tabak ve sütun yapılarının yüksekliği değişim göstermektedir. Yapılar, genellikle birbiriyle bağlantılı diziler halinde bulunmaktadır (Şekil 9b).

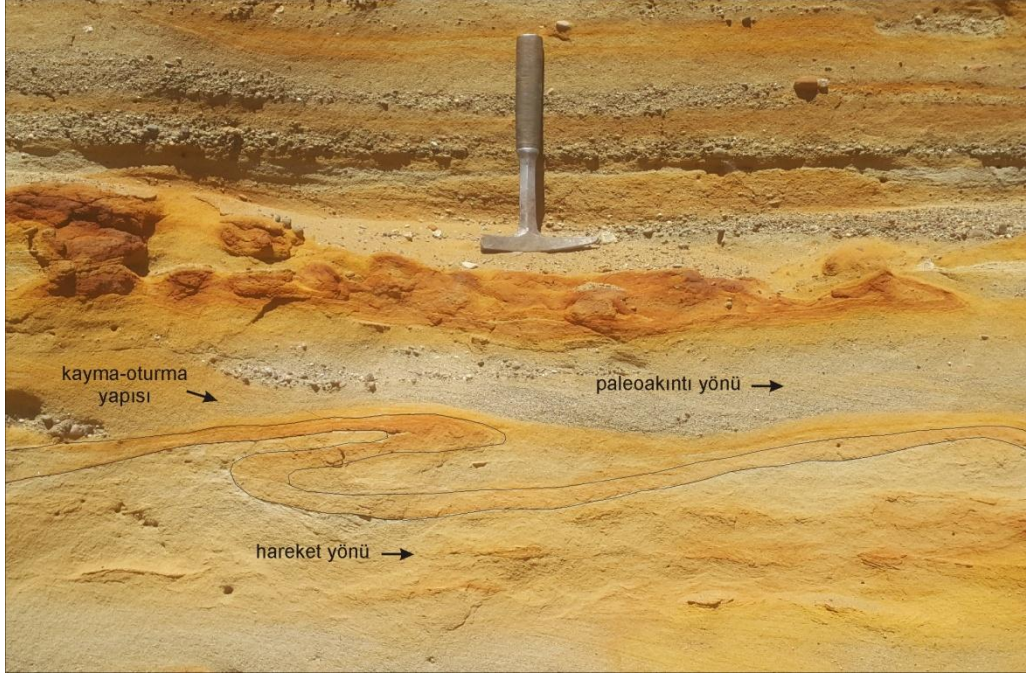
Kayma-Oturma (Slump) Yapısı

Kayma-oturma yapısı, çalışma alanında, ince kum ve silt boyutuna sahip görsel çökelleri içerisinde bulunmaktadır (Şekil 10). Hızlı depolanma, gravite veya başka bir tetikleyici etkisi ile eğim yönünde hareket eden tabakaların kıvrılması ve bükülmesi şeklinde oluşan kayma-oturma (slump) yapısı, havzaya doğru hafif eğimli ve plastik davranış gösterebilen (siltli-kumlu) birimlerde gözlenmektedir. Yer yer 20-25 cm yüksekliğe ulaşan yapı, üstten ve alttan deforme olmamış katmanlarla sınırlandırılmıştır.



Şekil 9. İncelenen çökellerde belirlenen tabak ve sütun yapıları, a) Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1) ve b) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) istifinden.

Figure 9. Dish and pillar structures determined in the studied sediments, a) Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1) and b) Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) sequences.



Şekil 10. Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) istifinde belirlenen kayma-oturma yapısı.

Figure 10. Slump structure determined in the Yukarı Tahirhoca-2 (YTH-2) sequence.

Kayma-oturma yapısının hareket yönü ile üzerinde bulunan düzlemsel çapraz tabakaların gösterdiği paleoakış yönü uyumludur (Şekil 10).

TARTIŞMA

Tetikleme Mekanizması

Yumuşak çökel deformasyon yapılarının oluşumunda üst basınç (hızlı sediman birikimi), fırtına kökenli dalgalar, döngüsel salınımlar (gelgit etkisi) ve sismik aktivite gibi alternatif tetikleme mekanizmaları tanımlanmıştır (Seilacher, 1969; Lowe ve LoPiccolo, 1974; Lowe, 1975; Sims, 1975; Postma, 1983; Obermeier, 1996; Molina vd., 1998; Rossetti, 1999; Vanneste vd., 1999; Jones ve Omoto, 2000; Rodriguez-Pascua vd., 2000; Moretti vd., 2001; Alfaro vd., 2002; Bowman vd., 2004; Chen vd., 2009; Owen ve Moretti, 2011). Bu çalışmada, Pasinler-Horasan Havzası'ndaki gölsel çökellerde

gözlenen deformasyon yapıları yukarıda belirtilen tetikleme mekanizmaları açısından değerlendirilmiştir. Ölçülen istiflerde yapılan sedimentolojik incelemelerde, fırtına kökenli dalgalar ve gelgit etkisi ile ilgili herhangi bir veri gözlenmediği için, tetikleyici olarak üst basınç ve sismik sarsıntıların rolü ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Üst basınç etkisi

Sismik olmayan tetikleme mekanizmaları sonucunda oluşan yumuşak çökel deformasyon yapılarının, gölsel ortamlarda nadir olarak gözlemlendiği belirtilse de (Ricci Lucchi, 1995; Hibschi vd., 1997), üst basınç ile ilişkili deformasyon yapılarına literatürde rastlanmaktadır (Jones ve Omoto, 2000; Neuwerth vd., 2006; Moretti ve Sabato, 2007; Owen, 1987; Chakraborty, 2011; Van Loon vd., 2016; Üner vd., 2019a).

Pasinler-Horasan Havzası'nda sığ gölSEL çökeller ile gölSEL kıyı çökelleri içerisinde farklı seviyelerde alev yapıları ve yük yapıları gözlenmektedir (Şekil 5, Şekil 6). Bu iki tür yapının ortak özelliği, üstte bulunan kaba taneli çökeller ile hemen altında yer alan nispeten ince taneli çökeller arasındaki etkileşimdir. Alev yapıları; ince taneli sedimanların, üstte bulunan kaba taneli sedimanlar içerisine enjeksiyonu sonucu oluşmaktadır. Sedimanların yukarı yönlü hareketinde, üst basınç etkisi öne çıkmaktadır. Burada üstteki sediman yükü, gözenek suyu basıncını artırır ve üst basınç kaynaklı deformasyon yapılarını oluşturur (Martinsen, 1989; Chiarella vd., 2016).

Yük yapıları ise, nispeten kaba taneli sedimanların, alttaki ince taneli sedimanlar içine çökmesi ile oluşmaktadır. Alev yapısından farklı olarak, yük yapısında sedimanların hareketi aşağı yönlüdür. Burada yapıyı oluşturan etki, üstteki sedimanların ağırlığının oluşturduğu üst basınçtır.

Sismik sarsıntılar

Önceki çalışmalardan derlenen bazı kriterler, sismik aktivitenin yumuşak çökel deformasyon yapılarının oluşumu için yaygın bir tetikleyici olduğunu göstermektedir (Sims, 1975; Moretti vd., 1999; Rossetti, 1999; Rodriguez-Pascua vd., 2000; Neuwerth vd., 2006; Owen ve Moretti, 2011; Mazumder vd., 2016). Bu kriterler; a) bölgenin minimum sivilaşma derecesi olan $M \geq 5$ büyüklüğündeki depremler bakımından aktif olması, b) sivilaşmaya uygun kumlu ve siltli çökellerin bulunması, c) deformasyon yapılarının yanal olarak süreklilik göstermesi ve düşey tekrarlamaya sahip olması (Şekil 11), d) önceki çalışmalarda sismik olarak tanımlanan deformasyon yapılarına benzerlik göstermesi, e) yapıların deforme olmamış paralel katmanlarla ayrılmış olması, f) havzanın farklı kesimlerinde, aynı formasyona ait çökellerde

gözlenen benzer deformasyon yapılarının bulunması ve g) diğer tetikleme mekanizmalarını işaret eden bir veriye rastlanmamış olmasıdır.

Pasinler-Horasan Havzası'nın deprenselliği (Çizelge 1), gölSEL çökellerin tane boyutunun sivilaşmaya uygunluğu (Şekil 3), deformasyon yapılarının havzadaki yayılımı ve istiflerdeki tekrarlanması (Şekil 11) ile incelenen yapıların literatürdekiler ile morfolojik benzerliği, üst basınç etkisi ile oluşanların dışındaki deformasyon yapılarının, sismik kökenli sarsıntılarla oluştuğunu göstermektedir.

Sismitleri Oluşturan Potansiyel Faylar

Sismitlerin % 95'inin aktif bir faya 0-25 km mesafede oluştuğu belirtilmektedir (Galli ve Ferrel, 1995; Rodriguez-Pascua vd., 2003, 2010; Berra ve Felletti, 2011). Bu mesafe, $M:5-6$ büyüklüğündeki depremlerde merkez üssünden 40 km uzaklığa, $M \geq 7$ büyüklüğündeki depremlerde ise 100-120 km'ye ulaşabilmektedir (Obermeier, 1996; Rossetti, 1999; Rodriguez-Pascua vd., 2003; Pirrotta vd., 2007; Perucca vd., 2009).

Türkiye Diri Fay Haritası'na göre, Pasinler-Horasan Havzası ve yakın çevresinde bulunan faylardan (Emre vd., 2012a,b,c), Horasan-Şenkaya Fayı, sivilaşmanın gözlenmediği alanlara 19 km, Tutak Fayı 27 km, Karayazı Fayı ise 35 km mesafededir (Şekil 1b). Adı geçen fayların üretebilecekleri maksimum deprem büyüklükleri; Horasan-Şenkaya Fayı için 6.9, Tutak ve Karayazı fayları için ise 7.1 olarak hesaplanmıştır (Emre vd., 2018). Bu fayların sivilaşma alanlarına olan mesafeleri değerlendirildiğinde, deformasyon yapılarına 25 km'den daha yakın mesafede bulunan, Horasan-Şenkaya Fayı'nın yapıları oluşturmuş olma ihtimali yüksektir. Ancak, $M > 7.0$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip Tutak ve Karayazı faylarının da sismitlerin oluşumunda etkili olabileceği unutulmamalıdır.



Şekil 11. Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1) istifinde belirlenen yumuşak çökel deformasyon yapılarının yanıl sürekliliği ve düşey tekrarlanmasını gösteren fotoğraf (Oklar deformasyon yapılarının yerlerini göstermektedir).

Figure 11. Photograph showing the lateral continuity and vertical repetition of soft sediment deformation structures determined in the Yukarı Tahirhoca-1 (YTH-1) sequence (Arrows show the locations of the deformation structures).

SONUÇLAR

Bu çalışmada Pasinler-Horasan Havzası'nda bulunan Pliyosen-Kuvaterner yaşlı gölssel çökellerdeki yumuşak çökel deformasyon yapıları, türleri ve oluşum mekanizmaları bakımından değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1) Horasan Formasyonu gölssel çökelleri içerisinde, farklı seviyelerde gözlenen yumuşak çökel deformasyon yapıları, morfolojisine ve oluşum süreçlerine bağlı olarak; alev yapısı, yük yapısı, bükümlü yapı, kayma-oturma (slump) yapısı, tabak-sütun yapısı ve top-yastık yapısı olarak tanımlanmıştır.

2) Ölçülen istiflerin sedimantolojik özellikleri ve bölgesel faktörler dikkate alındığında, incelenen yumuşak çökel deformasyon

yapılarının bazılarının, hızlı sedimantasyon ya da blok düşmesi sebebiyle üst basınç etkisi altında olduğu, bazılarının ise sismik sarsıntılar sebebiyle olduğu belirlenmiştir.

3) Sismik kökenli deformasyon yapılarının (sismit) konumları ve bölgedeki aktif faylara olan mesafeleri dikkate alındığında, Horasan-Şenkaya Fayı bunları oluşturabilecek en yakın yapısal eleman olarak görülmektedir. Ayrıca $M > 7.0$ büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip Tutak ve Karayazı fayları da bu yapıları oluşturabilecek etkiye sahiptir.

KATKI BELİRTME

Bu makale birici yazarın doktora tez çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Yazarlar değerli görüş, eleştirileri ve katkılarından dolayı makaleyi değerlendiren hakemlere teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- Akkuş, M.F., 1965. Pasinler (Hasankale) havzasının jeolojisi ve petrol imkanları. M.T.A. Rapor no. 4037, Ankara.
- Aksu R., 1994. Evaluation report of the Aşkale-Pasinler-Horasan. Turkish Petroleum Corporation research group progress report No: 2592.
- Alfaro, P., Delgado, J., Estevez, A., Molina, J.M., Moretti, M., Soria, J.M., 2002. Liquefaction and fluidization structures in Messinian storm deposits (Bajo Segura Basin, Betic Cordillera, southern Spain). *International Journal of Earth Sciences* 91, 505–513.
- Allen, J.R.L., 1982. Sedimentary structures: their character and physical basis. *Developments in Sedimentology* 30, Elsevier, Amsterdam.
- Allen, R.M., 2007. Earthquake hazard mitigation: New directions and opportunities. In: Schubert, Gerald (Ed.), *Treatise on Geophysics Earthquake Seismology*, Vol. 4, Elsevier.
- Ambraseys, N.N., 1988. Engineering seismology. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 17 (1), 1–105.
- Arbas, A., Gök. L., Ateş, M., İmık, M., Kılıç, F., Canpolat, M., Aydın, A. 1991. Horasan (Erzurum ili) dolayının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9431, Ankara (yayımlanmamış).
- Atkinson, G., 1984. Simple computation of liquefaction probability for seismic hazard applications. *Earthquake Spectra*, 1, 107–123.
- Bagnold, R.A., 1946. Motion of waves in shallow water: interaction between waves and shallow bottoms. *Proceed. Royal Society of London*, 187A, 1–18.
- Bayraktutan, M.S., 1983. Geç Miyosen-Pliyosen süresinde Narman Havzası'nın Sedimentolojik Evrimi (KD Türkiye). Atatürk Üniversitesi, Doktora tezi, Erzurum.
- Berra, F., Felletti, F., 2011. Syndepositional tectonics recorded by soft-sediment deformation and liquefaction structures (continental lower Permian sediments, southern Alps, northern Italy): Stratigraphic significance. *Sedimentary Geology* 235, 249–263.
- Bhadran, A., Duarah, B.P., Girishbai, D., Raza, M.A., Mero, A., Lahon, S., A.L. Achu. Gopinath, G., 2024. Soft sediment deformation structures from the Brahmaputra Basin: A window to the eastern Himalayan paleoseismicity and tectonics. *Journal of Asian Earth Sciences* 259, 105894, 1-13.
- Bowman, D., Korjenkov, A., Porat, N., 2004. Late-Pleistocene seismites from Lake Issyk-Kul, The Tien Shan range, Kyrgyzstan. *Sedimentary Geology*, 163, 211-228.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Bozkuş, C., 1993. Pasinler-Horasan Havzasının Doğusunun Stratigrafisi, M.T.A. Dergisi, Ankara, 115, 43-53.
- Chakraborty, P.P., 2011. Slides, soft-sediment deformations, and mass flows from Proterozoic Lakheri Limestone Formation, Vindhyan Supergroup, central India, and their implications towards basin tectonics. *Facies* 57, 331–349.
- Chen, J., Chough, S.K., Chun, S.S., Han, Z., 2009. Limestone pseudoconglomerates in the Late Cambrian Gushan and Chaomidian formations (Shandong Province, China): soft-sediment

- deformation produced by storm-wave loading. *Sedimentology* 56, 1174–1195.
- Chiarella, D., Moretti, M., Longhitano, S.G., Muto, F., 2016. Deformed cross-stratified deposits in the Early Pleistocene tidally-dominated Catanzaro strait-fill succession, Calabrian Arc (Southern Italy): Triggering mechanisms and environmental significance. *Sedimentary Geology*, 344, 277-289.
- Collins, F.E.P., Rust, D.J., Bayraktutan, M.S., Turner, S.D., 2005. Fluvial stratigraphy and palaeoenvironments in the Pasinler Basin, eastern Turkey. *Quaternary International* 140–141, 121–134.
- Demirer, A., Batı, Z., Aköz, Ö., Özkan, R., İllez, H. İ., Uğur, F. A., 1996. Horasan-1 kuyusunun litostratigrafik, biyostratigrafik ve jeokimyasal değerlendirmesi, TPAO Araş. Gr. Rap. No. 2190, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Olgun, Ş., Özalp, S., Elmacı, H., 2012a. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Erzurum (NJ37-4) Paftası, Seri No: 48. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Olgun, Ş., Özalp, S., Elmacı, H., 2012b. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Kars (NK38-10) Paftası, Seri No: 50. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., 2012c. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Ağrı (NJ38-1) Paftası, Seri No: 51. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T., 2018. Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering* 16, 3229-3275.
- Erentöz, C.1954. Aras Havzası Jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C: V, s. 1-2.
- Eyidoğan, H., Nalbant, S.S., Barka, A., King, G.C.P., 1999. Static stress changes induced by the 1924 Pasinler ($M=6.8$) and 1983 Horasan-Narman ($M=6.8$) earthquakes, Northeastern Turkey. *Terra Nova*, 11 (1), 38-44.
- Galli, P., Ferreli, M., 1995. A methodological approach for historical liquefaction research. In: Serva, L., Slemmons, D.B. (Eds.), *Perspectives in Paleoseismology*. Association of Engineering Geologists, Special Publication 6. 35-48.
- Galli, P.A.C., Peronace, E., Quadrio, B., Esposito, G., 2014. Earthquake fingerprints along fault scarps: A case study of the Irpinia 1980 earthquake fault (southern Apennines). *Geomorphology* 206, 97-106.
- Gelişli, K., Maden, N., 2006. Analysis of Potential Field Analysis in Pasinler-Horasan Basin, Eastern Turkey, *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 9 (1), 1-7.
- Hibsch, C., Alvarado, A., Yepes, H., Perez, V.H., Sebrier, M., 1997. Holocene liquefaction and soft-sediment deformation in Quito (Ecuador): a palaeoseismic history recorded by lacustrine sediments. *Journal of Geodynamics* 24 (1-4), 259-280.
- Irritz, W., 1972. Lithostratigraphie und tektonische Entwicklung des Neogens in Nordostanatolien. *Beih Geol Jahrb* 120: 1-111.
- Jamil, M., Siddiqui, N.A., Umar, M., Usman, M., Ahmed, N., Abd Rahman, A.H., Zaidi, F.K., 2021. Aseismic and seismic impact on development of soft-sediment

- deformation structures in deep-marine sand-shaly Crocker fan in Sabah, NW Borneo. *Journal of King Saud University – Science* 33, 101522, 1-13.
- Jones, A.P., Omoto, K., 2000. Towards establishing criteria for identifying trigger mechanisms for soft-sediment deformation: a case study of Late Pleistocene lacustrine sands and clays, Onikobe and Nakayamadaira Basins, northeastern Japan. *Sedimentology*, 47, 1211-1226.
- Kerey, İ.E., Bozkuş C., 1984, Stratigraphical, sedimentological and tectonic properties of the Horasan Formation that has lacustrine coal unit in the Horasan-Pasinler basin. *Bulletin of the Geology General Assembly of Turkey* 5, 23-33.
- Keskin, M., 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: an alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters* 30 (24), 8046.
- Keskin M., Pearce J.A., Mitchell J.G., 1998. Volcano-stratigraphy and geochemistry of collision-related volcanism on the Erzurum–Kars Plateau, northeastern Turkey. *Journal of Volcanology Geothermal Research*, 85, 355-404.
- Koç Taşgın, C., 2011. Seismically-generated hydroplastic deformation structures in the late Miocene lacustrine deposits of the Malatya Basin, eastern Turkey. *Sedimentary Geology* 235, 264-276.
- Koç Taşgın, C., Türkmen, İ., 2009. Analysis of soft-sediment deformation structures in Neogene fluvio-lacustrine deposits of Çaybağı formation, eastern Turkey. *Sedimentary Geology* 218, 16-30.
- Koçyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian Plateau, E. Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 62, 586-605.
- Koçyiğit, A., Canoğlu, M.C., 2017. Neotectonics and seismicity of Erzurum pull-apart basin, East Turkey. *Russian Geology and Geophysics* 58, 99-122.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonic of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177-195.
- KOERİ, 2024. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/mudim/katalog.asp>, (Erişim tarihi: 11 Kasım 2024).
- Kurtman, F., Akkuş, M., 1971. Inter-mountain basins in Eastern Anatolia and their oil possibilities. *M.T.A. Bulletin*, No. 77, pp. 1-9.
- Li, Y., Sha, J.G., Wang, Q.F., Chen, S.W., 2007. Lacustrine tempestite litho- and biofacies in the Lower Cretaceous Yixian Formation, Beipiao, western Liaoning, northeast China. *Cretaceous Research* 28, 194-198.
- Liu, X., Zhong, J.H., Grapes, R., Bian, S.H., Liang, C., 2012. Late Cretaceous tempestite in northern Songliao Basin, China. *Journal of Asian Earth Sciences* 56, 33-41.
- Lowe, D. R., 1975. Water escape structures in coarse-grained sediments. *Sedimentology*, 22, 157-204.
- Lowe, D.R., LoPiccolo, R.D., 1974. The

- characteristics and origins of dish and pillar structures. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 484-501.
- Maden, N., Gelişli, K., 2001. Evaluation of the Bouguer gravity anomalies of the Erzurum-Horasan-Pasinler area with the power spectrum method. in *Proceedings of 13th International Petroleum Congress and Exhibition of Turkey*, 139-147.
- Martinsen, O.J., 1989. Styles of soft-sediment deformation on a Namurian (Carboniferous) delta slope, Western Irish Namurian Basin, Ireland, in: Whateley, M.K.G., Pickering, K.T. (Eds.), *Deltas: Sites and Traps for Fossil Fuels*. Geological Society, Special Pub. 41, 167-177.
- Mazumder, R., van Loon, A.J., Malviya, V.P., Arima, M., Ogawa, Y., 2016. Soft-sediment deformation structures in the Mio-Pliocene Misaki formation within alternating deep-sea clays and volcanic ashes (Miura Peninsula, Japan). *Sedimentary Geology* 344, 323-335.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research* 105, 5695-5719.
- Moernaut, J., Van Daele, M., Fontijn, K., Heirman, K., Kempf, P., Pino, M., Valdebenito, G., Urrutia, R., Strasser, M., DeBatist, M., 2018. Larger earthquakes recur more periodically: New insights in the megathrust earthquake cycle from lacustrine turbidite records in south-central Chile. *Earth and Planetary Science Letter* 481, 9-19.
- Molina, J.M., Alfaro, P., Moretti, M., Soria, J.M., 1998. Soft-sediment deformation structures induced by cyclic stress of storm waves in tempestites (Miocene, Guadalquivir basin, Spain). *Terra Nova*, 10, 145-150.
- Moretti, M., Alfaro, P., Caselles, O., Canas, J.A., 1999. Modelling seismites with a digital shaking table. *Tectonophysics*, 304, 369-383.
- Moretti, M., Alfaro, P., Owen, G., 2016. The environmental significance of soft-sediment deformation structures: key signatures for sedimentary and tectonic processes. *Sedimentary Geology* 344, 1-4.
- Moretti, M., Sabato, L., 2007. Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene lacustrine deposits of the Sant 'Arcangelo Basin (Southern Italy): seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, 196, 31-45.
- Moretti, M., Soria, J.M., Alfaro, P., Walsh, N., 2001. Asymmetrical soft-sediment deformation structures triggered by rapid sedimentation in turbiditic deposits (late Miocene, Guadix basin, southern Spain). *Facies* 44, 283-294.
- Moretti, M., Van Loon, A.J., 2014. Restrictions to the application of 'diagnostic' criteria for recognizing ancient seismites. *Journal of Palaeogeography* 3, 162-173.
- Neuwerth, R., Suter, F., Guzman, C.A., Gorin, G.E., 2006. Soft-sediment deformation in a tectonically active area: The Plio-Pleistocene Zarzal Formation in

- the Cauca Valley (Western Colombia). *Sedimentary Geology*, 186, 67-88.
- Obermeier, S.F., 1996. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis –an overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Engineering Geology* 44, 1-76.
- Obermeier, S.F., Jacobson, R.B., Smott, J.P., Weems, R.E., Gohn, G.S., Monroe, J.E., Powards, D.S., 1989. Earthquake-induced liquefaction features in the coastal setting of South Carolina and the fluvial setting of the New Madrid seismic zone. US Geological Survey Prof. Paper 1504.
- Owen, G., 1987. Deformation processes in unconsolidated sands. In: *Deformation of Sediments and Sedimentary Rocks*, M.E., Jones and R.M.F., Preston (eds.). Geological Society Special Publication, 29, pp. 11-24.
- Owen, G., 1996. Experimental soft-sediment deformation: structures formed by the liquefaction of unconsolidated sands and some ancient examples. *Sedimentology*, 43, 279-293.
- Owen, G., Moretti, M., 2008. Determining the origin of soft-sediment deformation structures: a case study from Upper Carboniferous delta deposits in south-west Wales, UK. *Terra Nova*, 20, 237–245.
- Owen, G., Moretti, M., 2011. Identifying triggers for liquefaction-induced soft-sediment deformation in sands. *Sediment. Geology*, 235, 141–147.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Bozkurt, E., Dirik, K., Topal, T., Alan, H., Çağlan, D., 2011. 23 Ekim 2011 Tabanlı-Van Depreminin Sismik Jeomorfolojisi ve Doğu Anadolu'daki Aktif Tektonik Yapılarla İlişkisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 35, 175-199.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 189-229.
- Perucca, L., Bracco, A.I., Moreiras, S.M., 2009. Determination of seismogenic structures and earthquake magnitude from seismites in the Acequion River, Precordillera Range, central–western Argentina. *Journal of Iberian Geology* 35 (1), 5-18.
- Pirrotta, C., Barbano, M.S., Guarnieri, P., Gerardi, F., 2007. A new dataset and empirical relationships between magnitude/intensity and epicentral distance for liquefaction in central-eastern Sicily. *Annals of Geophysics* 50 (6), 763-774.
- Postma, G., 1983. Water escape structures in the context of a depositional model of a mass flow dominated conglomeratic fan-delta (Abrioja formation, Pliocene, Almeria basin, Spain). *Sedimentology* 30, 91-103.
- Rathur, A.Q. 1965. Pasinler-Horasan (Erzurum) sahasına ait genel jeolojik rapor (H47c1-C2; H48-c4,d3,d4; İ47-b1, d2, b3, b4; İ48-a1, a2, b1) Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 4168, Ankara (yayımlanmamış).
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A.,

- Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrota, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa–Arabia–Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research* 111, B05411, 1-26.
- Ricci Lucchi, F., 1995. Sedimentological indicators of paleoseismicity. In: L., Serva, D.B., Slemmons (Eds), *Perspectives in Paleoseismology*. Association of Engineering Geologists, Special Publication 6, 7-17.
- Ringrose, P.S., 1989. Paleoseismic (?) liquefaction event in late Quaternary lake sediment at Glen Roy, Scotland. *Terra Nova*, 1, 57-62.
- Rodriguez-Pascua, M.A., Calvo, J.P., De Vicente, G., Gómez-Gras, D., 2000. Soft sediment deformation structures interpreted as seismites in lacustrine sediments of the Prebetic Zone, SE Spain, and their potential use as indicators of earthquake magnitudes during the Late Miocene. *Sedimentary Geology*, 135, 117-135.
- Rodriguez-Pascua, M.A., De Vicente, G., Calvo, J.P., Perez-Lopez, R., 2003. Similarities between recent seismic activity and paleoseismites during the late Miocene in the external Betic Chain (Spain): relationship by 'b' value and the fractal dimension. *Journal of Structural Geology* 25, 749-763.
- Rodriguez-Pascua, M.A., Garduno-Monroy, V.H., Israde-Alcantara, I., Perez-Lopez, R., 2010. Estimation of the paleoepicentral area from the spatial gradient of deformation in lacustrine seismites (Tierras Blancas Basin, Mexico). *Quaternary International* 219, 66-78.
- Rossetti, D.F., 1999. Soft-sediment deformational structures in late Albian to Cenomanian deposits, Sao Luis Basin, northern Brazil: evidences for paleoseismicity. *Sedimentology*, 46, 1065-1081.
- Sağlam Selçuk, A., Erturaç, M.K., Nomade, S., 2016. Geology of the Çaldıran Fault, eastern Turkey: Age, slip rate and implications on the characteristic slip behaviour. *Tectonophysics* 680, 155-173.
- Sağlam Selçuk, A., Erturaç, M.K., Üner, S., Özsayın, E., Pons-Branchu, E., 2017. Evolution of Çamlık fissure–ridge travertines in the Başkale basin (Van, Eastern Anatolia). *Geodinamica Acta* 29 (1), 1-19.
- Santos, M.G.M., Henrique-Pinto, R., 2022. Multi-scale, multi-style soft-sediment deformation structures preserved in Cenozoic fluvial deposits, southeastern Brazil: Evidence of impact shaking? *Sedimentary Geology* 442, 106279, 1-16.
- Sarkar, S., Choudhuri, A., Banerjee, S., Van Loon, A.J., Bose, K.P., 2014. Seismic and nonseismic soft-sediment deformation structures in the Proterozoic Bhandar Limestone, Central India. *Geology* 20, 89-103.
- Seed, H.B., Idriss, I.M., 1982. *Ground motions and soil liquefaction during earthquakes*. Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley.
- Seilacher, A., 1969. Fault-graded beds interpreted as seismites. *Sedimentology*, 13, 155-159.
- Shanmugam, G., 2016. The seismite problem. *Journal of Palaeogeography*, 5 (4), 318-362.

- Sims, J. D., 1975. Determining earthquake recurrence intervals from deformational structures in young lacustrine sediments. *Tectonophysics*, 29, 141-152.
- Stein, S., Wysession, M., 2002. *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. 1st edition. Blackwell Publ. Ltd., Oxford, U.K.
- Sümengen, M., 2009. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ağrı-İ48 Paftası, No: 110. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şafak, Ü., Kaya, M., 2016. Köprüköy / Erzurum (Doğu Anadolu) Yöresi Ostrakod Faunası ve Ortamsal Özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 153, 113-137.
- Şahintürk, Ö., Şaroğlu, F., Çaptuğ, A., 1998. Doğu Anadolu (Erzurum-Kars-D.Beyazıt-Ağrı) jeoloji gezisi el kitabı, TPAO Arama Grubu Rapor No. 4172, Ankara.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y. 1984. Doğu Anadolu'nun Neotektoniği ve ilgili Mağmatizması, TJK İhsan Ketin Sempozyumu özel sayısı, 149-162.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107, 73-94.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey is a case study. In: Biddle, T.R., Christie-Blick, N. (Eds.), *Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 37: pp. 227-264. Tulsa.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genç, T., Zor, E., 2003. East Anatolian high plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters* 30 (24), 8045.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics* 75, 181-241.
- Tekin, T., 2002. Source rock and organic facies properties of the Oligo-Miocene deposits in the Pasinler-Horasan, Tercan-Aşkale basins (East Anatolia). PhD. thesis, Middle East Technical University, 211 pp.
- Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T., Üner, T., 2010. Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri* 31, 53-66.
- Üner, S., Sağlam Selçuk, A., Özsayın, E., 2019a. Non-seismic soft-sediment deformation structures from Late Pleistocene lacustrine deposits of Lake Van (Eastern Turkey): Storm and overloading effect. *Journal of Great Lakes Research*, 45: 664-671.
- Üner, S., Özsayın, E., Sağlam Selçuk, A., 2019b. Seismites as an indicator for determination of earthquake recurrence interval: A case study from Erciş Fault (Eastern Anatolia-Turkey). *Tectonophysics* 766, 167-178.
- Van Loon, A.J., 2009. Soft-sediment deformation structures in siliciclastic sediments: an overview. *Geologos* 15, 3-55.
- Van Loon, A.J., Pisarska-Jamroz, M., Nartišs, M., Krievāns, M., 2016. An erratic dropstone of granodiorite with a water-escape structure from a Weichselian terrace along the River Gauja (NE Latvia). *Catena* 140, 140-144.
- Vanneste, K., Meghraoui, M., Camelbeeck, T., 1999. Late Quaternary earthquake-related soft-sediment deformation along the

- Belgian portion of the Feldbiss Fault, Lower Rhine Graben system. *Tectonophysics*, 309. 57-79.
- Vasilyan, D., Schneider, S., Bayraktutan, M.S., Şen, Ş., 2014. Early Pleistocene freshwater communities and rodents from the Pasinler Basin (Erzurum Province, north-eastern Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 23: 293-307.
- Villegas, P.M., Umazano, A.M., Melchor, R.N., Kataoka, K., 2019. Soft-sediment deformation structures in gravelly fluvial deposits: A record of Cretaceous seismic activity in Patagonia? *Journal of South American Earth Sciences* 90 (2019) 325-337.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H., Kaya, C., Boztuğ, D., 2010. The Nature of the Crustal structure of the Eastern Anatolian Plateau, Turkey. *Geodinamica Acta*, 23/4, 167-183.
- Yılmaz, Ö., Şener, M. 1984. Erzurum-Pasinler, Erzincan Çayırılı, Kars-Tuzluca, Malatya-Hacılar stratigrafik açınısama kuyularına ait örneklerin X-ışınları tekniği ile incelenmesi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 27, 31-40.
- Zielke, O., Klinger, Y., Arrowsmith, J.R., 2015. Fault slip and earthquake recurrence along strike-slip faults, Contributions of high-resolution geomorphic data. *Tectonophysics* 638, 43-62.



Stakeholder Analysis For Environmental Management: The Case Of Tin Mining in Bangka Island

Çevre Yönetimi İçin Paydaş Analizi: Bangka Adası'nda Kalay Madenciliği Örneği

FITRI RAMDHANI HARAHA^{1, 2*}, HERİ APRİYANTO¹

¹ Sustainable Production Systems and Life Cycle Assessment Research Center, National Research and Innovation Agency, Indonesia

² Department of Sociology, Universitas Bangka Belitung, Indonesia³ Research and Innovation Agency, Indonesia² Department of Sociology, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

³ Sustainable Production Systems and Life Cycle Assessment Research Center, National Research and Innovation Agency, Indonesia

Received (geliş): 28 December (Aralık) 2024 Accepted (kabul): 07 April (Nisan) 2025

ABSTRACT

This study aims to determine the stakeholders' positions, roles, interests, and influence on the management of tin mining on Bangka Island. It is expected that this study will help understand the role of stakeholders in the management of tin mining. Research data collection was conducted using the interview method involving 81 people and a group discussion involving 15 people as representatives of a community, companies, and governments. These data were then analyzed using the power-interest grid. The results of this study showed that the central and provincial governments occupied positions as primary stakeholders or players.

Keywords: Environmental management, Mining activities, Stakeholders, Tin mining

ÖZ

Bu çalışma, Bangka Adası'ndaki kalay madenciliği yönetiminde paydaşların konumlarını, rollerini, çıkarlarını ve etkilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, kalay madenciliğinin yönetiminde paydaşların rolünü anlamaya yardımcı olması beklenmektedir. Araştırma verisi şirketlerin ve hükümetlerin temsilcisi olan toplam 81 kişi ve 15 kişilik bir topluluğun kapsayan grup tartışması içeren mülakat yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Bu veriler daha sonra güç-ilgi matrisini kullanarak analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, merkezi ve yerel hükümetlerin birincil paydaşlar veya oyuncular olarak konumlandığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Çevre yönetimi, Madencilik faaliyetleri, Paydaşlar, Kalay madenciliği

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.1604009>

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: fitri-ramdhani@ubb.ac.id

INTRODUCTION

A regional autonomy policy since the early 2000s has led to an expansion of mining licensing escalation. Currently, the number of mining business licenses recorded and inventoried in the Ministry of Energy and Mineral Resources has exceeded 10,000 throughout Indonesia. The centralization of governance patterns changes the system of government relations, human rights, and the environment. The rules were marked by the birth of Law No. 32 of 2004 and Law No. 9 of 2015, which mentioned that an area has the authority to manage natural resources in its territory, including licensing. Power in the area that has been handed down is not immediately followed by several legislations and regulations supporting it. Many problems emerge as consequences, including the minimal regional human resource factors and institutional and inadequate regulation, among others. Conversely, a region can grant licenses to manage natural resources (Sinaga, 2010; Prasodjo, 2015; Erman, 2017).

The Bangka Belitung Islands Province is a potential area in the mining sector because there is a lot of soil containing tin ore minerals and minerals (for example quartz sand, building sand, kaolin, mountain rock, clay, and granite). The Bangka Belitung Islands Province is also widely known as a producer of white tin (stannum) on the international market under the brand BANGKA TIN. Tin mining is mostly carried out by large companies, namely PT. Tin Mine, Tbk. The legality of unsustainable land use and excessive exploitation of natural resources without paying attention to the balance of the ecosystem is one of the triggers for environmental damage in Bangka Belitung. This situation is the impact of a prolonged economic crisis which has resulted in a social crisis. In addition, the implementation of

regional autonomy that is less prepared results in unsustainable resource exploitation. In the end, this activity, which cannot be separated from natural ecosystem matters, has an impact in the form of environmental damage to the ecosystem structure of Bangka Island. Forest destruction due to mining causes many areas to experience severe drought during the dry season. When seen from the air before landing at Depati Amir Airport, the face of the Bangka Belitung land is covered in craters and gaping holes. These holes are filled with rainwater and become fertile places for the development of *Anopheles* mosquitoes. As a result, malaria transmission on Bangka Island is quite high.

The problem related primarily to tin mining management is the division of roles and responsibilities that still need to be clarified to local governments, mining companies, people miners, and smelters. The monopoly of tin mining areas occurs among influential stakeholders. Conflicts arise between the central and regional governments, between provincial and district governments, as well as between the government and private mining companies to monopolize mining, including small-scale mining (Erman, 2008; Irawan et al., 2014).

Previous research on stakeholders in natural resource management and mining includes research from Paletto et al. (2005), Erman (2008), Irawan et al. (2014), Lintangah (2014), Hvenegaard et al. (2015), Vogler et al. (2017) and Ahmadi et al. (2019) have been carried out and used as a reference in analyzing stakeholders in the management of tin mining on Bangka Island. These studies found that the influence and interests of stakeholders vary, with the local government having the most dominant influence and interest by Minerba Law No. 4 of 2009. However, in the context of

this study, there has been a policy change, namely, Minerba Law No. 3 of 2020; thus, the influence and interests of stakeholders have also changed. This Law regulates improvements to Law Number 4 of 2009 concerning Mineral and Coal Mining, namely adding new material in the form of (1) regulations related to the concept of Mining Legal Areas; (2) authority to manage Minerals and Coal; (3) Mineral and Coal management plan; (4) assignment to state research institutions, state-owned enterprise/Badan Usaha Milik Negara (BUMN), regional-owned enterprise/Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), or Business Entities to carry out investigations and research in the context of preparing Mining Business License Area/ Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP); (5) strengthening the role of BUMN; (6) re-arrangement of permits in Mineral and Coal business, including new licensing concepts related to rock business for certain types or certain purposes, as well as permits for community mining; and (7) strengthening policies related to environmental management in mining business activities, including the implementation of reclamation and post-mining. In this Law, regulations are also made regarding policies to increase the added value of Minerals and Coal, share divestment, guidance and supervision, land use, data and information, Community Empowerment, and continued operations for holders of Work Contracts or Coal Mining Work Agreements.

SA may help to comprehend complicated environmental systems by describing the system's properties, identifying who has a stake in those aspects, and determining stakeholders' objectives for engaging in decision-making (Mushove and Vogel, 2005). By involving stakeholders in the assessment process, SA can also promote transparency

and collaboration, leading to more inclusive and effective solutions for managing environmental challenges. Ultimately, SA can contribute to sustainable resource management and the protection of ecosystems for future generations. While stakeholder engagement is important for understanding various perspectives, it can also lead to delays and conflicts in decision-making processes as different stakeholders may have conflicting interests. Additionally, relying solely on stakeholder input may overlook expert opinions and scientific evidence necessary for effective environmental management.

The current study aims to analyze stakeholders' positions, roles, interests, and influence in the management of tin mining on Bangka Island. This study was conducted in Jebus Regency, West Bangka Regency, Bangka Belitung Islands Province. The importance of understanding the management of tin mining on Bangka Island is an effort to see that there are unique conditions related to the management of tin mining with other forms of mining management of other mineral types where stakeholders at the local level have absolutely no authority while they are the parties most affected by tin mining activities.

LITERATURE REVIEW

A program's success undoubtedly necessitates the assistance and support of several parties that have an impact on it both directly and indirectly. These parties are referred to as stakeholders, or simply stakeholders. A stakeholder is a person or group of persons who have a vested interest in an organization's success in attaining its objectives (Center for Public Mental Health, Universitas Gadjah Mada, 2017). Employees, customers, suppliers, investors, and even members of the organization's community are all potential stakeholders. The success of a program is

crucially influenced by the resources, expertise, feedback, and support that each stakeholder provides. Through effective engagement and communication with stakeholders, organizations can establish robust relationships and guarantee that their objectives are consistent with the interests of those who are invested in their success. Additionally, it contributes to the development of trust and credibility within the community. Organizations that actively engage stakeholders in decision-making processes are more likely to receive valuable input and buy-in from those who are impacted by their actions. This has the potential to result in more socially responsible and sustainable business practices. In the end, the organization may experience enhanced transparency, accountability, and overall success as a result of prioritizing stakeholder engagement. Companies can establish a more inclusive and ethical work environment that is beneficial to all parties by encouraging open communication and collaboration.

A stakeholder is often described as a person or entity with a stake in the corporation. Additionally, the World Business Council for Sustainable Development defines stakeholders as people or organizations that may have an impact on or influence business operations (World Business Council for Sustainable Development, 2002). Of course, parties with the power to affect and influence business operations may come from both inside and outside the organization. Internal stakeholders typically include employees, managers, and shareholders, while external stakeholders may consist of customers, suppliers, government agencies, and the local community. The relationships between stakeholders and the corporation are crucial for maintaining a positive reputation and fostering long-term success. By engaging with stakeholders and considering their interests,

businesses can build trust, enhance communication, and ultimately create value for all parties involved. Successful businesses understand the importance of balancing the needs and expectations of both internal and external stakeholders. By actively involving stakeholders in decision-making processes and seeking their input, companies can ensure that their actions align with the interests of all parties involved. Ultimately, this collaborative approach can lead to increased loyalty, improved relationships, and sustainable growth for the business. It is essential for businesses to regularly communicate with stakeholders, address their concerns, and demonstrate transparency to build trust and maintain positive relationships over time.

Academics and practitioners alike employ the concept of stakeholder analysis to elucidate the primary beneficiaries of corporate social responsibility (CSR) programs. The stakeholder approach aids management in the definition of the term "social" in CSR (Maignan and Ferrell, 2004). Even though businesses are generally accountable to society as a whole, they can only be held accountable to specific stakeholders or agents. Employees, customers, suppliers, shareholders, the local community, and the environment are all potential stakeholders. Businesses can more effectively tailor their CSR efforts by identifying and prioritizing these stakeholders, which enables them to gain a better understanding of their requirements and expectations. Ultimately, this results in more significant and impactful social responsibility initiatives that benefit not only the company but also its stakeholders and the broader society. Furthermore, businesses can establish more robust relationships and trust within their communities by actively pursuing input from stakeholders and engaging with them. This can result in a positive reputation that can attract top talent and investors, as well as improved

employee morale and increased consumer loyalty. In conclusion, organizations that prioritize corporate social responsibility (CSR) and stakeholder engagement are more likely to achieve financial success and have a beneficial influence on their surroundings.

According to Boesso and Kumar (2009), stakeholder theory places a premium on interactions with agents that have an impact on or influence the company. Stakeholders are actors who engage in two-way exchanges, resulting in socially created relationships. The theory goes on to outline the "identification," "treatment," and "impact assessment" components that make up a stakeholder management strategy that Freeman (Freeman, 2010) advocates. By focusing on identifying key stakeholders, determining the appropriate way to engage with them, and assessing the effects of these interactions, companies can better understand and address the needs and concerns of those who have a stake in their success. This strategic approach can help organizations build trust, foster collaboration, and ultimately enhance their overall performance and reputation in the eyes of their stakeholders. Ultimately, stakeholder theory emphasizes the importance of establishing and maintaining mutually beneficial relationships with all those who have a vested interest in the company's activities. By prioritizing stakeholder engagement and making it an integral part of their business strategy, companies can create a more sustainable and responsible business model. This not only leads to improved decision-making processes but also helps in identifying potential risks and opportunities that may impact the organization in the long run. By actively involving stakeholders in the decision-making process, companies can ensure that their actions align with the values and expectations of those who are invested in their success. Ultimately, adopting a stakeholder-centric approach can lead to improved

relationships, increased transparency, and a stronger sense of accountability within the organization.

Stakeholder identification establishes which stakeholders are most significant from the company's standpoint. Power, legitimacy, and urgency are some of the criteria typically employed to define stakeholders (Mitchell et al., 1997; Reed et al., 2009). Furthermore, Freeman et al. (2010) proposed two types of stakeholders based on their level of influence: primary stakeholders (those involved in economic transactions with the business, such as shareholders, customers, and employees); and secondary stakeholders (those who are not directly involved with business operations but are affected by or can influence its actions). In comparison to numerous stakeholder qualities presented in the literature, this study employs Mitchell et al. (1997) power, legitimacy, and urgency to determine stakeholder salience in research. Power refers to the stakeholder's ability to influence the organization, legitimacy refers to the stakeholder's relationship with the organization, and urgency refers to the stakeholder's timeline for action. By utilizing these dimensions, researchers can identify which stakeholders are most critical to the success of the business and prioritize their needs accordingly. This approach allows for a more focused and effective stakeholder management strategy, ultimately leading to better decision-making and improved organizational outcomes. In addition, understanding stakeholder significance can also help organizations anticipate potential conflicts and proactively address them before they escalate. By considering the power, legitimacy, and urgency of each stakeholder, companies can tailor their communication and engagement strategies to build stronger relationships and foster mutual trust. Ultimately, by prioritizing the needs of key

stakeholders, businesses can enhance their reputation, increase stakeholder satisfaction, and achieve long-term success in a competitive market.

Identifying stakeholders is the first phase in Stakeholder Analysis (SA), and it involves investigating persons, groups, and organizations that have a stake in certain social, ecological, or environmental elements of a natural resource governance problem. After identifying the stakeholders, it is necessary to categorize them according to their characteristics to distinguish between them. The categorization findings highlight the significance of stakeholders. Finally, the formal ties among stakeholders are investigated. Stakeholder analysis gathers and analyses qualitative information systematically, such as semi-structured interviews and interest-influence matrices, to determine who is interested and whose interests are relevant to the process of implementing a program or policy (Schmeer et al., 1999; Reed et al., 2009). The growing adoption of SA in natural resource management indicates a growing understanding of the need for stakeholder engagement in environmental decision-making processes (Burroughs, 1999; Brugha and Varvasovszky, 2000; Selin et al., 2000). Stakeholder analysis not only helps identify relevant interests but also assesses the power and influence each stakeholder holds about the program or policy being implemented. This information is crucial for developing effective strategies for engaging stakeholders and ensuring their interests are taken into account. By incorporating stakeholder analysis into decision-making processes, organizations can enhance the legitimacy and effectiveness of their programs and policies, ultimately leading to more sustainable and successful outcomes. Additionally, stakeholder analysis allows organizations to anticipate potential conflicts or challenges that may arise throughout the

implementation process. By proactively addressing these issues and involving key stakeholders in decision-making, organizations can mitigate risks and build stronger relationships with those affected by their actions. Ultimately, through a comprehensive understanding of stakeholders and their interests, organizations can create more inclusive and impactful initiatives that better address the needs of all parties involved.

Stakeholder analysis in the context of mining in Indonesia involves identifying and understanding all individuals, groups, and organizations that are impacted by or have an interest in mining activities. This process allows mining companies to assess the needs, expectations, and potential risks associated with each stakeholder group. By engaging in open and transparent communication, companies can build trust and partnerships with stakeholders, leading to more successful and sustainable mining operations. Furthermore, by considering the perspectives and input of all stakeholders, companies can make informed decisions that align with environmental and social responsibility standards, ultimately contributing to the long-term success of the mining industry in Indonesia. This approach can also help companies mitigate conflicts and address concerns before they escalate, fostering a positive relationship with local communities and government agencies. By prioritizing sustainability and responsible practices, mining companies can not only ensure the longevity of their operations but also contribute to the overall well-being of the environment and society in Indonesia. This collaborative and inclusive approach to stakeholder engagement is crucial for the continued growth and development of the mining industry in the region. Furthermore, by actively involving local stakeholders in decision-making processes, mining companies can gain valuable insights

into the specific needs and concerns of the communities they operate in. This can lead to the development of more tailored and effective sustainability initiatives that address the unique challenges faced by each community. Ultimately, by working together with stakeholders to find mutually beneficial solutions, mining companies can create a more sustainable and socially responsible industry that benefits both the environment and society in Indonesia.

By conducting a thorough stakeholder analysis, mining companies can effectively engage with stakeholders, address their concerns, and work towards mutually beneficial solutions that promote sustainable development and responsible mining practices in Indonesia (Rendtorff, 2020). This collaborative approach not only builds trust and goodwill within the community but also helps companies mitigate potential risks and conflicts that may arise during the mining process. By actively involving all stakeholders in the decision-making process, companies can foster a culture of transparency and accountability, leading to greater overall success and sustainability in the industry. In the end, prioritizing stakeholder engagement is crucial for creating a positive impact on the environment, society, and economy of Indonesia. By listening to and considering the perspectives of all parties involved, companies can address concerns and find mutually beneficial solutions that uphold environmental and social responsibility. This approach not only benefits the local communities and ecosystems affected by mining activities but also enhances the reputation and long-term viability of the company. Ultimately, prioritizing stakeholder engagement is essential for ensuring that mining operations in Indonesia are conducted responsibly and sustainably for the benefit of all involved. Engaging with stakeholders also helps companies build trust and credibility

within the community, fostering positive relationships that can withstand challenges and conflicts. By actively involving local communities, government bodies, and environmental organizations in decision-making processes, companies can demonstrate their commitment to transparency and accountability. This collaborative approach not only minimizes potential risks and conflicts but also fosters a more inclusive and sustainable mining industry in Indonesia. In conclusion, prioritizing stakeholder engagement is crucial for creating a responsible and mutually beneficial mining sector that prioritizes the well-being of all stakeholders involved.

MATERIAL AND METHODS

This study was conducted in Jebus Regency, West Bangka Regency, Bangka Belitung Islands Province. This location has been chosen because it is one of the areas with the most significant production on Bangka Island. There are implications for environmental, economic, social, and mining-related issues that have yet to be explored especially the involvement of stakeholders from the central to the regional level. Furthermore, balancing the input of stakeholders with expert opinions and scientific evidence is crucial to ensuring that decisions are based on a comprehensive understanding of the situation.

This approach can help mitigate conflicts and delays while also ensuring that environmental management practices are effective and sustainable in the long term. Ultimately, involving stakeholders at all levels of decision-making processes can lead to more holistic and well-rounded solutions that address the complex challenges of environmental, economic, social, and mining-related issues.

The methods used in this research were focus group discussions and interviews. The focus group discussions were used to obtain input on

the role of the parties in tin mining environmental management. Meanwhile, interviews were used to deepen the information obtained from the discussion. Diverse stakeholders were able to voice their opinions and experiences on environmental management in tin mining through the focus group talks. However, the interviews gave each participant the chance to expand on their answers and offer more in-depth observations. All things considered, employing both approaches guaranteed a thorough comprehension of the subject and enhanced the study results.

There were 81 participants in the focus group discussions, comprising 22 provincial, district, and sub-district government representatives, as well as 11 village government representatives, 22 community members, 22 community leaders, and 4 commercial company representatives. Based on their knowledge, background, and engagement in community development initiatives, the participants were chosen. The village government members were chosen for their awareness of community needs, while the province, district, and sub-district government officials were picked for their familiarity with local laws and ordinances. Commercial company executives were asked to give their thoughts on public-private partnerships for development efforts, while community leaders and members were involved to offer ideas from the ground up (Table 1).

The informants were selected using a purposive sampling technique, where informants were selected with the following criteria: 1) local government elements involved as tin mining stakeholders; 2) people involved as tin miners; 3) community leaders who have knowledge and information related to tin mining activities

Table 1: The Participants of the Focus Group Discussion

Tablo 1: Odak Grup Tartışmasının Katılımcıları

No	Total	The Participants of the Focus Group Discussion
1.	22	The provincial, regency, and district governments
2.	11	Villages
3.	22	Community members
4.	22	Community leaders
5.	4	Representatives of commercial companies

The interviews involved 15 people consisting of 5 community representatives; 2 community leaders; 1 district government representative, 1 sub-district government representative, and 6 village government representatives (Table 2).

Table 2: The Informants Involved in the Interview

Tablo 2: Görüşmeye Dahil Olan Muhabirler

No	Total	The Informants Involved in the Interview
1.	5	Community representatives
2.	2	Community leaders
3.	1	The regency governments
4.	1	The district governments
5.	6	The governments

RESULTS AND DISCUSSION

Stakeholder Position and Role in Tin Mining Management

Stakeholders are individuals, communities, social groups, or organizations with a direct or indirect interest in planning and decision-

making (Friedman and Miles, 2006). Regarding the management of natural resources (Grimble and Chan, 2006), stakeholders are groups of people who are organized or not and have an economic interest in the natural resource management system. Based on the findings of this study, the following stakeholders have political and economic interests in the management of tin mining:

1. The central government,
2. Local governments,
3. Companies or entrepreneurs, and
4. The community.

According to Prukkanone and Wang (2016), each of these stakeholders has an economic interest in benefiting from and power over existing resources.

This finding is in line with that of Erman (2017) regarding actors involved in tin mining, namely, governments (from the central, provincial, and regency levels to the district level), companies (PT Timah Tbk, Koba Tin, and unconventional miners), and the community. Irawan et al. (2014) analyzed tin mining stakeholders consisting of the central and local governments, entrepreneurs, investors, entrepreneurs, unconventional miners, suppliers, law enforcement, and the community. Elgifienda (2018) also found that tin mining stakeholders in Bangka Island consist of governments, authorities, miners, and the community. Tin mining management stakeholders are shown in Figure 1. Stakeholders involved in the management of tin mining are identified by their position and role. Based on its connection to a decision or

activity, the part of the stakeholder is distinguished into primary stakeholder and secondary stakeholder (Friedman and Miles, 2006).

Primary stakeholders

Primary stakeholders are parties directly interested in a resource, either as a livelihood or directly involved in exploiting the natural resource. According to Famiyeh (2017), these stakeholders are also called critical stakeholders, i.e., individuals or groups that can result in a decision or activity (MacArthur, 2011). Building good relationships with key stakeholders is fundamental in mining management because mining permits are granted by the government (Wakka, 2017).

Based on the research results, the primary stakeholders in the management of tin mining are the governments at the central and provincial levels, along with the relevant agencies, namely, the Ministry of Energy and Natural Resources and the Provincial Energy and Natural Resources Office. Governments at the central and local levels have influence and interest in formulating and applying policies, namely, laws and regulations related to the primary duties in their authority; therefore, this group becomes a key stakeholder in the management of tin mining. Que et al. (2018) said that the most vocal or influential stakeholders in mining are governments at the central and local levels despite the group's diverse influence and interests. Irawan et al. (2014) also stated that the central and local governments are critical stakeholders in the management of the tin mining industry.

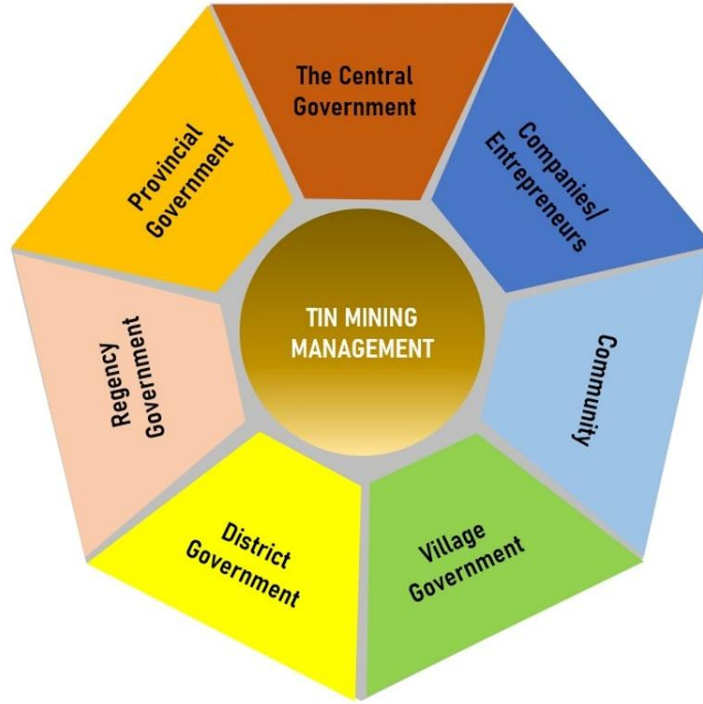


Figure 1. Stakeholder map of tin mining management

Şekil 1. Kalay madenciliği yönetiminin paydaş haritası

Additionally, governments at different levels (national, regional, and local) play a role in managing natural resources. According to Yamoah et al. (2020), collaboration between governments and organizations in the era of environmental awareness is necessary to reduce environmental degradation.

Secondary stakeholders

Secondary stakeholders are parties with an indirect interest or a party that depends on the resources or business resulting from those resources (Wakka, 2017). Secondary stakeholders in the decision-making process related to the management of natural resources are only informed about the progress of the planning process and decisions or policies taken. Secondary or non-key stakeholders related to mining management

are not related or directly involved in mining operations (Famiyeh, 2017).

Based on the results of the study, parties regarded as secondary stakeholders are the district, village, company or entrepreneur, and community government. This stakeholder group has a minimal role, not even in Law No. 3 of 2020 on Mineral and Coal Mining; thus, the influence of this group is minimal.

The roles of stakeholders in the management of tin mining when referring to existing regulations, namely, the Constitution of 1945, Law No. 3 of 2020 on Mineral and Coal Mining, and Law No. 23 of 2014 on Local Government, are distinguished:

1. The central government has a role in the mastery of mining management with the primary authority.

Table 3: Recapitulation of the informant's answers related to the influence and importance of stakeholder tin mining management

Tablo 3: Paydaş kalay madenciliği yönetiminin etkisi ve önemine ilişkin bilgi veren kişinin yanıtlarının özeti

No	Stakeholders	Interest	Percentage (%)	Power	Percentage (%)
1.	Central government	45	14.7	45	24.1
2.	Provincial government	45	14.7	43	23.0
3.	Regency government	45	14.7	28	15.0
4.	District government	41	13.4	15	8.0
5.	Village government	41	13.4	18	9.6
6.	Companies/entrepreneur	45	14.7	23	12.3
7.	Community	45	14.7	15	8.0
Total		307	100	187	100

2. The provincial government is instrumental in receiving delegated duties from the central government related to licensing mining businesses and determining mining areas, divestment schemes, and stocks in coordination with the central, regency, and city governments.

3. Regency, district, and village governments; companies or entrepreneurs; and communities play a role in local, corporate, and group interests to generate local indigenous income and drive the regional economy from the activities of tin mining businesses in Jebus district.

Stakeholder Influence and Interest in Tin Mining Management

The mapping of stakeholders in mining management is performed using interviews to

identify their influence and interests. Informants are asked questions and asked their opinions regarding the level of power and interests of stakeholders on a scale of 1 (not interested or no control), 2 (interested or has power), and 3 (highly interested or a higher power) (Table 3).

The data were visualized and analyzed using the stakeholder power–interest grid (Grimble and Wellard, 1997; Ackermann and Eden, 2011) as key players, the central and provincial governments are in quadrant B, a stakeholder with the highest level of influence and importance in the management of tin mining; and as subjects, regency governments, companies or entrepreneurs, district governments, village governments, and communities are in quadrant C, with high levels of importance but have different levels of low influence significance (Figure 2).

Based on the relationship of influence and stakeholder interest in the management of tin mining, the differences concluded that each party is significant:

The environmental and social effects of mining activities directly affect local communities and environmental NGOs due to the implementation of community development

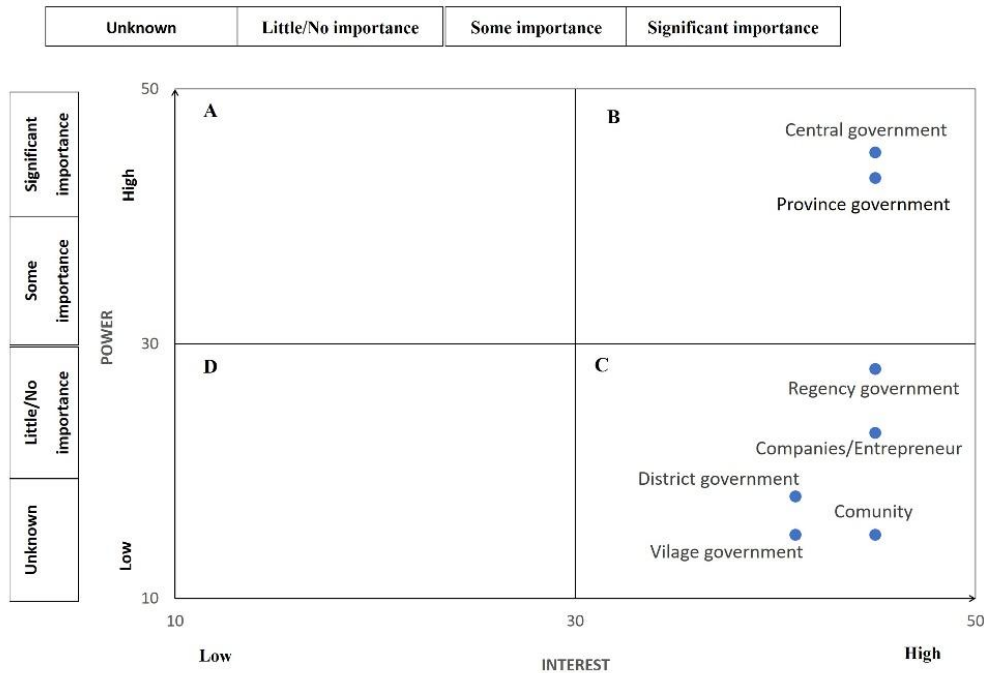


Figure 2. Stakeholder power-interest grid tin mining management

Şekil 2. Paydaş güç-çıkar şebekesi kalay madenciliği yönetimi

(1) The central and provincial governments as crucial stakeholders or critical players with the highest level of influence and interest in the management of tin mining due to the central authority of this institution to conduct mining management nationally at the central government level by following the Constitution 1945 article 33 and Law No. 3 of 2020 on Mineral and Coal Mining. The central and provincial governments have a high level of interest (14.7%); they still have different levels of influence, whereby the central government has a high level of power (24.1%), whereas the provincial government has a low level of power (23%).

requirements in mining laws. These laws mandate firms and/or governments to carry out socio-economic development projects in mining-affected communities, providing public goods and services like infrastructure, educational scholarships, health services, and small business assistance.

The difference in the level of influence is due to the provincial government's authority to receive delegated duties from the central government. The responsibilities of the local government are related to mining business licensing and mining area determination, determining divestment schemes, and coordinating stocks. The authority held by the government at the

regional level since the change of this law has become very limited.

(2) Regency governments, companies or entrepreneurs, district governments, village governments, and communities as subjects have varying levels of high importance and low influence. Regency governments, district governments, companies or entrepreneurs, and society have the same level of interest as central and provincial governments, which is high (14.7%). Moreover, the interest level of village and district governments is lower (13.4%). The regency government has a low level of influence (15%), companies or entrepreneurs as a group have power (12.3%), the village government has a low level of control (9.6%), and companies and communities have deficient levels of influence (8%). The interests and power of this stakeholder group have a high level of economic importance to natural resources.

Central and provincial governments need to collaborate closely with district governments, companies, entrepreneurs, and society to ensure effective governance and economic development (Unger, 1996). The role of local governments in providing credit and support to enterprises, especially during times of financial restrictions, is crucial for local economic growth. Misappropriation of funds and licensing non-bank credit institutions are some ways local governments support local enterprises.

Stakeholder analysis in the context of tin mining in Bangka Island has significant implications for environmental management. By identifying and engaging with stakeholders such as local communities, government agencies, and mining companies, a more comprehensive understanding of environmental impacts and potential solutions can be achieved. This approach can help to address concerns related to deforestation, water pollution, and biodiversity loss, ultimately

leading to more sustainable mining practices in the region.

The sustainable management of tin mining on Bangka Island is significantly impacted by the multifaceted implications of this research. This study enhances comprehension of the mining sector's interactions among a variety of stakeholders, including government bodies, local communities, and commercial entities, by effectively identifying and analyzing their positions, responsibilities, interests, and influences. This comprehension is essential for the creation of more effective governance frameworks and collaborative strategies that are essential for the resolution of environmental, economic, and social issues related to tin mining. The study's results can be used to enlighten policymakers and stakeholders to devise regulatory measures that are both balanced and promote sustainable development, while also reducing the negative effects of mining activities. Additionally, the knowledge acquired from stakeholder dynamics can be helpful in the development of transparent and inclusive decision-making processes, which are crucial for the resilience of local communities in the face of the ecological and socio-economic challenges posed by mining operations and the attainment of long-term sustainability objectives.

CONCLUSIONS

Stakeholders in the management of tin mining are distinguished based on the identification and mapping of positions, roles, influences, and interests of the aforementioned stakeholders. (1) Positions, the central and provincial governments are primary stakeholders or key players in the management of tin mining: the district government, village government, company or entrepreneur, and community are secondary stakeholders. (2) Roles, the central government's role is a central

authority to conduct mining management nationally. The provincial government's role is to receive delegated duties from the central government. Regency, district, and village governments; companies or entrepreneurs; and communities play a role in local, corporate, and group interests to generate local indigenous income and drive the regional economy. (3) Interests, the central, provincial, regency, district, and village governments; companies or entrepreneurs; and communities have high interests. (4) Influences, the central and provincial governments have the most significant influence. Conversely, regency governments, companies or entrepreneurs, district and village governments, and communities have different levels of low influence significance.

The negative impacts of tin mining activities on environmental, economic, and social aspects can be reduced by understanding the position, role, interests, and influence of stakeholders from the results of this study. Reducing this impact is the responsibility of the government, especially the party that has dominant authority in managing tin mining, namely, the central government. The central government should see more closely that the impact of tin mining activities on Bangka Island should be addressed immediately by sharing authority with local governments at the provincial and district levels.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to the two anonymous reviewers for their constructive comments, which greatly improved the quality of the paper.

REFERENCES

- Ackermann, F., and Eden, C., 2011. Strategic management of stakeholders: Theory and practice. *Long Range Planning*, 44(3), 179–196. DOI: 10.1016/j.lrp.2010.08.001
- Ahmadi, A., Kerachian, R., Rahimi, R., and Skardi, M.J.E., 2019. Comparing and combining social network analysis and stakeholder analysis for natural resource governance. *Environmental Development*, 32, 100451.
- Boesso, G., and Kumar, K., 2009. An investigation of stakeholder prioritization and engagement: Who or what really counts. *Journal of Accounting & Organizational Change*, 5(1), 62–80. DOI: 10.1108/18325910910932214
- Brugha, R., and Varvasovszky, Z., 2000. Stakeholder analysis: A review. *Health Policy and Planning*, 15(3), 239–246. DOI: 10.1093/heapol/15.3.239
- Burroughs, R., 1999. When stakeholders choose: Process, knowledge, and motivation in water quality decisions. *Society & Natural Resources*, 12(8), 797–809. DOI: 10.1080/089419299279326
- Center for Public Mental Health, 2017. *Buku Panduan Program Sekolah Sejahtera (Prosperous School Program Handbook)*. Universitas Gadjah Mada. <https://hpu.ugm.ac.id/2020/11/14/buku-panduan-program-kampus-sejahtera/>
- Elgifienda, T., 2018. Political Ecology of Tin Mining: A Discourse Analysis of the Human-Environment Relation in the Study of Illegal Tin Mining on Bangka Island. Master Thesis, Lund University.
- Ermann, E., 2008. Rethinking legal and illegal economy: A case study of tin mining in Bangka Island. *Southeast Asia: History and Culture*, 37, 91-111.
- Ermann, E., 2017. Aktor, akses dan politik lingkungan di pertambangan timah Bangka [Actors, access, and environmental politics in Bangka tin mining]. *Jurnal Masyarakat Indonesia*, 36, 71-101.

- Famiyeh, S., 2017. Socially responsible mining using project stakeholder identification and management: An exploratory study. *Journal of Global Responsibility*, 8(1), 151–168. DOI: [10.1108/JGR-10-2016-0026](https://doi.org/10.1108/JGR-10-2016-0026)
- Freeman, R.E., 2010. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Cambridge University Press. DOI: [10.1017/CBO9781139192675](https://doi.org/10.1017/CBO9781139192675)
- Friedman, A.L., and Miles, S., 2006. *Stakeholders: Theory and Practice*. Oxford University Press.
- Grimble, R., and Chan, M.K., 1995. Stakeholder analysis for natural resource management in developing countries. *Natural Resources Forum*, 19(2), 113–124. DOI: [10.1111/j.1477-8947.1995.tb00599.x](https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1995.tb00599.x)
- Grimble, R., and Wellard, K., 1997. Stakeholder methodologies in natural resource management: A review of principles, contexts, experiences, and opportunities. *Agricultural Systems*, 55(2), 173–193. DOI: [10.1016/S0308-521X\(97\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(97)00006-1)
- Hvenegaard, G.T., Carr, S., Clark, K.P., and Dunn Olexson, T., 2015. Promoting sustainable forest management among stakeholders in the Prince Albert model forest, Canada. *Conservation & Society*, 13, 51-61.
- Irawan, R.R., Sumarwan, U., Suharjo, B., and Djohar, S., 2014. Stakeholder management: Conflict and interest in tin mining industry Indonesia (Case study Bangka Belitung Province). *European Scientific Journal*, 10, 75-89.
- Irawan, R.R., Sumarwan, U., Suharjo, B., and Djohar, S., 2014. Strategic model of the tin mining industry in Indonesia (Case study of Bangka Belitung Province). *International Journal of Business Management Review*, 2, 48-58.
- Lintangah, W., 2014. *Stakeholder analysis in sustainable forest management in Sabah, Malaysia*. Doctoral Dissertation, Technische Universität Dresden, German National Library.
- Maignan, I., and Ferrell, O.C., 2004. Corporate social responsibility and marketing: An integrative framework. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 32(1), 3–19. DOI: [10.1177/0092070303258971](https://doi.org/10.1177/0092070303258971)
- Mitchell, R.K., Agle, B.R., and Wood, D.J., 1997. Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853–886. DOI: [10.5465/amr.1997.9711022105](https://doi.org/10.5465/amr.1997.9711022105)
- Mitchell, R.K., Agle, B.R., Chrisman, J.J., and Spence, L.J., 2011. Toward a theory of stakeholder salience in family firms. *Business Ethics Quarterly*, 21(2), 235–255. DOI: [10.1017/S1052150X0000065X](https://doi.org/10.1017/S1052150X0000065X)
- Mushove, P., and Vogel, C., 2005. Heads or tails? Stakeholder analysis as a tool for conservation area management. *Global Environmental Change*, 15(3), 184–198. DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001)
- Paletto, A., Hamunen, K., and De Meo, I., 2015. Social network analysis to support stakeholder analysis in participatory forest planning. *Society & Natural Resources*, 28, 1108-1125.
- Prasodjo, E., 2015. *Policy model for sustainable coal mining environmental management (Case study of coal mining around Samarinda City, East Kalimantan)*. Doctoral Dissertation, Institut Pertanian Bogor.

- Prukkanone, K., and Wang, G., 2016. Stakeholder analysis of environmental policymaking process in Thailand. *Journal of Public Administration and Governance*, 6(4), 100–114. DOI: 10.5296/jpag.v6i4.9364
- Que, S., Wang, L., Awuah-Offei, K., Chen, Y., and Yang, W., 2018. The status of the local community in mining sustainable development beyond the triple bottom line. *Sustainability*, 10(6), 1749. DOI: 10.3390/su10061749
- Reed, M.S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Prell, C., and Quinn, C.H., 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1933–1949. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.01.001
- Schmeer, K., 1999. Guidelines for Conducting a Stakeholder Analysis. PHR, Abt Associates.
<https://www.ktecop.ca/wordpress/wp-content/uploads/guidelines-stakeholder-analysis-PHR-1999.pdf>
- Selin, S.W., Schuett, M.A., and Carr, D., 2000. Modeling stakeholder perceptions of collaborative initiative effectiveness. *Society & Natural Resources*, 13(8), 735–745. DOI: 10.1080/089419200750035593
- Sinaga, N., 2010. Policy design and management strategy for sustainable coal mining areas (Case study of Kutai Kartanegara Regency). Doctoral Dissertation, Institut Pertanian Bogor.
- Vogler, D., Macey, S., and Sigouin, A., 2017. Stakeholder analysis in environmental and conservation planning. *Lessons in Conservation*, 7, 5–16.
- Wakka, A.K., 2017. Analisis stakeholders pengelolaan kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Mengkendek, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan (Stakeholder analysis of forest area management with special purposes (KHDTK), Tana Toraja Regency, South Sulawesi Province). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3, 47–56.
- World Business Council for Sustainable Development, 2002. The business case for sustainable development: Making a difference towards the Earth Summit 2002 and beyond. *Corporate Environmental Strategy*, 9(3), 226–235. DOI: 10.1016/S1066-7938(02)00071-4
- Yamoah, F.A., Kaba, J.S., Amankwah-Amoah, J., and Acquaye, A., 2020. Stakeholder collaboration in climate-smart agricultural production innovations: Insights from the cocoa industry in Ghana. *Environmental Management*, 66, 600–613. DOI: 10.1007/s00267-020-01327-z.