
TÜRKİYE CUMHURİYETİ'NİN YÜZÜNCÜ YILI
Yer Bilimleri ve Mühendisliğinde
Güncel Çalışmalar
Editör
Murat HATİPOĞLU
BİDGE

BİDGE Yayınları

Yer Bilimleri ve Mühendisliğinde Güncel Çalışmalar

Editörler: Prof.Dr. Murat HATİPOĞLU

ISBN: 978-625-372-253-1

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 25.06.2024
BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374
Yayın hakları © BİDGE Yayınları
www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com
Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER 3

Ardıçlı Mahallesi (Konya, Türkiye) Çevresindeki Yalıtepe Formasyonu Stromatolitik Kireçtaşlarının Fasiyes Özellikleri 4

Ali Müjdat ÖZKAN 4

İsmail İNCE 4

Göçeri (Hüyük, Konya, Türkiye) Çevresindeki Çaltepe Formasyonu Kireçtaşlarının Petrografik Özellikleri 28

Ali Müjdat ÖZKAN 28

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve İlgili Maden Yatakları 49

Güllü KIRAT 49

Alaaddin VURAL 49

Manganez Cevherinin Genel Özellikleri 67

Hüseyin SENDİR 67

Volkanojenik Cevher Yataklarının Oluşumu 85

Hüseyin SENDİR 85

Bazı laboratuvar cihazlarına ait gürültünün iki boyutlu modellenerek değerlendirilmesi: İnönü Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarı 98

Mustafa BİRİNCİ 98

Cumali FIRAT 98

Engin ÖZDEMİR 98

Bearing Loads Due to Natural Rock and Concrete Blocks in Hypothetical Towered Structures 119

Mehmet Kemal GOKAY 119

BÖLÜM I

Ardıçlı Mahallesi (Konya, Türkiye) Çevresindeki Yalıtepe Formasyonu Stromatolitik Kireçtaşlarının Fasiyes Özellikleri

Ali Müjdat ÖZKAN[1]
İsmail İNCE[2]

1. Giriş

Yalıtepe formasyonu stromatolitik kireçtaşları (Üst Miyosen-Alt Pliyosen) Konya yöresinde önemli bir yayılım göstermektedir. Çalışma sahası, Toridler Ana Tektonik Birliği içinde, konumlanan Sultandağları Masifi'nin güneydoğusunda konumlanmıştır (Şekil 1). Bu çalışmada, stromatolitik kireçtaşlarının fasiyes özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

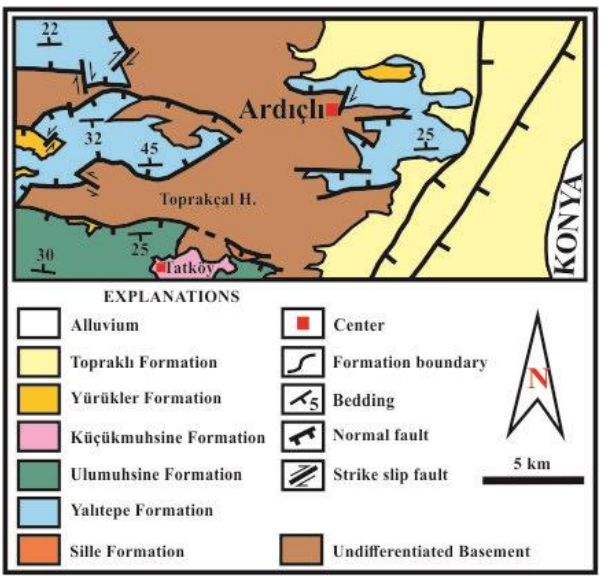
[1] Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye, Orcid: 0000 0001 6686 327X, amozkan@ktun.edu.tr
[2] Doç. Dr. Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye, Orcid: 0000 0002 6692 7584, iince@ktun.edu.tr

Yalıtepe stromatolitik kireçtaşlarından çeşitli gözlem noktalarından 10 adet örnek toplanmıştır (Şekil 2). İnceleme alanından toplanan bu stromatolitik kireçtaşı örneklerinden Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü kesithanesinde ince kesitler yaptırılmış ve polarizan mikroskopta dokusal özellikleri incelenerek kayaç adlaması Dunham (1962) ile Logan ve ark. (1964)'nın sınıflamalarına göre yapılmıştır. İnce kesit çalışmalarında, stromatolitik kireçtaşlarında bulunması olası kalsit ile dolomit mineral ayrımının belirlenebilmesi için alizarin kırmızısı boyama testi kullanılmıştır. Bu boyama testine göre Yalıtepe formasyonundan alınan tüm örneklerin kireçtaşı olduğu ve dolotaşı içermediği saptanmıştır. Yalıtepe formasyonu stromatolitleri Logan ve ark. (1964)'na göre, yan yana bağlı yarı küresel (LLH-tipli) stromatolitler, üst üste yığılı yarı küresel (SH-tipli) stromatolitler ve küresel/onkoyidal (SS-tipli) stromatolitler olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3-14).

Stromatolitlerin dokusal özellikleri, Aitken (1967) ve Monty (1976) sınıflaması kullanılarak yorumlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma sahasının yer bulduru haritası (Google Maps).



Şekil 2. Çalışma sahasının jeoloji haritası (Aksoy, 2019'dan değiştirilerek).

Özkan (2000 & 2004) çalışma sahası yakını (Akpınar-Tatköy-Ulumuhsine-Sarayköy, Konya) ve uzağındaki (Gökçeyazı-Kuskuncuk, Ereğli, Konya) yaptığı çalışmalarda Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı stromatolitik kireçtaşlarının fasiyeslerini çalışmış ve stromatolitik kireçtaşlarındaki stromatolitleri Logan ve ark. (1964)'na göre, yan yana bağlı yarı küresel (LLH-tipli) stromatolitler, üst üste yığılı yarı küresel (SH-tipli) stromatolitler ve küresel/onkoyidal (SS-tipli) stromatolitler şeklinde sınıflandırılmıştır.



Şekil 3. Kalın tabakalı, bol çatlaklı ve boşluklu Yalıtepe formasyonu stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 4. Orta-kalın tabakalı, stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 5. Orta-kalın tabakalı, laminalı ve boşluklu, bol çatlaklı stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 6. Yalıtepe formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen laminalı stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 7. Yalıtepe formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen boşluklu, orta-kalın tabakalı stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



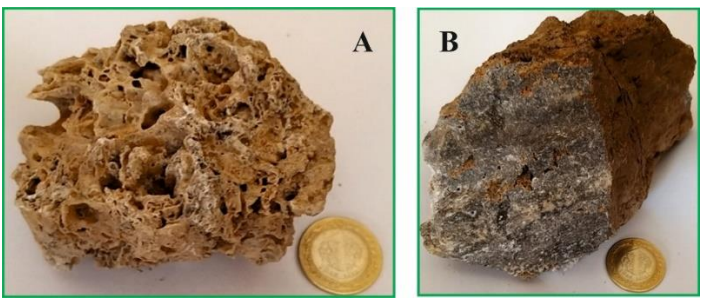
Şekil 8. Yalıtepe formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen algal biyoherm yapılı stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



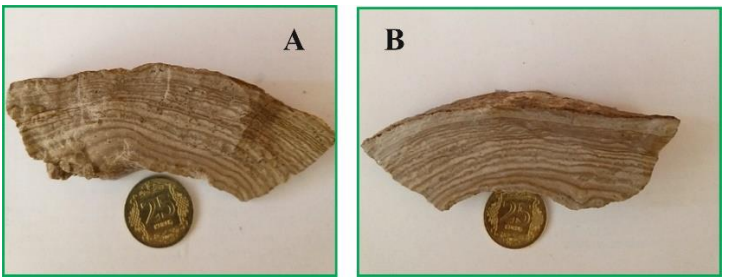
Şekil 9. Yalıtepe formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen laminalı, algal biyohermler şeklinde stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



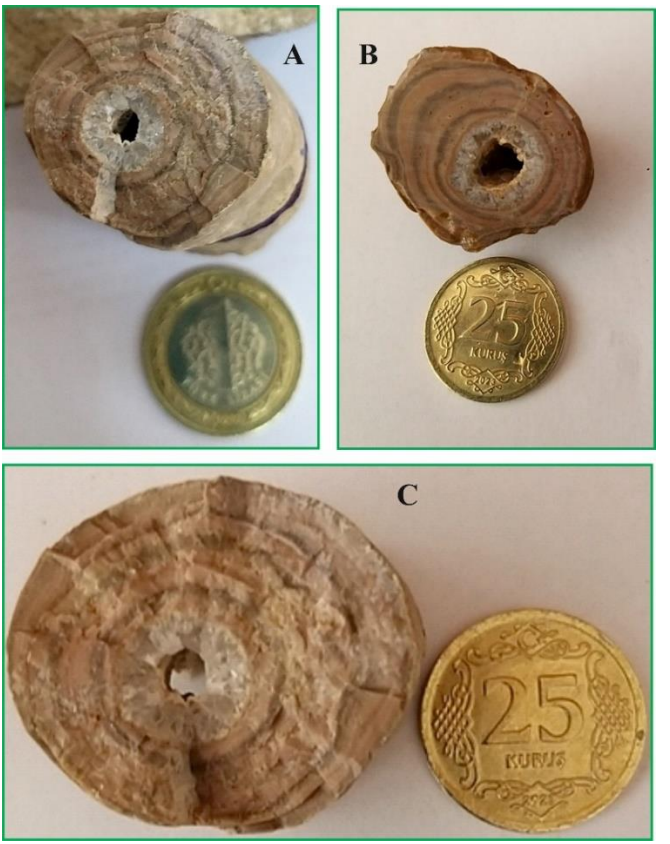
Şekil 10. Yalıtepe formasyonu Orta-kalın tabakalanmalı stromatolitik kireçtaşı.



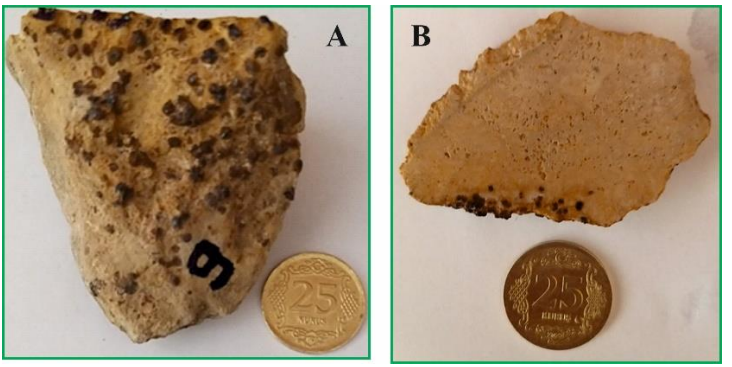
Şekil 11. a) SH-tipli stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi). b) Gri renkli stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 12. Yalıtepe formasyonu bünyesindeki yan yana bağlı yarı küresel (LLH-tipli) stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 13. Yalıtepe formasyonu bünyesindeki onkoyidal/küresel (SS-tipli) stromatolitler (Ardıçlı Mahallesi).



Şekil 14. Yalıtepe formasyonunda gözlenen götitli (pseudo pirit) stromatolitik kireçtaşı (Ardıçlı Mahallesi).

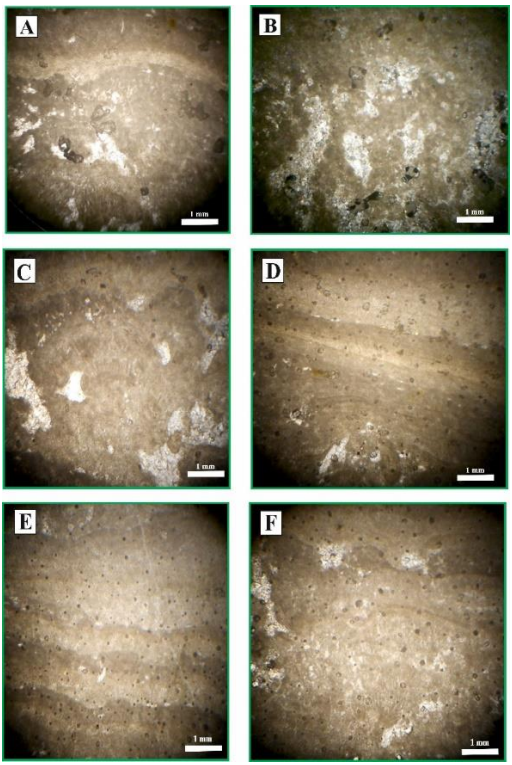
2. Yalıtepe Formasyonu Stromatolitik Kireçtaşı Fasiyesleri

Çalışma sahasındaki stromatolitik kireçtaşlarının makroskobik ve mikroskopik incelenmesi sonucu (1) algal biyoherm fasiyesi (Şekil 8 ve 9), (2) yan yana bağlı yarı küresel stromatolit fasiyesi (Şekil 3-6 ve 12), (3) üst üste yığılı yarı küresel stromatolit fasiyesi (Şekil 4 ve 11A), (4) onkoyidal/küresel stromatolit fasiyesi (Şekil 13), (5) intraklast-pellet-biyojen vaketaşı/istiftaşı fasiyesi olarak 5 adet fasiyes tanımlanmıştır.

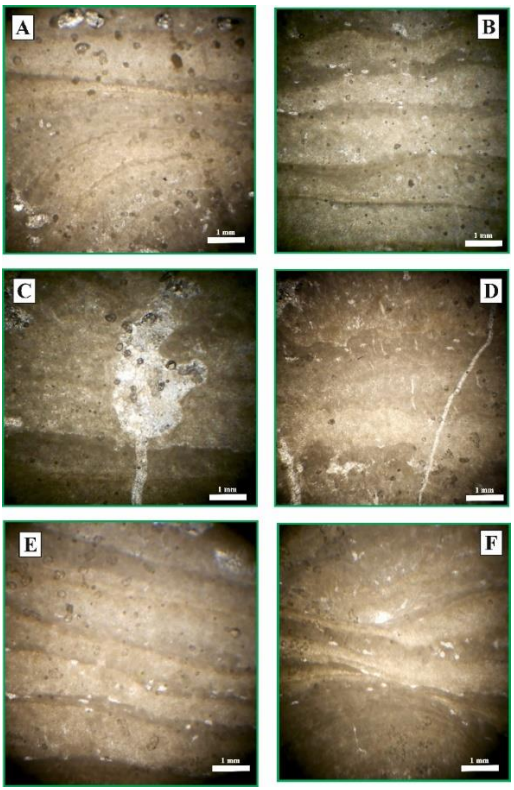
2.1. Algal Biyoherm Fasiyesi (F1)

Çamurtaşlarıyla ardalanma gösteren Yalıtepe formasyonundaki algal biyoherm fasiyesi, çamurtaşları ve/veya marnlar üzerinde gelişmiş kubbemsi yapılar şeklinde gözlenirler (Şekil 8 ve 9). Algal biyohermler birkaç cm'den birkaç m'ye değişen yayılım ve kalınlıkta gözlenirler. Yarı küresel ve mercek şekilli bu fasiyeste laminalı yapı bulunmaktadır. Algal biyoherm fasiyesinin gelişiminde *Scytonema* ve *Schizothrix* gibi mavi-yeşil alg cinslerinin etkili olduğu mikroskopik incelemelerle belirlenmiştir (Şekil 15D,

16A, F). Bu fasiyesin bağlayıcılarını çoğunlukla mikritik matriks, daha az olarak da sparikalsitik çimento oluşturmaktadır.



Şekil 15. LLH-tipli stromatolitik kireçtaşı mikrofasiyesi. A) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento. B)pellet, düşey gelişmiş tüpsü fenestralar, mikrit, sparikalsit çimento. C) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento. D) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento ve mikrobiyoherm. E, F) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento.



Şekil 16. LLH-tipli stromatolitik kireçtaşı mikrofasiyesi. A) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento ve mikrobiyoherm. B) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento. C) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestra, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento ve sparitik damar. D, E) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento ve sparitik damar. F) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, pelletler, mikrit, sparikalsit çimento ve mikrobiyoherm.

2.2. Yan Yana Bağlı Yarı Küresel Stromatolit Fasiyesi (F2)

Düşey ve yatay olarak gelişim gösteren mavi-yeşil alglerin oluşturdukları stromatolit fasiyesidir (Şekil 3-6 ve 12, Şekil 15A-F, Şekil 16A-F). Bu oluşumlar Logan ve ark. (1964)'na göre LLH-tipli stromatolitler olarak da isimlendirilmişlerdir. Bu algal bağlamtaşları (Varol ve ark., 1984) hızlı bir şekilde kalsifikasyona uğrayan mavi-yeşil alglerin oluşturduğu yanal olarak bağlanmış organo-sedimanter yapılardır. Bu stromatolitlerde açık (beyaz) ve koyu (kahverengi) renk lamina (Şekil 12A ve B) ardalanmaları görülür. LLH-tipli bu stromatolitlerin oluşumunda *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. cinsi mavi-yeşil algler etkili olmuştur. *Scytonema* cinsi düşey büyüyerek tanecikleri kapanlarken, *Schizothrix* cinsi yatay büyüyerek bağlama işlevini gerçekleştirerek bu laminalı stromatolitleri geliştirmişlerdir (Şekil 15A, C-F ve 16A-F). Laminalar içersinde ve arasında fenestra (Şekil 15A-F ve 16A-F) ve algal filamentler (Şekil 15A-F ve 16A-F) belirgin olarak gözlenmiştir.

2.3. Üst Üste Yığılı Yarı Küresel Stromatolit Fasiyesi (F3)

Yalıtepe formasyonunda gelişen diğer bir fasiyes türü üst üste yığılı yarı küresel stromatolit fasiyesi (SH-tipli stromatolitler) bej renkli, orta-kalın tabakalı olarak gözlenirler (Şekil 3, 4 ve 11A). Yanal olarak birkaç on metre ile birkaç yüz metre yayılım sergilerler. Bu stromatolitler suda yaşayan bitkilerin etrafını sararak gelişebildiklerinden, merkezi kısımlarının içi boş (Şekil 11A) olarak gözlendiği gibi, içleri mikritik matriks ile ya da sparikalsit çimento ile doldurulmuş olarak da gözlenilirler. Bu SH-tipli stromatolitlerin de gelişiminde de mavi-yeşil alg cinsi *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. etkili olmuştur. Bu stromatolitler çoğunlukla düşey, daha az

olarak da verev olarak gözlenirler ve aralarındaki boşluklar mikritik matriks veya sparikalsit çimento ile doldurulmuştur.

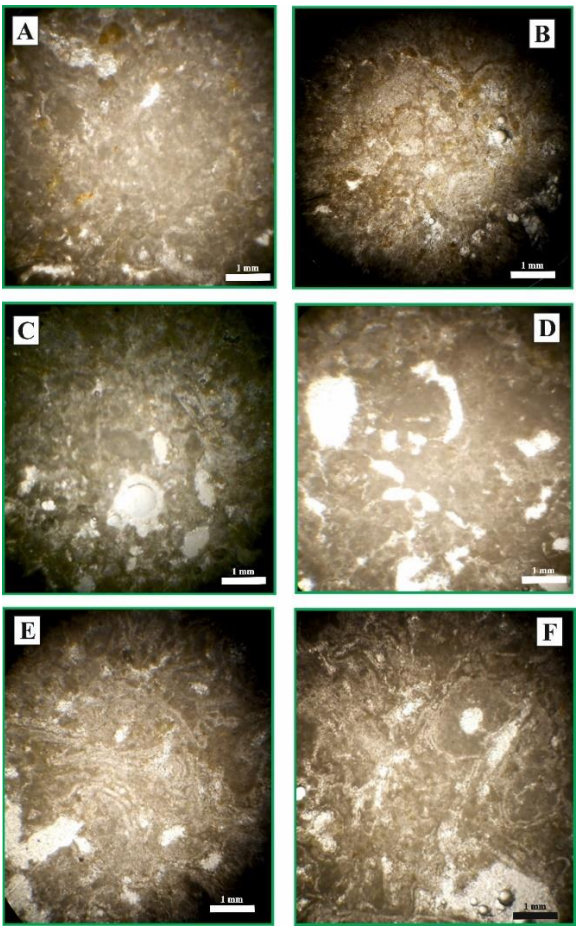
2.4. Onkoyidal/Küresel Stromatolit Fasiyesi (F4)

Yalıtepe formasyonunun nispeten az yayılım gösteren stromatolit tipini (SS-tipli stromatolitler) teşkil ederler. Bu tipler küresel yada elipsoidal şekilde gözlenirler (Şekil 13A-C). Onkoyidler birkaç mm ile birkaç cm çapında makroonkoyidler (Şekil 13A-C) ve mikroonkoyidler (Şekil 17F) şeklinde gelişmişlerdir. Bu SS-tipli stromatolitler orta kalın tabakalanmalı ve birkaç metre ile birkaç on metre yayılım gösterirler. Onkoyidlerin çekirdekleri ekstraklast, biyoklast olabildiği gibi, mikrit ya da sparikalsit dolgulu, kısmen de boş olarak gözlenebilmektedir (Şekil 13A-C ve 17F). Onkoyidlerin laminaları belirgin ve kısmen belirgin olup, mikritleşme sonucu zor tanınanları da bulunmaktadır (Şekil 13A-C, 17F, 18A-F). Onkoyidal kireçtaşlarının bağlayıcısını mikritik matriks ve sparikalsit çimento oluşturmaktadır.

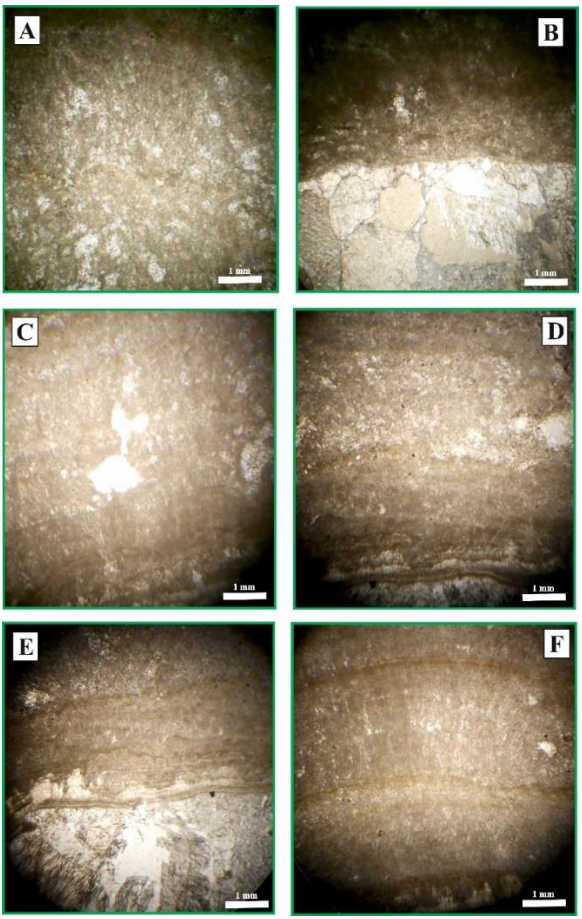
2.5. intraklast-pellet-biyojen vaketaşı/istiftaşı fasiyesi (F5)

Yalıtepe formasyonunun bazı seviyelerinde intraklastlı, pelletli ve fosilli (tüm ve biyoklast şeklinde) vaketaşı-istiftaşı gelişimleri gözlenebilmektedir (Şekil 10, 11B, 14A, B). Pelletler yuvarlak ya da elips şekilli olup (Şekil 17A-F, 19A-F, 20A-F) büyük oranda fekal pellet olarak geliştikleri düşünülmüştür. Bu fasiyeslerde gözlenen fosilleri ostrakod, bivalv, gastropod ve yeşil alglerden karofitlerin kök, dal ve sporlarının oluşturdukları (Şekil 17A-F, 19A-F, 20A-F) gözlenmiştir. Bu fasiyeste ayrıca, götit (pseudopirit) opak mineral gelişimleride gözlenir (Şekil 14A, B, 19F, 20A-F). Bu

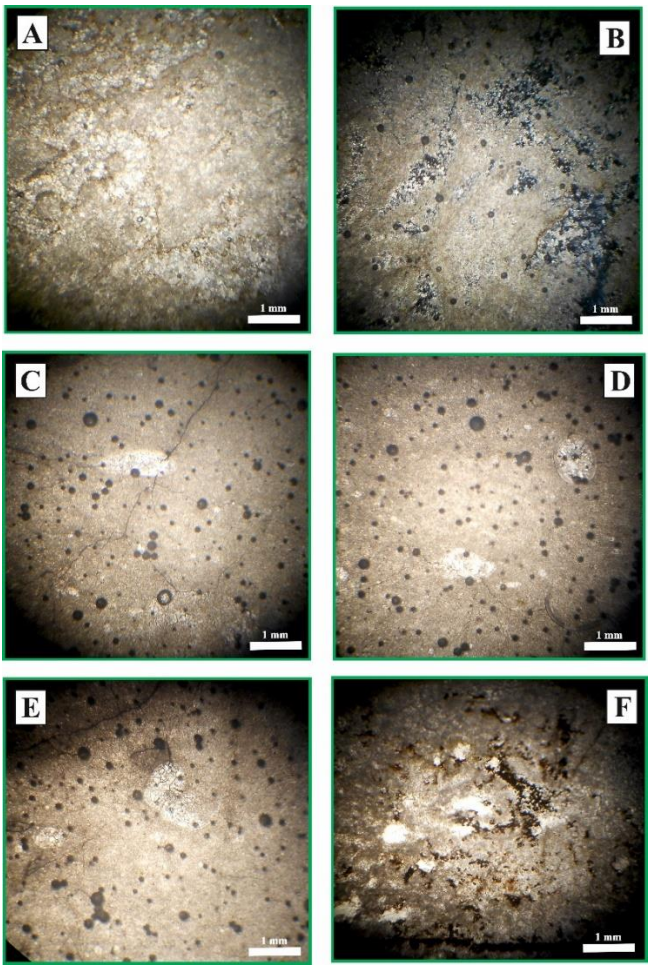
fasiyesin bağlayıcısını mikritik matriks ve sparikalsit çimento oluşturur.



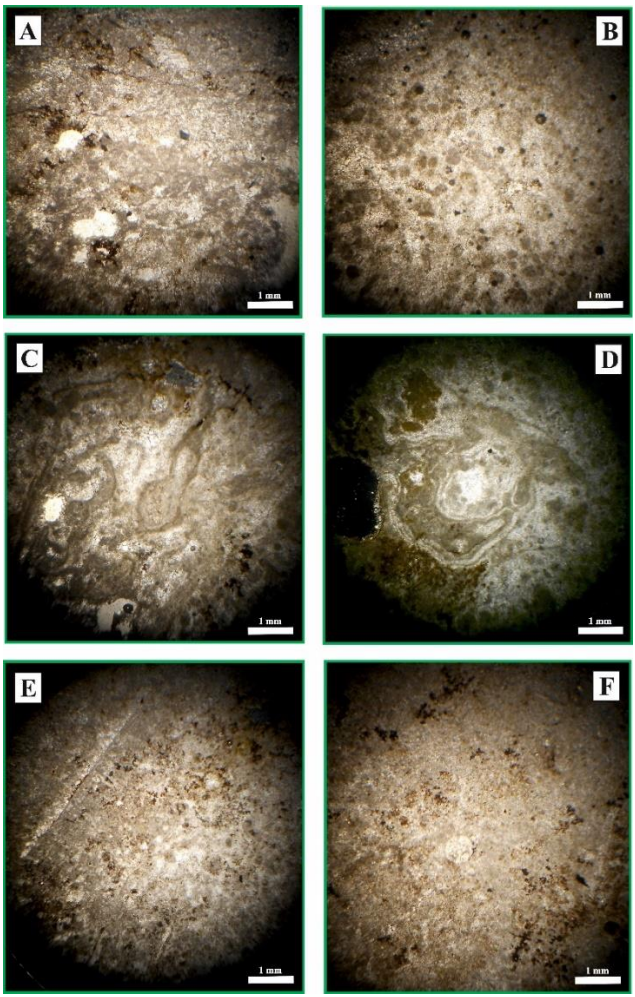
Şekil 17. İntraklast-pellet-biyojen vaketaşı/istiftaşı fasiyesi. A, B) pellet, intraklast, biyoklast, mikroonkoyid, mikrit, sparikalsit çimento, C) pellet, intraklast, biyoklast, karofit parçaları, porozite, mikrit, sparikalsit çimento, D) pellet, intraklast, karofit parçaları, porozite, mikrit, E) pellet, karofit parçaları ve kök yumakları, porozite, mikrit, F) onkoyid, pellet, porozite, mikrit.



Şekil 18. SS-tipli stromatolitik kireçtaşı mikrofasiyesi. A) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, mikrit, sparikalsit çimento, B) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, mikrit, merkeziboşluk dolgusu sparikalsit çimento, C) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, mikrit, sparikalsit çimento, D-F) düşey gelişmiş Scytonema filamentleri, yatay gelişmiş Schizotrix laminaları, düzensiz fenestralar, mikrit, sparikalsit çimento.



Şekil 19. İntraklast-pellet-biyojen vaketaşı/istiftaşı fasiyesi. A) biomold, pellet, mikrit, demiroksitli sitilolit, mikrosparit, B) mikrit, mikrosparit, porozite, boşluk dolgusu sparit çimento, C, D) ostrakod, biyoklast, pellet, mikrit, mikrosparit, E) fosil, pellet, mikrit, mikrosparit, F) pellet, opak mineral (götit), porozite, mikrit, mikrosparit.



Şekil 20. İntraklast-pellet-biyojen vaketaşı/istiftaşı fasiyesi. A) fosil, pellet, biomold, biyoklast, opak mineral, mikrit, mikrosparit, B) pellet, intraklast, bioklast, mikrit, mikrosparit, sparit çimento, C, D) pellet, karofit parçaları, opak mineral, opak mineralle ornatılmış pellet, porozite, mikrit, sparit çimento, E) pellet, biyoklast, karofit parçaları, opak mineral, mikrit, mikrosparit, F) pellet, biyoklast, biomold, opak mineral, mikrit, mikrosparit.

3. Tartışma

Gelişimlerinde mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* ve *Scytonema* gibi cinslerin etkili olduğu algal biyohermlerin bağlayıcılarını mikritik matriks ve sparikalsit oluşturur. Algal tüplerin yoğun olarak mikrit ile kalsifikasyona uğraması, hızlı $CaCO_3$ çökelimini gerektirmektedir (Varol ve ark., 1984). Kalsitleşme olayı erken diyajenezde ya da sedimanın çökelme ortamıyla ilişkisinin kesilmediği dönemde gerçekleşmiş olmalıdır ve yoğun $CaCO_3$ çökelimini denetleyen faktörlerin su derinliği, su sıcaklığı, biyojenik aktivite ile $CaCO_3$'e doygunluk olduğu söylenebilir (Varol ve ark., 1984). Algler yaşamları boyunca dıştan mikritle kaplanmış, muhtemelen CO_2'nin fotosentetik alımına yanıt olarak çökelmiş ve bu da ince (100 μm çapında) kalkerli tüp kümeleri üretmiştir (Riding, 2006).

Mavi-yeşil alglerin gelişimleri, su derinliği ve enerjisi ile yakından ilişkilidir (Varol ve ark., 1984). Ortamdaki su derinliğinin artmasıyla azalan ışığı yeterli miktarda alabilmek için algler yayılarak geniş yüzey geliştirirler (Varol ve ark., 1984; Atabey, 1997). Bunun sonucunda yanal büyüme hızı, düşey büyüme hızını geçer ve yan yana bağlı yarı küresel stromatolit tipi (LLH-tipli) gelişir. Çökelme ortamında şayet yeterli ışık mevcut ise düşey büyüme hızlanır ve üst üste yığılı yarı küresel stromatolit tipi (SH-tipli) gelişir. Şayet çökelme ortamındaki enerji artar ise, gelgit kanalları ve çevresinde LLH-tipli stromatolitlerin kopmasıyla çekirdekli ya da çekirdeksiz sarılma sonucu küresel/elipsoidal onkoyidler (SS-tipli stromatolitler) gelişirler. Çalışma alanındaki LLH-tipli stromatolitlerin de derin su ortamında yeterli miktarda sediman desteğininde sağlanmasıyla alg yaygılarının tekrarlanmalı

laminasyonlar geliştirmesiyle organo-sedimanter olarak oluşmuşlardır.

SH-tipli stromatolitlerin ortamda yaşayan bitkilerin etrafında sarıcı algler (mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* ve *Scytonema*) tarafından oluşturulduğu düşünülmüştür. İnceleme alanındaki SH-tipli stromatolitler çökelme ortamında fotosentez için yeterli ışığın olduğu evrede, düşey büyümenin hızlanması ve su seviyesindeki dalgalanmalara bağlı olarak gelişmişlerdir.

Çalışma alanındaki onkoyidal (küresel veya SS-tipli stromatolitler) stromatolitler, çökelme ortamındaki artan su enerjisine bağlı olarak, LLH-tipli stromatolitlerin koparak sarılmaları sonucunda gelişmişlerdir. Onkoyidlerin laminasyonları, düzenli olduğu kadar düzensiz şekiller de sunarlar ve küresel türleri daha ziyade akarsularda egemen olurken, elipsoidal şekilli olanlar ve düzensiz laminlanma sunanlar gölsel ortamda daha düşük akıntı koşullarında (ör., Pedley, 1990) gelişirler.

Yalıtepe formasyonunun bazı seviyelerinde gözlenen intraklastlı, pelletli, fosilli vaketaşı-istiftaşı fasiyesi, stromatolitik kireçtaşlarıyla ardalanmalı olarak gelişmişlerdir. Bu fasiyeste gözlenen pelletlerin fekal pellet olarak gölde yaşayan organizmaların dışkıları şeklinde gelişmişlerdir. İntraklastlar ise, su seviyesindeki düşme ve yükselmelere bağlı olarak, karbonat çamurlarının atmosferik yüzeyleme sonucu kuruyup parçalanması ve su altında kalarak yeniden çökelmesiyle gelişmişlerdir.

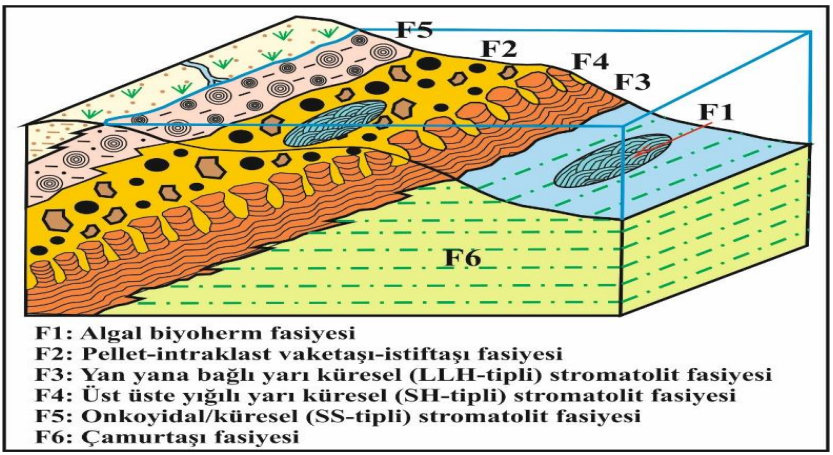
Mikritleşme süreçleri biyolojik ve kimyasal faktörler tarafından kontrol edilir ve sığ ve derin denizlerin yanı sıra karasal ve gölsel ortamlarda da gerçekleşir (Flügel, 2010). Kalıcı

mikritleşme karbonat çamurlarının oluşumuyla sonuçlanır (Flügel, 2010). Yalıtepe kireçtaşlarında gözlenen mikritleşme (mikritik matriks gelişimi) biyolojik ve kimyasal etkilerle gelişmiş olmalıdır.

Çimentolanma, birincil veya ikincil gözeneklerde minerallerin çökelmesine yol açan süreçleri içerir ve gözenek sıvılarının minerale göre aşırı doygunluğunu gerektirir (Flügel, 2010). Yalıtepe kireçtaşlarında gözlenen çimento da gözenek sıvılarının $CaCO_3$'e aşırı doygunluğa ulaşması sonucu oluşmuştur.

Neomorfizm, bir mineral ile kendisi veya bir polimorf arasında çözünme-yeniden çökelme süreçleri yoluyla suyun varlığında meydana gelen tüm dönüşümleri izah eden bir kavramdır (Flügel, 2010). Yeniden kristalleşme, mineralojide değişiklik olmaksızın kristal boyutu, kristal şekli ve kristal kafes yönelimindeki değişiklikleri vurgular (Flügel, 2010). Yeniden kristalleşmiş kireçtaşları ağırlıklı olarak kristallerin boyutu, şekli ve düzenindeki değişiklikler ile orijinal çökelme dokuları ve bileşenlerinin silinmesiyle sonuçlanır. Mikritik kireçtaşlarının yeniden kristalleşmesi, kireçtaşlarının kil içeriği ile kontrol edilmekte; %2'den fazla kil içeriği olduğunda kristal irileşmesini kısıtladığı veya engellediği belirtilmiştir (Flügel, 2010). Yalıtepe Formasyonu'nda gözlenen yeniden kristalleşmenin de neomorfik süreçlere bağlı olarak geliştiğini, mikritlerin mikrospara dönüştüğü belirlenmiştir.

Yalıtepe formasyonu stromatolitik kireçtaşları tatlı sulu gölsel ortamda, karasal girdi desteğinde ve su seviyesindeki dalgalanmalara bağlı olarak çökelmişlerdir (Şekil 21).



Şekil 21. Yalıtepe formasyonu fasiyeslerinin gelişim modeli (Özkan, 2000'den değiştirilerek).

4. Sonuçlar

Yalıtepe formasyonu kireçtaşlarında, algal biyoherm fasiyesi, yan yana bağlı yarı küresel stromatolit fasiyesi, üst üste yığılı yarı küresel stromatolit fasiyesi, onkoyidal/küresel stromatolit fasiyesi, intraklast-pellet-biyojen vaketaşı/istiftaşı fasiyesi olarak 5 adet fasiyes tanımlanmıştır.

Stromatolitlerin gelişiminde mavi-yeşil alglerden *Schizothrix* sp. ve *Scytonema* sp. etkili olmuştur.

Stromatolitler su seviyesindeki dalgalanmalara bağlı olarak LLH-tipli, SH-tipli ve SS-tipli stromatolitler olarak gelişmişlerdir.

Yalıtepe formasyonu stromatolitik kireçtaşları tatlı sulu gölsel ortamda, karasal girdi desteğinde ve su seviyesindeki dalgalanmalara bağlı olarak çökelmişlerdir.

Kaynaklar

Aitken, J. D. (1967). Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites with illustration from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta, *Jour. Sed. Petrology*, 37, 1163-1178.

Aksoy, R. (2019). Extensional neotectonic regime in West-southwest Konya, Central Anatolia, Turkey, *International Geology Review*, *61* (14), 1803-1821.

Dunham, R. J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W. E., Ed., Classification of Carbonate Rocks, *AAPG*, Tulsa, 108-121.

Flügel, E. (2010). Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation, & application, *Springer-Verlag*, Berlin, pp 976.

Logan, B. W., Rezak, R. & Ginsburg, R. N. (1964). Classification and environmental significance of algal stromatolites, *J. Geology*, 72, 68-83.

Monty, C. L. V. (1976). The origin and development of cryptalgal fabric, Walter, M. R. (ed.), stromatolites de: *Elsevier, Publ.*, Amsterdam-New York, 193-251.

Google Maps (2024). Dünya haritası. (13.04.2024 tarihinde https://www.google.com/maps/@37.8584474,32.4884116,11z?entry=ttu adresinden ulaşılmıştır).

Özkan, A. M. (2000). Akpınar-Tatköy-Ulumuhsine-Sarayköy (Konya) dolayındaki gölsel stromatolitlerin fasiyes özellikleri, *Yerbilimleri/Geosound*, 36, 29-51.

Özkan, A. M. (2004). Gökçeyazı-Kuskuncuk (Ereğli, Konya) çevresindeki gölsel stromatolitlerin fasiyes özellikleri, *Yerbilimleri/Geosound*, (44-45), 75-97.

Pedley, H. M. (1990). Classification and environmental models of cool freshwater tufas, *Sed. Geol. Elsevier, Sci. Publ. B. V.* Amsterdam, 68, 143-154.

Riding, R. (2006). Origin and diagenesis of lacustrine algal bioherms at the margin of the Ries crater, Upper Miocene, southern Germany, *Sedimentology*, *26*(5), 645–680.

Varol, B., Kazancı, N. & Okan, Y. (1984). Kınık (KB-Ankara) Eosen tatlı su alg biyoherm ve stromatolitleri, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27, 119-129.

BÖLÜM II

Göçeri (Hüyük, Konya, Türkiye) Çevresindeki Çaltepe Formasyonu Kireçtaşlarının Petrografik Özellikleri

Ali Müjdat ÖZKAN[1]

1. Giriş

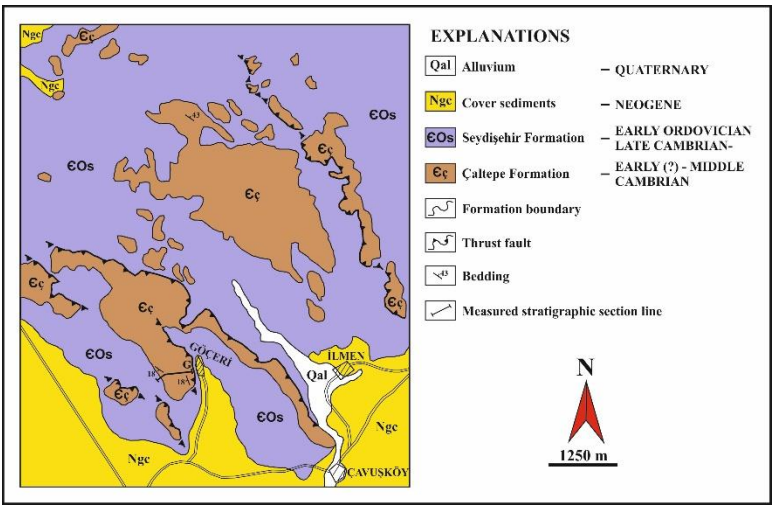
Çaltepe formasyonu kireçtaşları (Alt–Orta Kambriyen) Türkiyenin jeolojik gelişiminde önemli bir yer tutmaktadır. Çalışma sahası, Toridler Ana Tektonik Birliği içinde, konumlanan Sultandağları Masifi'nin güneydoğusunda Göçeri (Hüyük, Konya) Köyü civarında yer almaktadır (Şekil 1). Çaltepe formasyonundan bir adet ölçülü stratigrafi kesiti alınarak, 30 adet kireçtaşı örneği toplanmıştır (Şekil 2-4). Çalışma sahasından toplanan bu kireçtaşı örneklerinden ince kesitler yaptırılıp, polarizan mikroskopta dokusal özellikleri incelenerek kayaç adlaması Dunham (1962) sınıflamasına

[1] Doç. Dr., Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye, Orcid: 0000 0001 6686 327X, amozkan@ktun.edu.tr

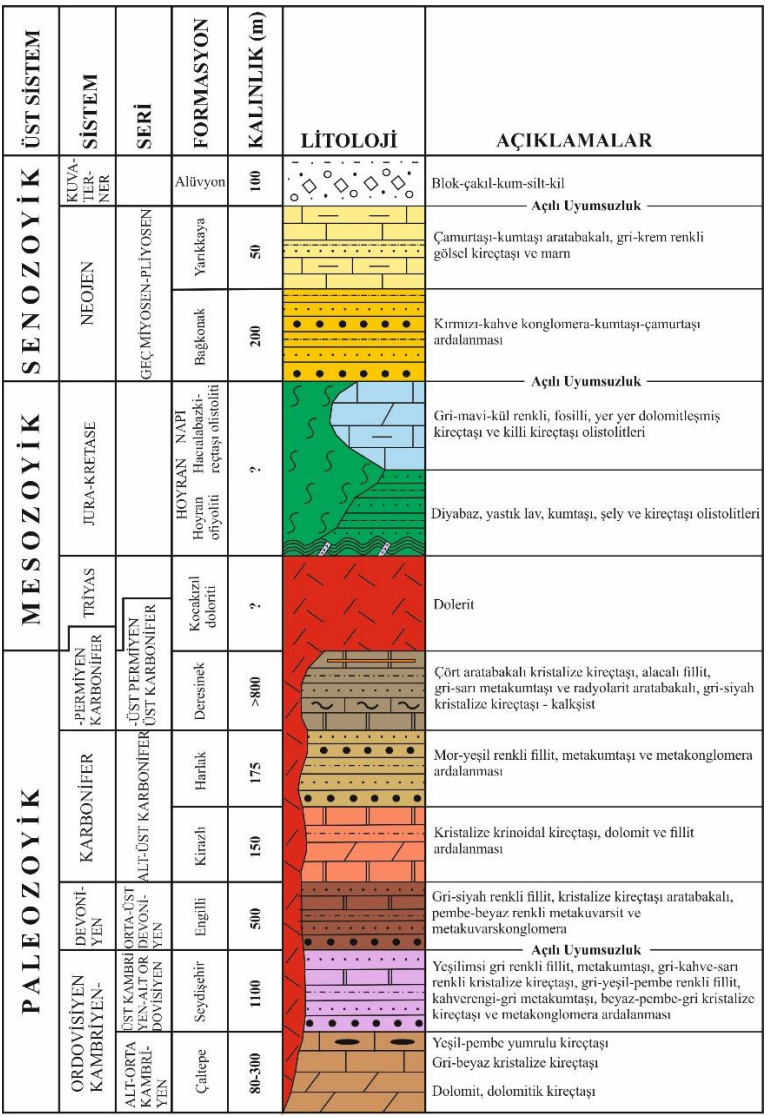
göre yapılmıştır. İnce kesit çalışmalarında, kireçtaşlarının bünyesinde bulunan kalsit ile dolomit mineral ayrımının yapılabilmesi için alizarin kırmızısı boyama testi uygulanmıştır. Bu boyama testine göre Çaltepe formasyonu örneklerinin hepsinin kireçtaşı olduğu ve dolotaşı kapsamadığı belirlenmiştir.



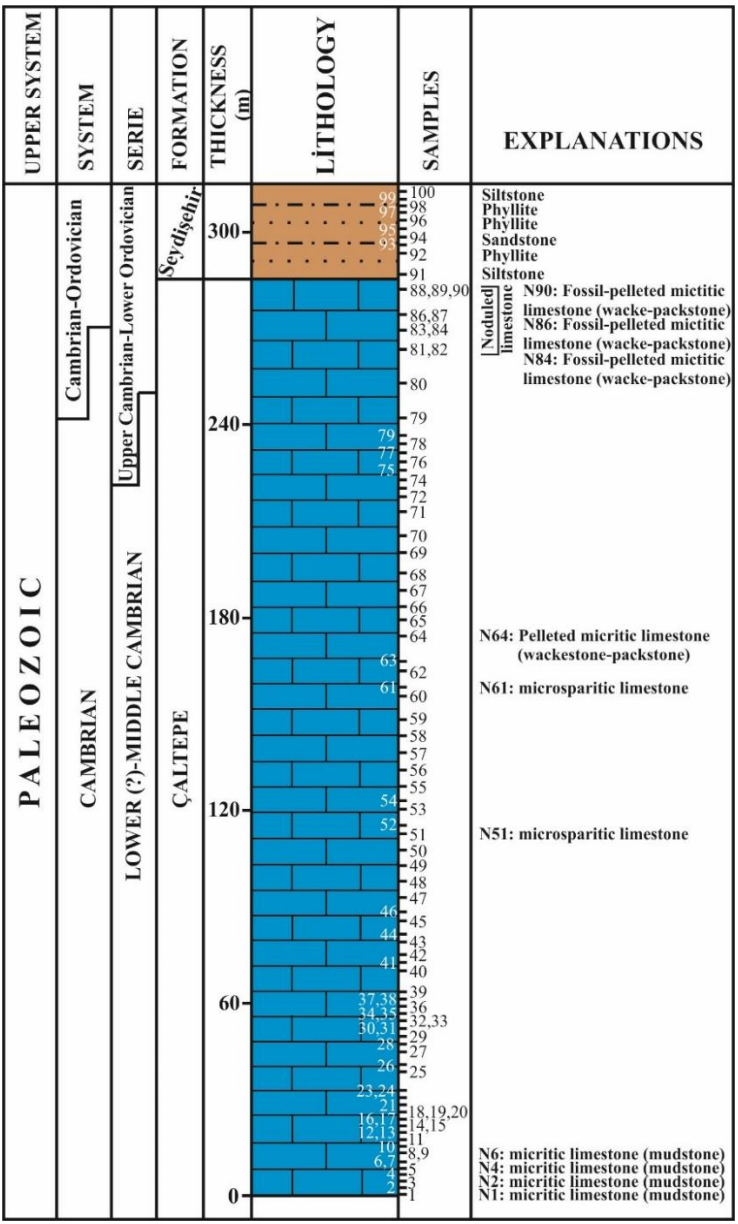
Şekil 1. İnceleme sahasının yer bulduru haritası (Google Maps).



Şekil 2. Çalışma sahasının jeoloji haritası (Özkan ve Küpeli, 2017'den değiştirilerek).



Şekil 3. Çalışma sahasının stratigrafik dikme kesiti (Özkan ve Küpeli, 2017'den alınmıştır).



Şekil 4. Çaltepe formasyonu ölçülü stratigrafi kesiti (Özkan ve Küpeli, 2017'den alınmıştır).

Özgül (1997) çalışma sahası dışındaki çalışmasında, Çaltepe formasyonunun tabanda dolotaşı, dolomitik kireçtaşı ve neritik kireçtaşından oluştuğunu, üst seviyelerde ise ince şeyl arakatkılı, alacalı renkli yumrulu kireçtaşlarından ibaret olduğunu belirtmiştir. Çalışma sahamızda Çaltepe formasyonu dolotaşı kapsamamakta ve kireçtaşı ile yumrulu kireçtaşı özelliği sunmaktadır (Şekil 5-8).



Şekil 5. Kalın tabakalı, bol çatlaklı, kalsit ve demiroksit damarlı Çaltepe kireçtaşı (Göçeri Köyü kuzeybatısı).



Şekil 6. Orta-kalın tabakalı, kalkşist özelliği sunan Çaltepe kireçtaşı (Göçeri Köyü kuzeybatısı).



Şekil 7. Orta-kalın tabakalı, çözünme boşluklu ve bol çatlaklı çaltepe kireçtaşı (Göçeri Köyü kuzeybatısı).



Şekil 8. Çaltepe formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen yumrulu kireçtaşı (Göçeri Köyü kuzeybatısı).

Çaltepe kireçtaşları bej renkli, kalın tabakalı, mermerimsi dokulu, bol çatlaklı, kalsit ve demiroksit damarlı seviye ile başlar (Şekil 5). Üste doğru morumsu-gri renkli, seyrek olarak şistoziteli kalkşist özelliğinde kireçtaşı ile devam eder (Şekil 6). Daha üstte ise, kahverengi-bej, gri renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşına geçer (Şekil 7)

ve en üst seviyede pembe renkli, orta–kalın tabakalı, yumrulu kireçtaşı (Şekil 8) ile sonlanır.

Çaltepe formasyonu çalışma sahasındaki en yaşlı birim olduğundan hangi birim üzerine geldiği belirlenememiş fakat çalışma sahası dışında Özgül (1997) yaptığı çalışmada, Çaltepe formasyonunun uyumlu dokanakla Hamzalar formasyonu üzerine geldiğini ifade etmiştir. Çalışma sahasında, Çaltepe formasyonu ekaylar şeklinde Seydişehir formasyonu üzerine bindirmiştir ve üstten uyumlu dokanaklı olarak Seydişehir formasyonu tarafından örtülmüştür (Şekil 2). Çaltepe formasyonunun kalınlığı ölçülü stratigrafi kesitine (Şekil 4) göre 290 metredir.

Bu çalışmada, Çaltepe formasyonu kireçtaşlarından yaş verebilecek fosil bulunamadığından, Dean ve Monod (1970)'un Seydişehir civarında çalıştığı Çaltepe formasyonunun dolomitik kireçtaşı üyesinin üst kesiminin alt seviyelerinde Erken Kambriyen'i, üst seviyelerinde ise Orta Kambriyen'i işaret eden trilobit fosillerini bulduğundan birime Erken-Orta Kambriyen yaşı verilmiştir.

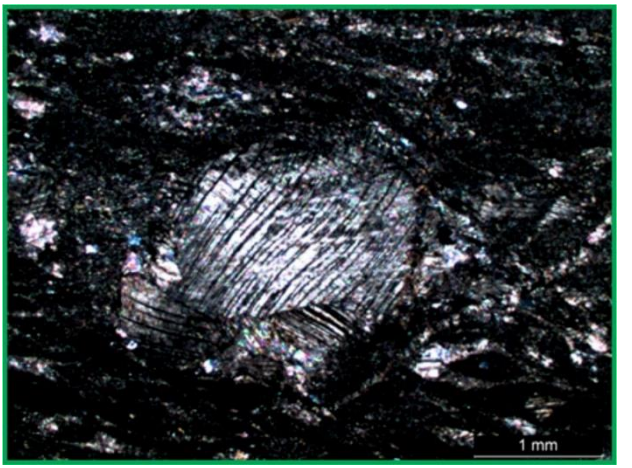
Çaltepe formasyonu kireçtaşları, paleontolojik ve mikrofasiyes özelliklerine göre karbonat gelişiminin egemen olduğu sığ-derin şelf ortamında çökelmiştir.

2. Çaltepe Formasyonu Kireçtaşlarının Petrografik Özellikleri

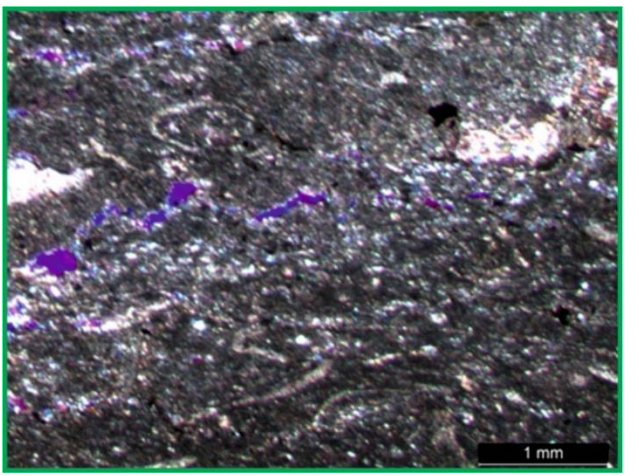
Ölçülü stratigrafi kesitine göre Çaltepe kireçtaşları, tabanda gri renkli, kalın tabakalı mikritik kireçtaşları (çamurtaşı) ile başlayıp tavan kesiminde vaketaşı-istiftaşı ile sonlanmaktadır (Şekil 4).

Laminalanma sunan bol fosilli kireçtaşlarında bazı seviyelerde (G2 örneğinde) kuvars ve opak mineraller de

gözlenmektedir (Şekil 9) ve bağlayıcısını mikritik matriks oluşturmaktadır. Bazı seviyelerde (G2 örneğinde) vaketaşı-istiftaşı özelliğinde bol fosilli mikritik kireçtaşı gözlenmektedir (Şekil 10).

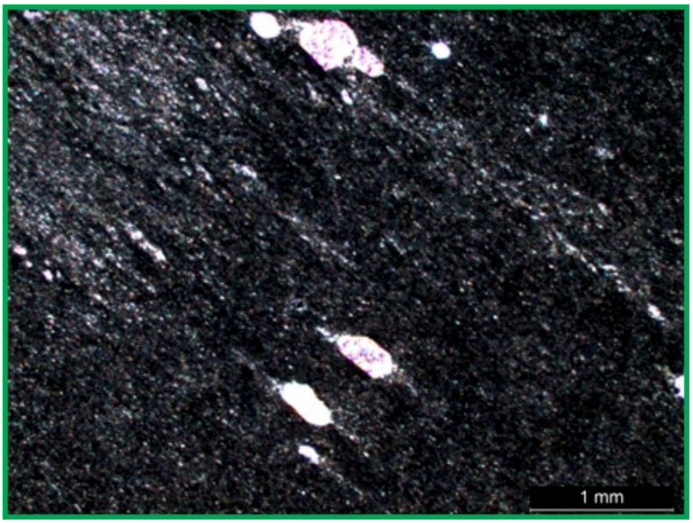


Şekil 9. Çaltepe formasyonu vaketaşı-istiftaşı, bol fosilli ve kuvarslı seviye (Örnek: G2; Çift Nikol).



Şekil 10. Çaltepe formasyonunda bol fosilli (tirilobit), opak mineralli mikritik matriksli kireçtaşı (vaketaşı-istiftaşı) seviyesi (Örnek: G2; Tek Nikol).

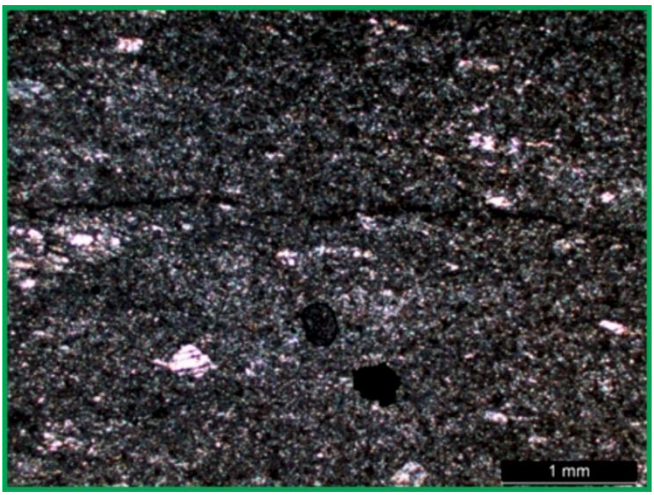
Çaltepe kireçtaşları bazı seviyelerde (G6 örneğinde) az fosilli, hafif uzamış ve yönlenmiş kuvars kristalleri içeren çamurtaşı (mikritik kireçtaşı) şeklinde gözlenmiştir (Şekil 11).



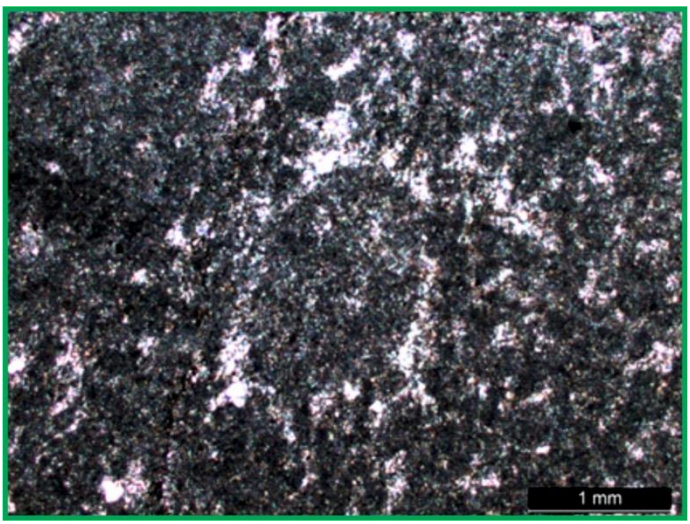
Şekil 11. Çaltepe formasyonunda az fosilli, uzamış ve yönlenmiş kuvars kristalli mikritik kireçtaşı (çamurtaşı) seviyesi (Örnek: G6; Tek Nikol).

Bazı seviyelerde (G51 örneğinde) mikrosparitik özellikteki kireçtaşlarında biyoklast, opak mineral ve sitilolit gözlenmektedir (Şekil 12). Bazı seviyelerde (G61 örneğinde) mikritik-mikrosparitik kireçtaşında pellet, fosil, biyoklastik parçalar, çok az oranda ve silt boyutunda kuvars ve opak mineraller (Şekil 13) barındırır. Çaltepe formasyonunun bazı seviyelerinde (G64 örneğinde) vaketaşı-istiftaşı içersinde bol miktarda pellet ve intraklast gözlenmiştir (Şekil 14). Çaltepe formasyonu yumrulu kireçtaşlarının bazı seviyelerde (G84 örneğinde) kuvars, fosil, pellet ve sparitik damarların gözlendiği mikritik kireçtaşı (vaketaşı-istiftaşı) özelliğindedir (Şekil 15). Bazı seviyelerde kirli vaketaşı-istiftaşı (G86 örneğinde) özelliğinde olup,

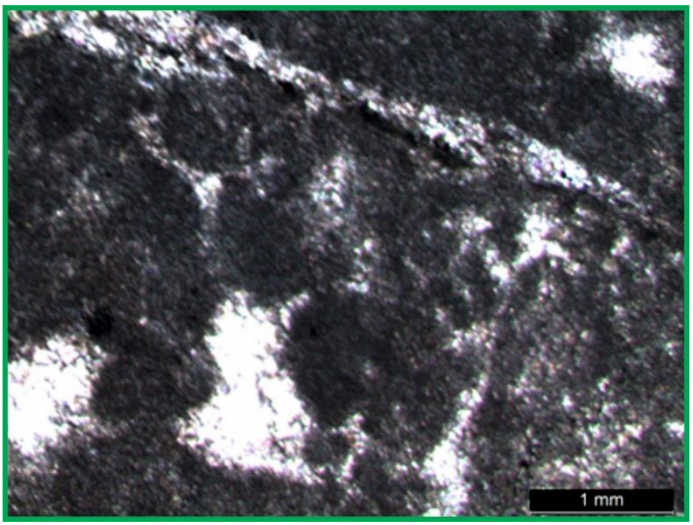
bünyesinde fosil, biyoklastlar, kuvars, opak mineral ve plajiyoklaslar bulundurur (Şekil 16).



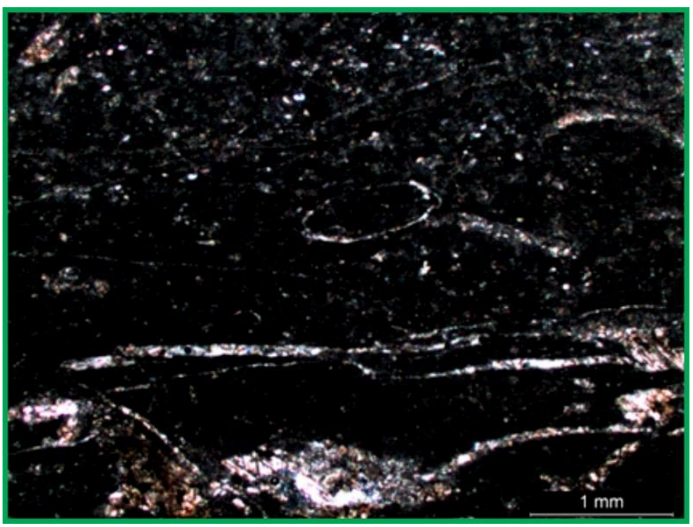
Şekil 12. Mikrosparitik özellikteki kireçtaşlarında biyoklastlar, opak mineral ve sitilolit gelişimi (Örnek: G51; Çift Nikol).



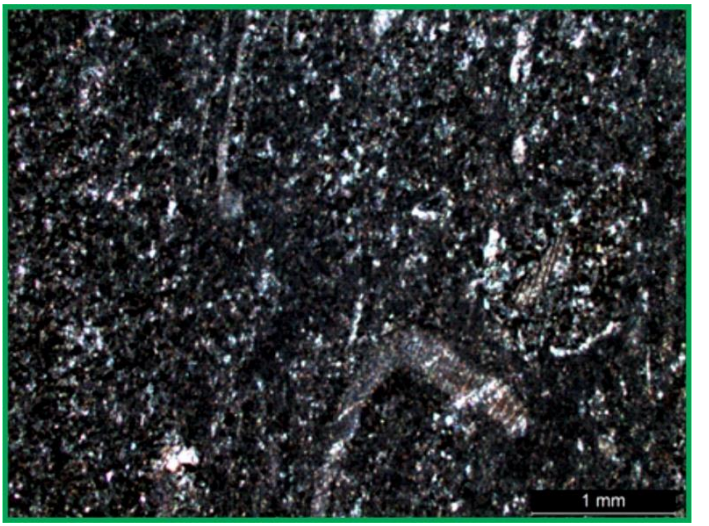
Şekil 13. Pellet, fosil, biyoklast, kuvars ve opak mineralli mikrosparitik kireçtaşı (Örnek: G61; Çift Nikol).



Şekil 14. Vaketaşı-istiftaşı özelliğindeki Çaltepe kireçtaşında bol Pellet, mikritik matriks, sparikalsitik çimento ve opak mineral (Örnek: G64; Tek Nikol).



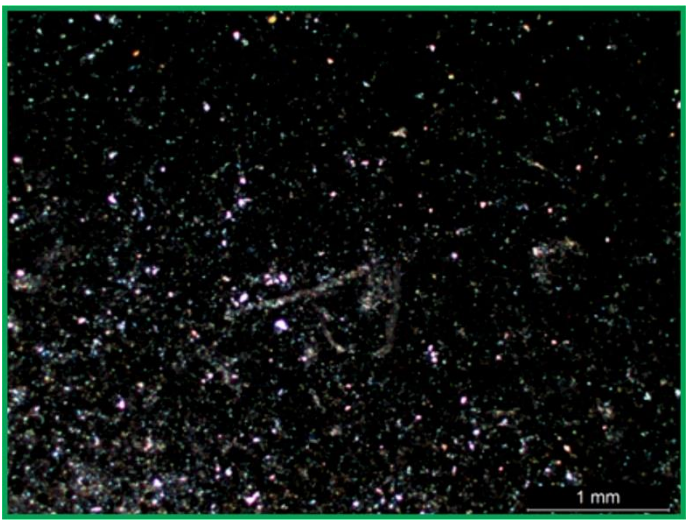
Şekil 15. Çaltepe formasyonu yumrulu kireçtaşlarındaki kuvars, bol fosilli-pelletli mikritik matriksli kireçtaşı (vaketaşı-istiftaşı) (Örnek: G84; Çift Nikol).



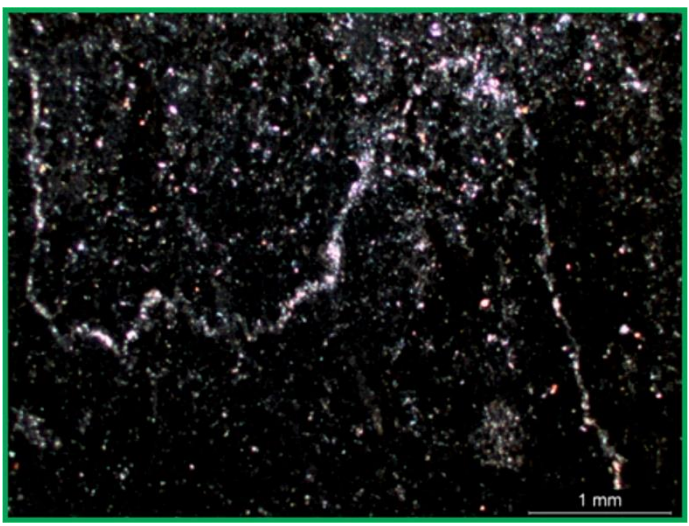
Şekil 16. Fosil, biyoklastlar, kuvars, opak mineral ve plajiyoklaslı vaketaşı-istiftaşı (Örnek: G86; Çift Nikol).

Bu yumrulu kireçtaşları üst seviyelerde kumlu mikritik matriksli kireçtaşı seviyeleri (G90 örneğinde) şeklinde olup, opak mineral, kuvars, plajiyoklas ve sparikalsitik sitilolit kapsamaktadır (Şekil 17 ve 18).

Çaltepe formasyonu kireçtaşından toplanan örneklerin mikroskopik özellikleri göz önüne alındığında Dunham (1962) sınıflamasına göre büyük ölçüde çamurtaşı, vaketaşı ve istiftaşı mikrofasiyesinde oldukları belirlenmiştir.



Şekil 17. Çaltepe formasyonu yumrulu kireçtaşlarındaki kirli, fosilli-pelletli mikritik kireçtaşı (çamurtaşı-vaketaşı), opak mineral, kuvars (Örnek: G90; Çift Nikol).



Şekil 18. Çaltepe formasyonu yumrulu kireçtaşlarındaki kumlu, fosilli-pelletli mikritik kireçtaşı (çamurtaşı-vaketaşı), opak mineral, kuvars ve sparikalsitik sitilolit (Örnek: G90; Çift Nikol).

3. Tartışma

Çaltepe formasyonu kireçtaşları, paleontolojik ve sedimantolojik özelliklerine göre sınırlı sirkülasyonlu şelf (fasiyes kuşağı 8) ve açık sirkülasyonlu şelf lagünü (fasiyes kuşağı 7) çökelme ortamlarındaki gelişimi temsil etmektedir.

Karbonat sedimentlerini ve kayalarını etkileyen başlıca diyajenetik süreçler; mikritleşme, çözünme ve çimentolanma, sıkışma, neomorfizma, dolomitleşme ve karbonat taneleri ile matriksinin karbonat olmayan minerallere dönüştürülmesidir (Flügel, 2010). Karbonatları oluşturan bileşenler: fosiller (bütün ve/veya biyoklastlar), ooyidler, pellletler ve intraklastlar olup, bağlayıcılarını mikritik matriks ve/veya sparikalsitik çimento oluşturmaktadır (Flügel, 1982; Flügel, 2010).

Mikritleşme süreçleri, biyolojik ve kimyasal faktörler tarafından kontrol edilir ve sığ, derin denizel ortamlar yanı sıra karasal ve gölsel ortamlarda da gerçekleşebilirler (Flügel, 2010). Kalıcı mikritleşme, karbonat çamurlarının oluşumuyla sonuçlanmaktadır (Flügel, 2010). Çaltepe kireçtaşlarında gözlenen mikritleşme (çamurtaşı/mikritik matriks gelişimi) olayı da biyolojik ve kimyasal faktörler tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bir diğer kireçtaşı bileşeni olan intraklastlar genellikle sığ denizel ortamlarda oluşur, ancak aynı zamanda derin denizel su ortamlarına da taşınabilirler (Flügel, 2010). İntraklastların oluştuğu sığ denizel ortamlar, sürekli olarak karbonatı yeniden işleyen dalgaların egemen olduğu rejimler ve gelgitlerle karakterize edilirler. Koparılma (rip-up) kırıntıları gelgit içi ve gelgit üstü ortamlarda yaygındır, fakat aynı zamanda taşlaşmış çamur

katmanlarının oyulmasıyla gelgit altı ortamlarda da gelişirler (Flügel, 2010). İntraklastlar ayrıca gelgit üstü ortamlarda karbonat çamurlarının kuruması sonucu da oluşabilmektedir (Flügel, 2010). Dolayısıyla, Çaltepe kireçtaşlarının bileşenini oluşturan intraklastların muhtemelen mikritik çamurtaşlarının gelgit arası ortamda kuruması ve/veya dalga etkisiyle parçalanması sonucu oluştuğu şeklinde yorumlanmıştır.

Gözenek sıvılarının karbonata göre yetersiz doygunluğa sahip olması, duraysız karbonat tanelerinin ve çimentonun çözünmesine neden olur (Flügel, 2010). Çözünme, özellikle yüzeye yakın sığ meteorik ortamlarda, derin gömülme ortamlarında (Steinsund ve Hald, 1994; Flügel, 2010) ve derin denizel ortamlarda (Berelson ve ark., 1994; Flügel, 2010) etkili olup, deniz suyu aragonit ve Mg-kalsite göre az doygundur (Morse ve Rolf, 2002; Flügel, 2010). Çaltepe kireçtaşlarında gözlenen çözünmeler, sığ, yüzeye yakın meteorik ortamlarda ve sığ-orta-derin ortamlarda gözenek sıvılarının etkisi altında duraysız minerallerin çözünmesi şeklinde gelişmiş olmalıdır.

Mekanik sıkıştırmanın ardından birçok sediment, basınç çözülmesi ve sıklıkla çatlak yapılarıyla ilişkilendirilen sitilolitlerin ve çözünme kırışıklıklarının oluşumuyla ifade edilen kimyasal sıkışmaya maruz kalır (Flügel, 2010). Basınç çözünmesi, yüklenme ve/veya tektonik gerilimden kaynaklanır. Daha kuvvetli çimentolanmış kayalarda çözünme geniş yüzeyler boyunca şekillenerek sitilolitler oluşur (Flügel, 2010). Stilolit yüzeyleri boyunca çözünmeyen kalıntıların konsantrasyonları yaygın olarak gözlenir. Çözünme kırışıklıkları, çoğunlukla çözünmeyen kalıntıların biriktiği, ince kırışıklıklarla karakterize edilen izole veya

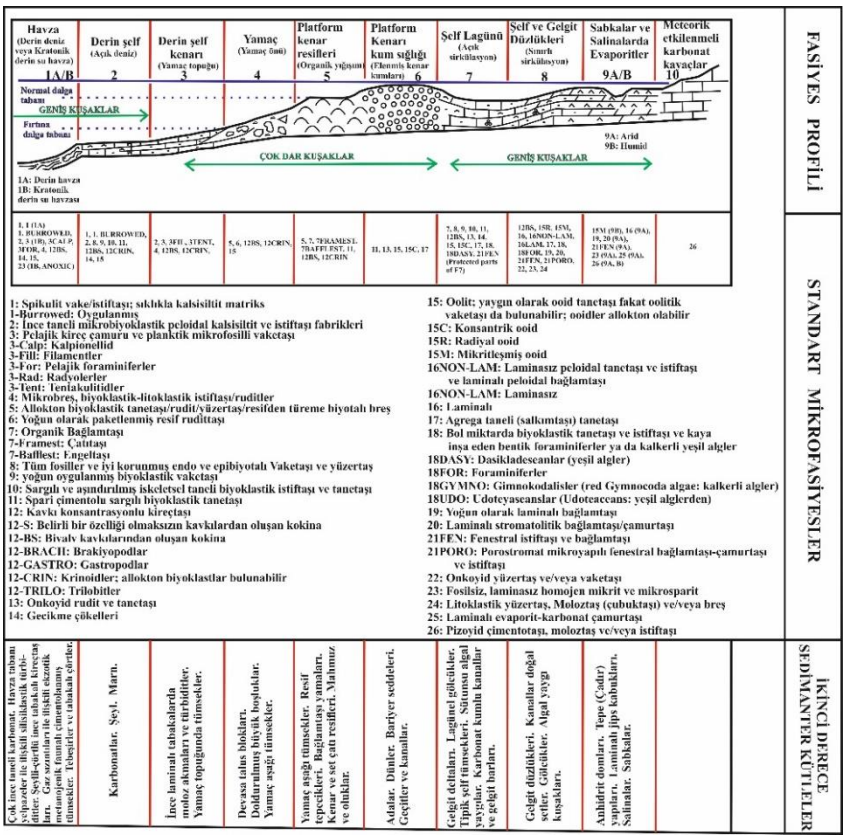
yığın benzeri hatlara sahiptir (Flügel, 2010). Stilolitleşme orijinal çökelme dokularını değiştirir ve yeni diyajenetik dokular üretir (Flügel, 2010). Sıkışma ve basınç çözünmesi (sitilolitleşme), gömülme sürecinde tortuların artan aşırı yüklenme, artan sıcaklık ve basınç koşullarının tetiklediği mekanik ve kimyasal süreçleri izah eder (Flügel, 2010). Çaltepe kireçtaşlarında gözlenen stilolitler de hem mekanik hem de kimyasal sıkışma ve tektonik etkilerle geliştirildiği şeklinde yorumlanmıştır.

Çimentolanma, birincil veya ikincil gözeneklerde minerallerin çökelmesine yol açan süreçleri içerir ve gözenek sıvılarının minerale göre aşırı doygunluğunu gerektirir (Flügel, 2010). Çaltepe kireçtaşlarında izlenen kalsit çimentonun da gözenek sıvılarının $CaCO_3$ bakımından aşırı doygunluğa ulaşması sonucu gelişmiştir.

Neomorfizma (Folk, 1965), bir mineral ile kendisi veya bir polimorfu arasında çözünme-yeniden çökelme süreçleri yoluyla suyun varlığında meydana gelen tüm dönüşümleri özetleyen bir terimdir (Flügel, 2010). Yeniden kristalleşme, mineralojide değişiklik olmaksızın kristal boyutu, kristal şekli ve kristal kafes oryantasyonundaki değişiklikleri ifade eder (Flügel, 2010). Yeniden kristalleşmiş kireçtaşları ağırlıklı olarak kristallerin boyutu, şekli ve düzenindeki değişiklikler ve orijinal çökelme dokuları ve bileşenlerinin tahrip edilmesiyle karakterize edilir. Mikritik kireçtaşlarının yeniden kristalleşmesi, kireçtaşlarının kil içeriği ile kontrol edilebilmekte ve >%2'lik bir kil içeriğinin kristal irileşmesini kısıtladığı ya da önlediği önerilmiştir (Bausch, 1968; Flügel, 2010). Çaltepe formasyonu kireçtaşlarında gözlenen yeniden

kristalleşmenin de neomorfizma süreçlerine bağlı olarak geliştiğini söyleyebiliriz.

Sonuç olarak, Çaltepe formasyonu kireçtaşlarının çökelme ortamı karbonat ağırlıklı bir şelf ortamıdır. Wilson'un (1975) 7 (şelf lagünü; açık dolaşım) ve 8 (şelf ve gelgit düzlükleri; sınırlı dolaşım) rakamlarıyla ifade edilen karbonat kuşağı ortamlarında çamurtaşı, vaketaşı ve istiftaşı mikrofasiyeleri şeklinde geliştiğini önerebilmekteyiz (Şekil 19).



Şekil 19. Wilson'ın standart mikrofasiyes kuşağı (Wilson, 1975'den değiştirilerek).

4. Sonuçlar

Çaltepe formasyonu kireçtaşları, açık dolaşım şelf lagünü ve sınırlı dolaşım şelf ve gelgit düzlükleri karbonat kuşağı ortamlarında çamurtaşı, vaketaşı ve istiftaşı mikrofasiyeleri şeklinde gelişmiştir.

Çaltepe kireçtaşlarında bol miktarda fosil bulunması, bu kireçtaşlarının çökeldiği ortamsal koşulların organizma yaşamına elverişli ve sıcak iklimdeki gelişimi göstermektedir.

Çaltepe kireçtaşlarında bol miktarda mikritik matriksin bulunması düşük enerji şartlarındaki çökelimi gösterirken, biyoklastlar ve intraklastların gözlenmesi de nispeten yüksek enerji şartlarını işaret eder.

Çaltepe kireçtaşlarında bulunan pelletler, fekal pellet olarak omurgasız organizma dışkılarından oluşumu belirtirken, intraklastlar karbonat çamurlarının günlenme nedeniyle kuruyup parçalanmasından ve fırtınalı evrelerde deniz suyu dalga ve akıntılarınca zeminde bulunan karbonat çamurlarının koparılmasından gelişimi göstermektedir.

Mikritik matriksle birlikte mikrisparitlerin gözlenmesi diyajenetik süreçteki neomorfizmanın etkisini işaret eder.

Çaltepe kireçtaşlarında gözlenen sitilolitler, yüklenme ve/veya tektonik streslerin etkisiyle gelişen diyajenetik süreçteki basınç çözünmelerini belirtir.

Kaynaklar

Bausch, W. M. (1968). Clay content and calcite crystal size of limestones, *Sedimentology*, *10* (1), 71-75.

Berelson, W. M., Hammond, D. E., McManus, J. & Kilgore, T. E. (1994). Dissolution kinetics of calcium carbonate in equatorial Pacific sediments, *Global Biogeochem. Cycles*, 8, 219-235.

Dean, W. T. & Monod, O. (1970). The Lower Paleozoic stratigraphy and Faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir (Turkey), Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), *Geol.*, *19* (8), 411-426.

Dunham, R. J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W. E., Ed., Classification of Carbonate Rocks, *AAPG*, Tulsa, 108-121.

Flügel, E. (1982). Microfacies analysis of limestone, *Springer-Verlag*, New York, pp 633.

Flügel, E. (2010). Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation, & application, *Springer-Verlag*, Berlin, pp 976.

Folk, R. L. (1965). Some aspects of recrystallization in ancient limestones. In dolomitization & limestone diagenesis, *SEPM (Society for Sedimentary Geology)*, Special Publication, 13, 14-48.

Google Maps (2024). Dünya haritası. (13.04.2024 tarihinde https://www.google.com/maps/@37.8584474,32.4884116,11z?entry=ttu adresinden ulaşılmıştır).

Morse, J. W. & Rolf, S. A. (2002). The dissolution kinetics of major sedimentary carbonate minerals, *Earth-Science Reviews*, *58* (1-2), 51-84.

Özgül, N. (1997). Bozkır-Hadim-Taşkent (Orta Torosların kuzey kesimi) dolayında yer alan Tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi, *MTA Derg.*, *119*, 113-174.

Özkan, A. M. & Küpeli, Ş. (2017). Sultandağları Masifinde (Konya-Isparta) Kambro-Ordovisiyen Yaşlı Çaltepe ve Seydişehir Formasyonlarının C, O, Sr İzotop ve REE+Y Jeokimyasının İncelenmesi, *Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 14401127*, Konya, 194 s. (Yayınlanmamış).

Steinsund, P. I. & Hald, M. (1994). Recent calcium carbonate dissolution in the Barents Sea: Paleoceanographic applications, *Marine Geology*, *117* (1-4), 303-316.

Wilson, J. L. (1975). Carbonate facies in geologic history, *Springer-Verlag*, Berlin, pp 471.

BÖLÜM III

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve İlgili Maden Yatakları

Güllü KIRAT[1]
Alaaddin VURAL

GİRİŞ

Dünyanın gelişiminde ve şekillenmesinde jeotektonik olayların etkisiyle kıtaların yarılması, birleşmesi, sürüklenmesi gibi bir çok olay meydana gelmektedir. Afrika - Avrasya levhalarının yakınlaşması ve Arap - Avrasya levhalarının çarpışması Doğu Akdeniz bölgesinin tektoniğini büyük ölçüde etkilemektedir. Kıtaların çarpışması Türkiye'nin doğusunda kabuk kalınlaşmasına, Bitlis Kenet Kuşağı'nda ise sıkışma sonucu deformasyonlara neden olur. Erzincan - Ankara - İzmir Kenet Kuşağı boyunca Pontid

[1] Doç. Dr., Güllü KIRAT Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yozgat/Türkiye, Orcid: 0000-0002-1167-0574, gullu.kirat@yobu.edu.tr

yayının Anadolu-Torid platformu ile çarpışması ve Geç Paleosen-Eosen döneminde Neotetis'in kuzey kolunun kapanması Türkiye'nin Neotektoniğinin başlangıcını ve Doğu ve Kuzey Anadolu Faylarını oluşturmuştur. Bu faylar aynı zamanda önemli maden yataklarına da ev sahipliği yapmaktadır (Dewey & ark., 1986; Keskin, 2003; Zor & ark., 2003). DAFZ ve KAFZ oldukça aktif kıtasal dönüşüm fay bölgeleri olup, Türkiye'de de oldukça yüksek riskli bölgeler oluşturmaktadır (McKenzie, 1978; Sengor, 1979; Dewey & Sengor, 1979; Bellier & ark., 1997; Yilmaz & ark., 2006).

Bingöl'ün Genç ilçesinde metalik maden yatakları ile volkanik birimlerden oluşmuş demir, kurşun-çinko, fosfat ve disten yatakları bulunmaktadır. Muş dağlık ve rakım olarak yüksek bir araziye sahip olup, metalik mineraller açısından fakirdir ancak endüstriyel hammaddeler (alçı tuğla-kiremit, barit, kuvarsit ve çimento) açısından ekonomik açıdan öneme sahiptir. Doğu Toros orojenik kuşağında yer alan Elazığ'da kurşun, çinko, krom, bakır, demir, manganez, florit, mermer, kireçtaşı ve şelit yatakları bulunmaktadır. Malatya - Pütürge'de bulunan profillit yatağı Ülkemizde tek ve dünyanın sayılı yataklarından biridir. Adıyaman DAFZ üzerinde yer aldığı için sıklıkla depremlere maruz kalmaktadır. Kahramanmaraş'ta demir, manganez ve kromun yanı sıra tuğla-kiremit, barit ve kireçtaşı da bulunmaktadır. Gaziantep'te allokton ve otokton birimler gözlenmektedir. Hatay, Dörtyol'da alüminyum ve Akıllıçay ile Kisecikköy'de altın sahaları yer almaktadır. İskenderun'da çimento hammaddesi bakımından önemli olan kil, marn, dolomit ve kireçtaşı rezervleri bulunmaktadır. Bu derleme çalışması ile Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve ilgili maden yatakları incelenmiştir.

DOĞU ANADOLU FAY ZONU (DAFZ)

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) dünyanın en aktif fay zonları arasında yer almakta ve ülkemizde riskli bölgeler oluşturmaktadır. Bu faylar birleşik faylardır ve her iki fayın temel özelliği birinin aktif iken, diğerinin ise pasif durumda olmasıdır (Kartal & Kadirioğlu, 2013). DAFZ'nun Anadolu bloğu ile Arap levhası arasındaki kıtasal çarpışma sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Yılmaz & ark., 2006).

Arap plakasının kuzeye hareket etmesi Anadolu bloğunun batıya hareket etmesine neden olmuştur (Tan & Eyidoğan, 2019; Köküm & Özçelik, 2018). DAFZ, K50°'den 80°D'ye kadar sol yanal doğrultu atımlı ve yaklaşık 580 km uzunluğunda bir faydır (Şekil 1) (Akgün & İnceöz, 2003). DAFZ kuzeydoğuda Bingöl Karlıova'dan başlayıp güneybatı yönünde İskenderun Körfezi'ne kadar uzanmaktadır. DAFZ güneydoğya doğru Ölü Deniz Fay Sistemine kadar devam etmektedir ve altı segmentten oluşmaktadır (Tan & Eyidoğan, 2019; Kartal & Kadirioğlu, 2013).

Karlıova ile İskenderun Körfezi arasında GB - KD yönünde uzanan DAFZ ilk kez Allen (1969) tarafından tanımlanmış, Doğu Anadolu Fay Zonu adı ise ilk kez Arpat & Şaroğlu (1972) tarafından kullanılmıştır. Ülkemizde en önemli neotektonik yapılarından olan DAFZ, KAFZ ile kesiştiği yerde Karlıova'dan güneybatıya doğru Göynük Vadisi - Bingöl Ovası - Palu -Baltaşı - Hazar Gölü - Sivrice - Fırat Nehri - Doğanyol - Şiro Çayı - Çelikhan - Kurucaova ve Erkenek ovaları - Gölbaşı çukurluğu - Pazarcık – Türkoğlu'na kadar uzanmaktadır (Şekil 1). Bu noktadan itibaren fay kuzey ve güney olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kuzeyde Osmaniye - Karataş -

Kıbrıs fayı, güneyde ise Hatay fayı ile devam etmektedir (Özdemir & İnceöz, 2003).

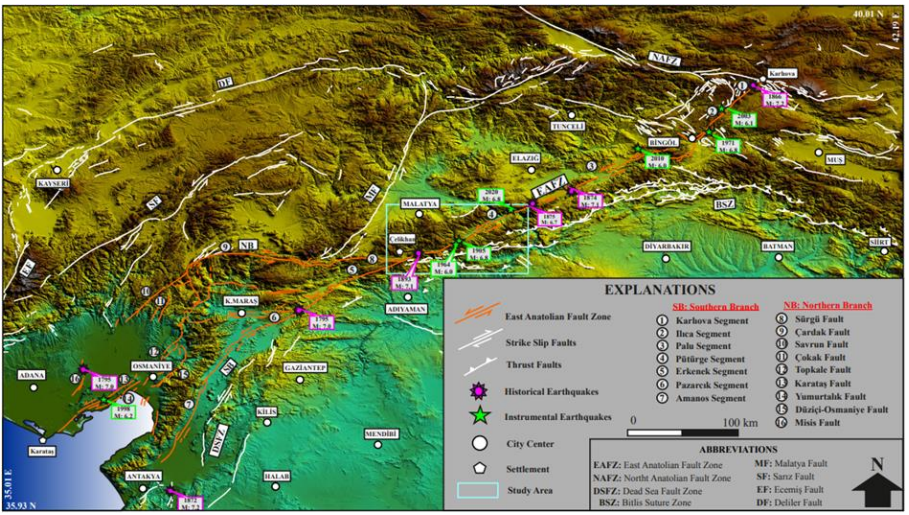


Figure 1. DAFZ ve Doğu Türkiye tektonik haritası (Akgün & İnceöz,2003).

DOĞU ANADOLU FAY ZONU (DAFZ) VE İLGİLİ MADEN YATAKLARI

DAFZ'nun oluşum süreçleri bu fay zonlarında bazı önemli maden yataklarının oluşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda DAFZ'da Kretase-Tersiyer yaşlı birimler bölgede geniş yayılımlar sunmaktadır. Adıyaman, Mardin, Kilis ve Bozova bölgelerinde Kretase yaşlı birimler yüzeylenmiştir. Kireçtaşlarıyla başlayan istif üst kesimlere doğru killi kireçtaşları ve kiltaşı-marn ardalanmasıyla devam etmektedir. Kireçtaşları arasında Mazıdağı (Mardin), Adıyaman ve Kilis bölgelerinde Türkiye için çok önemli fosfat yataklarıdır. Bölgenin güneydoğu kesimi (Miyosen) tamamen kıtasallaşmış ve erozyon meydana gelirken, kuzey kesiminde dalma zonuna paralel kireçtaşları çökelmiştir. Mermer açısından oldukça

önemli olan bu kalkerlere, Diyarbakır (Hazro, Ergani, Hani, Çüngüş, Çermik) ve Adıyaman bölgelerinde rastlanmaktadır. Adıyaman - Gölbaşı bölgesinde (Pliosen) DAFZ boyunca oluşan bir havzada kömür yatakları oluşmuştur. Bölgenin kuzey kesiminde Elazığ - Guleman Krom yatakları, Elazığ - Maden ve Siirt - Şirvan Bakır yatakları, Bingöl - Avnik, Bitlis ve Adıyaman - Çelikhan'daki apatit manyetit yatakları metalik maden yatakları açısından önemli yataklardır. Metamorfitlerden Batman - Sason ve Muş bölgesindeki barit yatakları, Malatya - Pütürge bölgesindeki pirofillit yatakları ve Elazığ - Guleman bölgesindeki olivin yatakları çok önemli endüstriyel hammadde yataklarıdır (İmamoğlu, 2005).

Bingöl ve Çevresindeki Maden Yatakları

Doğu Anadolu Bölgesi'nin (DAB) Yukarı Fırat bölümünde yer alan Bingöl, genellikle volkanik kayalardan oluşan hafif kıvrımlı dağlık bir alanda yer almaktadır (Arpat & Şaroğlu, 1972). Bingöl ve çevresi KAFZ ile DAFZ'nin kesiştiği noktada yer alan Karlıova ilçesine oldukça yakın konumdadır (Bingöl İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010). Erzincan - Karlıova - Bingöl üçgeni aktif bir tektonik konum olduğundan birçok depremin meydana geldiği bir yerdir (Sezer, 2008). Son yüzyıllarda bu üçgen içerisindeki faylar üzerinde ve çevresindeki DAFZ ve KAFZ boyunca çok sayıda yüksek yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Metalik maden yatakları ve oluşumları ile endüstriyel hammaddeler (kurşun-çinko (Pb-Zn), demir (Fe), fosfat (P) ve disten) çoğunlukla Bingöl - Genç ilçesi ve çevresinde bulunmaktadır. Genç ilçesinde araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre Kosal, Haylandere, Gonaçtepe, Kelmetepe, Hamek, Kılhaz, İbrahiman ve Arduvan sahalarında apatitli Fe yatakları ve oluşumları tespit edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda Genç, Koşal,

Avnik, Haylandere ve Gonaçtepe sahalarında yapılan çalışmalara göre, Genç - Avnik - Kosal ve Genç-Haylandere bölgelerinde apatitli Fe rezervleri, Genç - Gonaçtepe bölgelerinde ise Fe rezervleri tespit edilmiştir. Bingöl – Genç – Servi bölgesinde ortalama %45 Pb+Zn tenörlü, 21.600 ton rezervli Pb – Zn cevherleşmesi bulunmaktadır. Endüstriyel hammaddeler açısından Genç-Halveliyan bölgesinde düşük-orta sıcaklıkta seramik ve refrakter hammaddesi olarak kullanıma uygun disten bulunmaktadır. Bingöl - Karlıova ilçesinde linyitlerin alt ısıl değerleri 1458 ile 1663 Kcal/kg arasında olup, toplam 83.662.000 ton (görünür) rezerve sahiptir. Ayrıca bölgede Yayladere, Kös, Harur, Kaynarpınar, Ilıpınar ve Hacıyan jeotermal sahaları bulunmaktadır (Bingöl İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010).

Muş ve Çevresindeki Maden Yatakları

Muş, Güneydoğu Toros Dağları'nın uzantısı olan dağlık ve yüksek bir alanda, tektonik açıdan oldukça hareketli bir ildir. Bu il, Murat Vadisi tarafından doğu-batı doğrultusunda ikiye bölünmüştür. Muş ili ve çevresi, KAFZ'nun Van Gölü'ne kadar uzandığı 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Bölgenin metalik madenler açısından ekonomik önemi yoktur. Ancak bölgede barit, kuvarsit, alçı, çimento ve tuğla-kiremit gibi ekonomik öneme sahip endüstriyel hammaddeler bulunmaktadır (Muş İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010).

Elazığ ve Çevresindeki Maden Yatakları

DAFZ üzerinde yer alan Elazığ, Doğu Toros orojenik kuşağında yer almaktadır. Bölge çok karmaşık bir jeolojiye sahip olduğundan çok sayıda metalik maden ve endüstriyel hammadde

yatakları oluşmuştur. Bunlar başlıca mermer ve krom, kurşun, çinko, demir, bakır, manganez, florit, kireçtaşı ve şelittir (Elazığ İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010).

Maden (Ergani) bakır yatağı ve çevresinde Guleman Grubu (Jura-Alt Kretase) ve Maden Kompleksi'ne (Orta Eosen) ait kayalar yüzeylemektedir. Yoğun tektonizmaya maruz kalan ve cevher içeren Mineral Kompleksi'nde diyabazların ana bileşenleri plajiyoklaz, piroksen ve kuvars; İkincil bileşenler ise klorit, kalsit ve epidottur. İkincil bileşenler olarak opak mineraller ve apatit bulunmaktadır (Çelik, 2003; Kırat & Bölücek, 2010). Maden Kompleksi'nin Guleman grubu üzerinde uyumsuz olarak örtülmesi ve yoğun tektonizma nedeniyle bu iki birim arasında faylanmalar meydana gelmiştir (Kırat & ark., 2008).

Malatya ve Çevresindeki Maden Yatakları

Alp-Himalaya kuşağının bir parçası olan Doğu Toros Dağları, Ülkemizde madencilik bakımından önemli bir yere sahiptir. Volkanojenik Masif Sülfit (VMS) yataklarının oluşumunda bölgedeki jeolojik yapı önemlidir (Yıldırım & ark., 2021).

DAFZ Bölgesi'nde yer alan Malatya İli, jeolojik yapısı gereği çeşitli metalik maden yatakları ve oluşumları ile endüstriyel hammadde yataklarını bünyesinde barındırmaktadır. Türkiye'de tek, dünyada az sayıda bulunan yataklarından biri olan Pütürge profillit yatağı, seramik ve refrakter kalitesindedir. Ayrıca bölgedeki hammadde yatakları florit, dolomit, vermikülit, mermer ve çimentodur. Metal madenlerinden çıkan bakır ve demir de bölgede önemli bir yere sahiptir. Hekimhan-Deveci, Hekimhan –

Hasançelebi ve Hekimhan-Karakuz'da Fe rezervleri bulunmaktadır (Malatya İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010).

Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında yer alan Pütürge-Sey Çayı Au - Ag - Cu - Zn- Sülfit Yatağı, Maden Grubuna (Orta Eosen) ait meta-volkanik tortul kayaçlar içerisinde yer almaktadır (Yıldırım & ark., 2012).

Malatya-Yeşilyurt-Görgü Pb-Zn cevherleşmesi Permo-Karbonifer yaşlı Malatya Metamorfitleri ve Volkanitlerinde (yaş ?) bulunmakta olup, cevherleşme çoğunlukla andezitik kayaçlarda damarlar şeklinde gözlenmiştir (Kalender & ark., 2009). Görgü Pb-Zn cevherleşmesi karbonat ve sülfit cevherleşmelerinden oluşmuştur (Pratt, 1990). $ZnCO_3$ ve $PbCO_3$ gibi karbonat cevherleri sarı-kahverengi renkte olup limonitçe zengin Zn karbonat formundadır. Cevher mineralleri; limonit, simitsonit, anglezit, serizit, çinkosit ve hidrozinkittir. ZnS ve PbS gibi sülfürlü cevher mineralleri sfalerit, galen, pirit ve markazittir (Sağıroğlu, 1988; Güdücü, 1994; Kirat, 2017).

Adıyaman ve Çevresindeki Maden Yatakları

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin (GDA) Orta Fırat bölümünde yer alan Adıyaman, tarihte bilinen çok eski bir yerleşim yeridir. Batıdaki Besni ve Gölbaşı ilçeleri Akdeniz Bölgesi'ne, kuzeydeki Gerger ve Çelikhan ilçeleri ise Doğu Anadolu Bölgesine dahildir. Doğu Anadolu bindirme kuşağında yer alan Adıyaman genel olarak depremlere maruz kalmaktadır. Çelikhan – Bulam – Pınarbaşı mevkiinde apatitli demir cevheri, düşük tenörlü ve fosfat içerikli olması nedeniyle işletilmemektedir. Merkez - Küçükhacivert, Gölbaşı - Yumaklıcerit, Tut - Meryemuşağı ve

Çelikköy Gerger ve Çelikhan-Karlık ilçelerinde manganez ve bakır oluşumları yer almaktadır. Adıyaman Merkez Rezip Köyü ve Şemikan sahalarında orta kalitede çimento rezervleri bulunmaktadır. Bunun dışında Merkezde kireçtaşı, marn, kil ve tuğla-kiremit rezervleri bulunmaktadır. Besni-Börgenek bölgesinde kil, Besni-Karapınarderesi bölgesinde barit, Tut ilçesinde ise fosfat oluşumları bulunmaktadır (Adıyaman İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010). Son yıllarda Adıyaman İli ve çevresinde yüzeylenen Koçali Karmaşığı volkanitlerinde MTA tarafından çok sayıda Cu cevherleşmesi tespit edilmiştir (Yıldırım & ark., 2008a; Yıldırım & ark., 2008b; Yıldırım & ark., 2009; Yıldırım & ark., 2010a; Yıldırım & ark., 2010b; Yıldırım & ark., 2011). Ayrıca bu cevherleşmelerin Kıbrıs tipi VMS cevherleşmeleriyle benzer özellikler taşıdığı da ortaya çıkmıştır. Ormanbaşı Tepe mevkisi, Kıbrıs tipi VMS cevherleşmesi için umut verici bir saha olarak değerlendirilmiş ve baz (Cu-Zn-Pb) ve değerli metaller (Au-Ag) açısından araştırılmıştır (Yıldırım & ark., 2012).

Kahramanmaraş ve Çevresindeki Maden Yatakları

Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Kahramanmaraş, Güneydoğu Toros Dağları'nın uzantıları olan dağlar arasındaki çöküntü alanlarıdır. Elbistan, Göksun ve Ekinözü ilçelerinde küçük boyutlu demir oluşumları, Merkez, Afşin ve Göksun ilçelerinde ise kurşun-çinko oluşumları bulunmaktadır. Pazarcık-Zombo bölgesinde ekonomik değeri olmayan ofiyolitlerden dolayı çok sayıda manganez oluşumları tespit edilmiştir. Ayrıca Pazarcık ilçesinde ofiyolitlerin peridotitler içerisinde küçük boyutlu krom oluşumları da bulunmaktadır (Kahramanmaraş İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010).

Gaziantep ve Çevresindeki Maden Yatakları

Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri arasında yer alan Gaziantep'te otokton ve allokton kaya birimleri gözlenmektedir. Bölgedeki allokton birimler Koçali ve Karadut kompleksleri olup, otokton birimler tabanda Besni formasyonu ile başlayıp Germav formasyonu ile devam etmektedir. Gaziantep'in başlıca metalik madenleri demir, manganez, alüminyum ve kromdur. Şahinbey ilçesinde demir ve manganez cevherleşmeleri, Nurdağı ve İslahiye ilçelerinde krom cevherleşmeleri, Şahinbey ilçesinde ise manganez cevherleşmeleri bulunmaktadır. Ayrıca İslahiye ilçesinde boksit yatakları ve oluşumları bulunmaktadır. Bölgede dolomit, tuğla kiremit ve yapı malzemeleri üzerinde yapılan çalışmalarda ekonomik bir yatak bulunamamıştır. Nurdağı ilçesi Kartalköy mevkiinde debisi 1 lt/sn ve sıcaklığı 27 ºC olan jeotermal kaynak tespit edilmiş ancak yeterli potansiyel elde edilememesi nedeniyle, jeotermal kaynak kaplıca ve içme suyu olarak kullanılmaktadır (MTA, 2010).

Hatay ve Çevresindeki Maden Yatakları

Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Hatay, maden yatakları ve oluşumları açısından zengindir. Akıllıçay ve Kisecikköy bölgesinde altın rezervleri, Dörtyol bölgesinde ise alüminyum rezervleri bulunmaktadır. Bölgedeki demirli boksit yataklarının rezervleri yüksek olmakla birlikte teknolojik faktörlerden dolayı işletilememektedir. Söğüt-Hassa bölgesinde tespit edilen bakır, küçük rezerve sahip olduğundan herhangi bir çalışma mevcut değildir. Kırıkhan - Kostal demir yatağında demir rezervleri tespit edilmiştir. Eti Maden İşletme Genel Müdürlüğü, Kızıldağ'da 5 ayrı krom sahasında rezerv tespit etmiştir. Bölge endüstriyel hammadde

yatakları açısından da zenginlik sunmaktadır. Çimento hammaddesi bakımından İskenderun ve çevresinde kireçtaşı, marn, kil ve dolomit rezervleri yer almaktadır (Antakya İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) birleşik faylardır ve dünyanın en aktif iki fay zonlarıdır. Bu nedenle, Türkiye'de deprem riski yüksek bölgeler oluşturmaktadırlar. DAFZ'nun Anadolu bloğu ile Arap plakası arasındaki kıtasal çarpışma sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Bu fay sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olup, kuzeydoğuda Bingöl Karlıova'dan başlayıp güneybatıda İskenderun Körfezi'ne kadar uzanır. Dünyayı şekillendiren bu ana tektonik olaylar ve bu olaylardan kaynaklanan aktif tektonik alanlar deprem gibi doğal afetlere neden olurken, aynı zamanda birçok önemli doğal kaynağın oluşmasına da neden olmaktadır. Sonuç olarak DAFZ'nun oluşumunda etkili olan jeodinamik süreçlerin bölgede maden yataklarının ve doğal kaynakların oluşmasına yol açmıştır. Bingöl İli, Bingöl - Karlıova - Erzincan üçgenindeki tektonik konumundan dolayı depremlerin sık yaşandığı bir bölgedir. Bu bölgedeki metalik maden zuhurları ve yatakları, çoğunlukla Genç ilçesinde olup demir, kurşun-çinko, fosfat ve distenden oluşmaktadır.

Muş İli, Alp-Himalaya kıvrım sisteminin oluşturduğu dağlık bir arazi yapısına sahip olup, çok genç dağların bulunduğu bir yerde bulunmaktadır. Bölge topraklarını doğu-batı doğrultusunda Murat Vadisi ikiye bölmüştür. Bölge metalik mineraller açısından fakir olmakla birlikte endüstriyel hammaddeler (alçı, barit, tuğla-kiremit, kuvarsit ve çimento) açısından ekonomik öneme sahiptir. Elazığ,

DAFZ üzerinde yer almakta olup, jeolojik açıdan çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık jeolojik yapı, birçok endüstriyel hammadde ve metalik mineral yataklarını ve oluşumlarını (kurşun, krom, bakır, manganez, çinko, demir, şelit, florit, kireçtaşı ve mermer) içermektedir. Malatya - Pütürge'de bulunan profillit yatağı dünyada çok az sayıdadır. Adıyaman, DAFZ üzerinde yer alması nedeniyle sıklıkla depremlere maruz kalmaktadır. Bölgedeki metalik madenlerden Gerger ve Çelikhan-Karlık ilçelerinde bakır (Cu) yatakları bulunmaktadır. Adıyaman Merkez-Küçükhacivert, Tut-Meryemuşağı ve Gölbaşı-Yumaklıcerit ve Çelikköy'de önemli mangan oluşumları bulunmaktadır. Bölgede barit, çimento, fosfat ve tuğla-kiremit endüstriyel hammaddeler açısından önemli bir yere sahiptir. Güneydoğu Toros Dağları'nın uzantısı olan ve dağlar arasında yer alan Kahramanmaraş'ta metalik maden yatakları ve bunların oluşumları (krom demir ve manganez) ile endüstriyel hammaddeler (barit, kireçtaşı ve tuğla-kiremit,) bulunmaktadır. Gaziantep allokton ve otokton birimlerin görüldüğü, demir, manganez, alüminyum ve kromun bulunduğu bir bölgededir. Hatay'da (Antakya) Dörtyol'da alüminyum ve Akıllıçay ile Kisecikköy'de altın sahaları bulunmaktadır. İskenderun'da çimentonun hammaddesi olan kil, marn ve dolomit ve kireçtaşı, rezervleri bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Adıyaman İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Adiyaman_Madenler.pdf

Akgün, E., & İnceöz, M. (2021). Tectonic evolution of the central part of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Türkiye. *Turkish J Earth Sci.* 30: 928-947, 2021. doi:10.3906/yer-2104-15

Allen, C.R. (1969). Active faulting in northern Türkiye. Contr.1577.*Div.Geol.Sciences,* Calif.Inst.Tech., 32 pp.

Antakya İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Antakya_Madenler.pdf

Arpat, E., & Saroglu, F. (1972). Doğu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düsünceler. *MTA Dergisi,* 78, 44-50.

Bellier, O., Over, S. Poisson, A., & Andrieux, J. (1997). Recent temporal change in the stress state and modern stress field along North Anatolian Fault Zone (Türkiye), *Geophys. J. Int.*, 131, 61–86.

Bingöl İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Bingol_Madenler.pdf

Çelik, S. (2003). Maden (Elazığ) Anayatağın mineralojisi ve jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniv. Fen Bil. Enst., 93s., (Yayınlanmamış).

Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F., & Sengor, A. M. C. (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone, in Collision Tectonics, edited by M. P. Coward and A. C. Ries, *Geol. Soc. London Sp. Pub*., 19, 3–36.

Dewey, J. F., & Sengor, A. M. C. (1979). Aegean and surrounding regions: complex multi-plate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geol. Soc. Am. Bull*., 90, 84–92.

Elazığ İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Elazig_Madenler.pdf

MTA (2010). Gaziantep. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Gaziantep_Madenler.pdf

Güdücü, A., (1994). 1:100 000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Malatya L40 paftası. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans semineri (Yayınlanmamış).

İmamoğlu, M.Ş. (2005). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, 21-23 Nisan 2005 Diyarbakır, 87-92 s.

Kalender, L., Kırat, G., Bölücek, C. & Sağıroğlu, A., (2009). Görgü (Malatya-Türkiye) Pb-Zn Yatağının Eski İmalat Pasalarının Jeokimyası, *Türkiye Jeoloji Bülteni* Cilt 52, Sayı 2.

Kahramanmaraş İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/kmaras_madenler.pdf

Kartal, R. F., & Kadirioğlu, F.T. (2013). Doğu Anadolu Fayının Sismotektoniği ve Bu Fay Üzerindeki Son Beş Yıllık Deprem Aktivitesinin İstatistiksel Analizi. *66. Türkiye Jeoloji Kurultayı,* 01-05 Nisan 2013, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara.

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, Türkiye, *Geophys. Res. Lett*., 30/24, 8046.

Kırat, G., & Bölücek, C., (2010). Maden (Elazığ) Çevresinde Dere Sedimentlerindeki Metal Dağılımına Çözünmenin Etkisi, *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (2), 147-155

Kırat, G., Bölücek, C., Kalender, L., (2008). Maden (Elazig) Çevresinde Dere Kumlarında Cu, Pb, Zn, As, Cd ve Fe Dağılımı, *Yerbilimleri*, 53

Kirat, G., (2017). Pb – Zn - Cd Accumulator Plants Grown Around The Görgü Pb – Zn Mine, Yesilyurt-Malatya, Türkiye, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration,* 155, 58 – 59, 2017

Köküm, M., Özçelik, F. (2018). Palu Depremi, Fırat University Harput Applied and Research Center, International Palu Symposium Proceedings, 11-13 October, 329-337, 2018.

Malatya İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/malatya_madenler.pdf

McKenzie, D. P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J. R. Astron. Soc*., 30, 109–185, 1972.

Muş İli Maden ve Enerji Kaynakları, (2010). https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Mus_Madenler.pdf

Özdemir, M.A., & İnceöz, M., (2003). Doğu Anadolu Fay Zonunda (Karlıova-Türkoğlu Arasında) Akarsu Ötelenmelerinin Tektonik Verilerle Karşılaştırılması; *Afyon Kocatepe Üniv. Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 5, Sayı l,s.89-114, 2003.

Pratt, A.D. (1990). The Geology, geochemistry and mineralogy of the sedimentary Cafana Zn-Fe-Pb-Ba deposits, SE Türkiye. PHD Thesis, 2, 116 p., Copenhagen, Denmark.

Sağıroğlu, A., (1988). Cafana (Görgü) Malatya karbonatlı Pb – Zn yatakları. *C.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Seri A – Yerbilimleri C. 5(1), 3-13.

Sengor, A. M. C. (1979). Northern Anatolian fault: Its age offset and tectonic significance, *J. Geol. Soc. London*, 136, 269–282, 1979.

Sezer, L.İ. (2008). Karlıova (Bingöl) yöresinin depremselliği. *Ege Coğrafya Dergisi Aegean Geographical Journal,* Vol. 17 (1-2), 35-50.

Tan, A., & Eyidoğan, H. (2019). The Kinematics of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Türkiye and Seismotectonic Implications. *International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS)* Vol.11, Issue 4 (2019) 494-506. http://dx.doi.org/10.24107/ijeas.649330

Yilmaz, H. Over, S., & Ozden, S. (2006). Kinematics of the East Anatolian Fault Zone between Turkoglu (Kahramanmaras) and Celikhan (Adiyaman), eastern Türkiye, *Earth Planets Space,* 58, 1463–1473

Yıldırım, N., Dönmez, C., Yıldırım, E., Eroğlu, M., Günay, K., Gövercin, G., & Sönmez, Y. (2021). Pütürge-Sey Deresi (Malatya) Cu-Zn-Au-Ag Cevherleşmesi: Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağında Tanımlanan İlk Mafik-Silisiklastik Tip VMS Yatağı, *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı,* 24-28 Mayıs 2021, Çevrimiçi / Online

Yıldırım, N., Ay, Y., Aydın, A., Yığmatepe, M., Kalı, B. & Yıldırım, E., (2008a). Koçali Karmaşığı İçerisindeki Taşınmış Kıbrıs Tipi Masif-Sülfit (Cu) Cevherleşmelerine Yeni Bir Örnek, Ormanbaşı Tepe (Sincik- Adıyaman) Cevherleşmeleri. *61. TJK* Abstracts.

Yıldırım, N., Ay, Y., Çakır, C., İlhan, S., Dönmez, C., & Yıldırım, E., (2010a). Koçali Ofiyolitik Karmaşığı'nın Metalojenik (Cu-Au) Önemi, *IV. Ulusal Jeokimya Sempozyum Bildirileri*, Elazığ, 79-80.

Yıldırım, N., Aydın, A., Ay, Y., Yığmatepe, M. & Yıldırım, E, (2008b). Ormanbaşı Tepe (Sincik-Adıyaman)Cevherleşmelerinin Kıbrıs Tipi Masif-Sülfid (Cu) Cevherleşmesi Olduğuna Dair

Bulgular. *Prof. Dr. Servet Yaman Maden Yatakları-Jeokimya Çalıştayı*, Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü (Adana), 2008b.

Yıldırım, N., Aydın, A., Yığmatepe, M., Akgül, M., & Yıldırım, E. (2009). Levha dayk karmaşığı içerisindeki Kıbrıs tipi masif sülfid cevherleşmelerine Türkiye'den bir örnek: İncekoz (Adıyaman) Cu cevherleşmesi. *62. TJK* Abstracts, 220-221

Yıldırım, N., İlhan, S., Akyıldız, M., Yıldırım, E., & Dönmez, C. (2010b). The Importance of the Ophiolites of the Southern Branch of the Neotethys (Koçali Ophiolitic Complex), in Terms of the Cyprus type VMS Deposits. *7. Uluslararası Doğu Akdeniz Jeolojisi Sempozyumu,* Çukurova Üniversitesi, Jeoloji bölümü, Adana.

Yıldırım, N., İlhan, S., Yıldırım E., & Dönmez, C., (2012). The Geology, Geochemistry And Genetical Features Of The Ormanbaşı Hıll (Sincik, Adıyaman) Copper Mineralization, *Mineral Res. Expl. Bull.,* 144, 75-104

Yıldırım, N. (2011). Ormanbaşı Tepe (Sincik- Adıyaman) Bakır Cevherleşmesinin Maden Jeolojisi Raporu. MTA Report No: 3301, Ankara (unpublished).

Zor, E., Sandvol, E. Gurbuz, C. Turkelli, N. Seber, D., & Barazangi, M. (2003). The crustal structure of the East Anatolian plateau (Türkiye) from receiver functions, *Geophys. Res. Lett.*, 30/24, 8044, 7.1-4.

BÖLÜM IV

Manganez Cevherinin Genel Özellikleri

Hüseyin SENDİR[1]

Giriş

Manganez (Mn), atom numarası 25, atom ağırlığı 54,93 g/mol, gümüş grisi renginde, erime noktası 1246°C, kaynama noktası 2150°C ve yoğunluğu 7,43 g/cm³ olan metalik bir elementtir. Periyodik tablonun 7B grubundaki geçiş elementlerine aittir. Doğal olarak oluşmaz ancak tipik olarak demir ve minerallere bağlı olarak bulunur. Demir, alüminyum ve bakırdan sonra yer kabuğunda en bol bulunan dördüncü elementtir (Şekil 1) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 1. Mangan ve Bantlı mangan cevheri (https://www.virtualmicroscope.org/explore -2021)

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Orcid:0000-0001-7252-7117

Mangan Mineralinin Tarih Öncesi Kullanımı

Manganez elementi ilk olarak 1774 yılında İsveçli bilim adamı ve mineralog Johan Gottlieb Gahn tarafından tanımlanmıştır. Bu keşif, Gahn'ın pyrrolusite mineralinden karbonu başarılı bir şekilde indirgemesinin ardından gerçekleşmiştir. 1856 yılında Sir Henry Bessemer, daha önce sadece demir kombinasyonu olarak bilinen manganezi çelikle birleştirdiğinde manganezin endüstriyel önemini keşfetmiştir. (Şekil 2) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 2. Manganezi keşfeden Johan Gottlieb Gahn ve Sir Henry Bessemer (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

1912 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde, pas ve korozyona karşı koruma sağlamak amacıyla ateşli silah ve ekipman imalatında kullanılmıştır. Tarihçiler 17.000 yıl öncesine dayanan manganez bileşiklerinin kullanımını belgelemişlerdir. Bu bileşikler Paleolitik dönemde mağara duvar resimlerini renklendirmek, eski Mısır ve Roma'da cam eşyaları renklendirmek ve Spartalılar tarafından güçlü çelik üretmek gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır (Şekil 3) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 3. Paleolitik dönem mağara resimleri, Mısırlılar ve Romalılara ait cam eşyalar (www.manganese.org)

En Yaygın Manganez Mineralleri

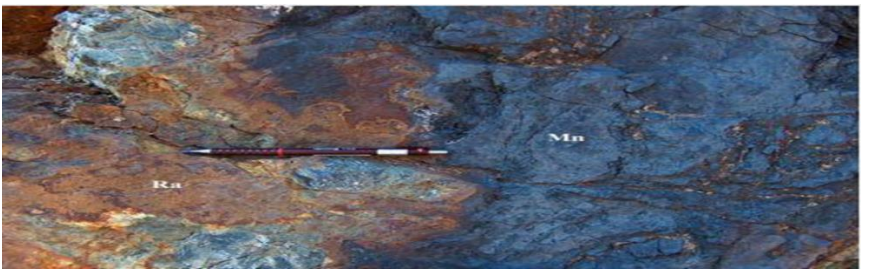
Doğa, bileşimlerinde manganez içeren yaklaşık 300 minerali kapsar. Manganez elementi oksijen, karbon ve silikon ile reaksiyona girdiğinde kolayca çeşitli bileşikler oluşturur. Metal üretiminde ve hammadde olarak en yaygın kullanılan mineraller arasında pirolusit (MnO_2), psilomelan ($BaMn_9O_{18}.2H_2O$), manganit ($Mn_2O_3.\ H_2O$), hausmanite ($MnMn_2O_4$), rhodochrosite ($MnCO_3$), rhodonite ($MnSiO_3$), ramsdellite (MnO_2), polyanite (MnO_2), cryptomelane (KMn_8O_{16}), branuit ($3Mn_2O_3.\ MnSiO_3$), bixbit $(Mn, Fe)_2O_3$, jakopsite ($MnFe_2O_4$), hollandit ($BaMn_8O_{16}$) ve koronadit ($PbMn_8O_{16}$) sayılabilir (Şekil 4) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 4: En yaygın bulunan manganez mineralleri; Pirolusit, Psilomelan, Manganit, Hausmanit, Rodoksit, Rhodonit (geology.com, 2019).

Mangan Yataklarının Oluşumu ve Sınıflandırılması

Yeryüzünde farklı yollarla oluşmuş manganez cevher yatakları yaygın olarak bulunur. Oluşum şekillerine göre genel olarak; hidrotermal, sedimanter, kalıntı (rezidüel) ve metamorfik yataklar olmak üzere dört ana gruba ayrılmıştır (Şekil 5, Şekil 6) (Teker, 2010).



Şekil 5. Radyolarit (Ra) içerisinde gelişen manganez (Mn) cevherleşmesi (Y. İmrezi köyü girişi) (Teker, 2010).

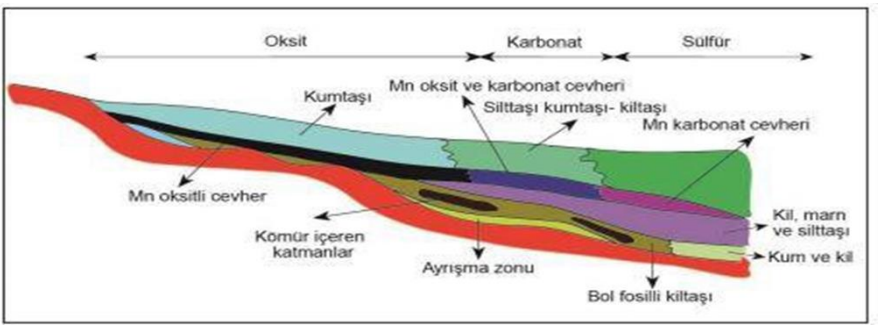


Şekil 6. İncirdere Soğanlıdere demir-manganez zuhurunda gözlenen demir manganez cevherleşmesi (Mn: manganez, Li: limonit, He: hematit, Of: kil) (Y. İncirdere köyü) (Teker, 2010).

1.Hidrotermal Manganez Yatakları: Bu yataklarda bulunan cevher tipik olarak damarlar, mercekler ve düzensiz formlar şeklindedir ve epitermal faza ait olarak sınıflandırılır. Plütonik ve subvolkanik magma odalarından kaynaklanan hidrotermal intrüzyonlar süreciyle oluşturulurlar. Siyah manganez oksitler,

psilomelan, pirolusit, manganit, braunit ve hausmanit en önemli minerallerdir. Bu nitelikteki manganez yatakları önemli rezervlere sahip olmasa da kimya endüstrisinde kullanılmaya uygun, olağanüstü saflıkta yüksek dereceli manganez cevherleri verirler (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

2.Sedimanter Manganez Yatakları: Bu yataklarda bulunan cevher mineralleri topaklı, amorf, topraksı yığınlar ve/veya pisolitik yapıları ile karakterize edilir. Bu yataklardaki demir tenörü yüksektir ve ayrıca önemli rezervlere katkıda bulunan gang mineralleri de içerirler. En yaygın minerallerden üçü pirolusit, psilomelan ve rodokrozittir. Dünyanın ekonomik açıdan önemli manganez kaynakları öncelikle sığ su ortamlarındaki oksijen açısından zengin bölgelerde üretilmektedir. Ukrayna ve Avustralya'daki Mn yatakları, devasa boyutları nedeniyle tortul tip manganez yatakları olarak sınıflandırılır (Şekil 7) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 7. Sedimanter tip manganez yataklarının oluşum ortamı (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

3.Kalıntı (Rezidüel) Manganez Yatakları: Bu yataklar, az miktarda manganez içeren kayaların yüzeyine yakın bir yerde ayrışma sonucu kayanın bazı elementlerinin taşındığı manganezin

yerinde zenginleştirilmesi yoluyla oluşturulur. Bu yataklarda hem metalürji hem de kimya endüstrilerinde kullanılabilecek bol miktarda yüksek kaliteli cevher bulunur. Hindistan ve Gabon'da bulunan yataklar bu tür jeolojik oluşumlara örnek teşkil etmektedir (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

4.Metamorfik Manganez Yatakları: Bu yataklar yaklaşık %40-50 manganezden oluşur ve diğer manganez yatakları sıcaklık ve basınçtaki değişiklikler nedeniyle dönüşüme uğradığında ortaya çıkar. Tüm bu yatak türlerindeki manganez cevherleri oksit, karbonat ve/veya silikat bileşikleri olarak bulunur. Manganez oksitler genellikle ekonomik açıdan en önemli olanlardır. Karbonat ve silikat cevherleri sınırlı ticari öneme sahiptir. Manganez oksit yatakları, bu faktör nedeniyle jeoloji literatüründe yaygın olarak manganez cevherleri olarak sınıflandırılır (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Manganez Cevherinin Sınıflandırılması: Madencilikte metalik madenler sınıfında yer alan manganez cevherlerinin içerdiği Mn oranlarına göre de sınıflandırılmıştır;

a.Manganez cevheri; %35'ten daha çok Mn içeren cevher

b.Demirli manganez cevheri; %10-35 arasında Mn içeren cevher

c.Manganezli demir cevheri; %5-10 arasında Mn içeren cevher (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Manganez Cevherinin Zenginleştirilmesi

Manganez madenlerinde çıkarılan cevher, tüvenan (parça cevher) olarak satışa uygun değilse, yani düşük tenörlü ise cevherin tenörünü yükseltmek ve ekonomik değerini artırmak için

zenginleştirme tesislerine gönderilir (Şekil 8) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 8. Cevher zenginleştirme aşamaları basitleştirilmiş akış şeması (https://www.jxscmachine.com/new/manganese-ore-beneficiation/-2021).

Konsantre manganez cevheri, cevherin özelliklerine göre seçilen ve uygulanan zenginleştirme teknikleri, özellikle hidrometalurjik, pirometalurjik ve/veya elektrolitik yöntemlerle elde edilir. Zenginleştirme işlemleri tipik olarak ayıklama, kırma ve öğütme yoluyla tane boyutunu küçültme ve eleme ve sınıflandırma yoluyla uygun boyutu belirleme gibi ilk adımlarla başlar. Daha sonra cevher, cevherin özelliklerine göre belirlenen yerçekimi, manyetik veya elektrostatik ayırmaya tabi tutulur. Daha sonra, cevherdeki değerli ve değersiz bileşenleri ayırmak için flotasyon, kalsinasyon ve/veya liç teknikleri kullanılabilir. Sonraki aşamada, çıkarılan cevher nemin giderilmesini içeren susuzlaştırma işlemine tabi tutulur ve saf manganez elde edilmesiyle sonuçlanır. Tipik olarak, zenginleştirme süreci bu noktada sona erer ve konsantre malzeme cevher olarak pazarlanır. Ancak, endüstriyel uygulamalar doğrultusunda, briketleme, peletleme ve sinterleme işlemleri kalsine cevher, peletlenmiş cevher ve sinterlenmiş cevher gibi ürünlere dönüştürür (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Elektrolitik manganez, son zamanlarda dünya çapında birçok ülkede pil işinde tercih edilen manganez formu haline gelmiştir. Elektrolitik manganez, manganez dioksit (MnO2) veya manganez karbonat (MnCO3) cevherlerinin zenginleştirilmesi için çökeltme, filtrasyon ve elektrolizi içeren sofistike yöntemlerle üretilir. Manganez içeriği %99,7 olan yüksek konsantrasyonlu bir üründür ve ticari olarak iki farklı şekilde erişilebilir.

1- Elektrolitik metal manganez – EMM, 2- Elektrolitik manganez dioksit – EMD (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Manganezin Kullanım Alanları

Manganez cevherinin kullanım alanları genel olarak dört gruba ayrılır;

1. Metal sanayi (%48-50 Mn içeren cevher)

2. Kimya sanayi (%74-84 MnO_2 içeren cevher)

3. Pil-batarya sanayi (%78-85 MnO_2 içeren cevher)

4. Diğer amaçlar

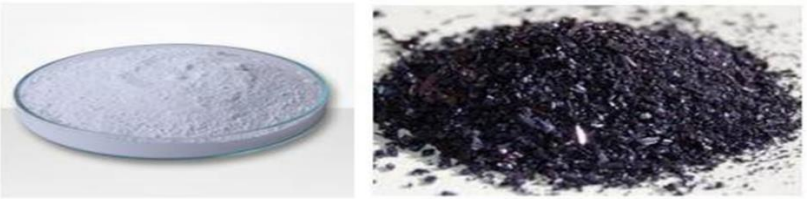
Şu anda, metal endüstrisi manganezin yoğun olarak kullanıldığı başlıca sektördür (Şekil 9). Küresel manganez cevheri üretiminin yaklaşık %90'ı demir-çelik sektöründe kullanılmaktadır. Özellikle çelik üretim sürecinde, oksijen ve sülfürün giderilmesi için bir katkı maddesi olarak ve alaşım oluşumunda bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Çelik, olağanüstü gerilme mukavemeti ve uzama özellikleri nedeniyle demiryolu raylarında, konektörlerde, kavşaklarda ve makaslarda kullanılır. Tipik olarak, 1 ton çelik üretiminde %1 manganez kullanılır. Ancak bazı istisnai alaşımlarda bu oran %15'e kadar çıkabilir.



Şekil 9. Manganez alaşımlı alüminyum, çelik ve bakır ürünler (http://metalpedia.asianmetal.com/-2021).

Manganez, demir ile alaşım oluşturmak için kullanılan ikinci en önemli bileşendir ve karbon birincil bileşendir. Demire manganez eklenmesi, aşınma direncini ve gerilme mukavemetini artırarak ağır yüklerin taşınmasına olanak sağlar. Alüminyum ile alaşımlama işlemi sonucunda ortaya çıkan metal, korozyona karşı olağanüstü bir dirence sahiptir ve içecek kutuları, pişirme kapları, çatı kaplama malzemeleri ve araç radyatörleri de dahil olmak üzere birçok ürünün üretiminde uygulama alanı bulur. Bakır alaşımları elektrik dirençleri ve ısıtma elemanlarının üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, çinko ve magnezyum alaşımlarının kullanımı özel olarak tasarlanmış mücevherlerin üretiminde kullanılmaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Bir diğer önemli uygulama alanı da kimya endüstrisidir. Sodyum ve potasyum permanganatın yanı sıra manganez sülfat ($MnSO_4$) da çok sayıda kimyasal işlemde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, güçlü bir oksitleyici olarak, kantitatif analizlerde ve tıbbi uygulamalarda, içme suyu ve atık su sistemlerinin arıtılmasında, meyve ağaçlarındaki zararlı mantarlarla mücadele etmek için bir toprak besin maddesi ve böcek ilacı olarak tarımda ve otomotiv boyalarında ve yem endüstrisinde bir katkı maddesi olarak kullanılır (Şekil 10) (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 10. Manganez sülfat ve potasyum permanganat tozu (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Manganez, geri dönüşüm tesislerinde manganez içeren çöp, moloz ve endüstriyel kalıntıların (toz) ayrıştırılmasıyla ikincil bir ürün olarak üretilebilir. Manganez, özellikle atılan pil ve akümülatörlerin geri dönüşümü yoluyla küresel olarak yaygın bir şekilde üretilmektedir. (Şekil 11).

Üçüncü olarak pil-batarya sanayisinde, lityum-iyon ve alkali pillerin üretiminde katot malzemesi olarak kullanılan önemli bir elementtir (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 11. Atık piller ve geri dönüşümle elde edilmiş manganez (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Doğal manganez dioksit normal kuru pillerin üretiminde kullanılırken, konsantre manganez dioksit cep telefonları, tablet bilgisayarlar, kameralar ve benzeri cihazlarda bulunanlar gibi yüksek performanslı pillerin üretiminde kullanılır. Manganez klorür bazı askeri bataryalarda kullanılmaktadır. Şu anda Mn, otomotiv

sektöründe, özellikle elektrikli araçlar üreten Avrupa ve Amerika fabrikalarında, nikel-kobalt manganez (NCM) piller olarak bilinen yüksek performanslı şarj edilebilir lityum-iyon pillerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Elektrikli otomobillerin artan küresel üretimi, manganez cevherine olan talebi daha da artıracaktır (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Dünya Manganez Rezervi ve Üretimi

ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu'nun (USGS) 2019 raporunda otuzdan fazla ülkedeki küresel manganez rezervlerinin 760 milyon ton olduğu belirtiliyor. Güney Afrika 230 milyon tona, Ukrayna 140 milyon tona, Brezilya 110 milyon tona ve Avustralya 99 milyon tona sahiptir. Önemli yataklara sahip diğer ülkeler arasında Gabon (65 milyon ton), Çin (54 milyon ton), Hindistan (33 milyon ton), Gana (13 milyon ton), Kazakistan (5 milyon ton) ve Meksika (5 milyon ton) bulunmaktadır. ABD ve Avrupa herhangi bir manganez rezervine sahip değildir. Amerika Birleşik Devletleri'nde tüketilen manganezin tamamı ithalat yoluyla Gabon, Avustralya, Güney Afrika ve Brezilya'dan temin edilmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Dünya Manganez Rezervi (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

ÜLKE	REZERV (ton)	DÜNYA PAYI (%)
Güney Afrika	230.000.000	30
Ukrayna	140.000.000	18
Brezilya	110.000.000	14
Avustralya	99.000.000	13
Gabon	65.000.000	9
Çin	54.000.000	7
Hindistan	33.000.000	4
Gana	13.000.000	2
Kazakistan	5.000.000	1
Meksika	5.000.000	1
Diğer Ülkeler	6.000.000	1
Toplam	**760.000.000**	

Yer kabuğunda bol miktarda bulunan manganez madenleri genellikle açık ocak yaklaşımı kullanılarak işletilmektedir. ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu'nun (USGS) 2019 tarihli Mineral Emtia Özetleri raporunda, 2017 yılında küresel manganez metali üretiminin 17.300.000 ton olduğu belirtilmektedir. Küresel manganez rezervlerinin %30'una sahip olan Güney Afrika, son zamanlarda pazar payının yaklaşık %30'unu oluşturarak sürekli olarak en büyük metalik manganez üreticisi konumunu korumuştur (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

En çok üretim yapan ülke toplam 5.400.000 ton ile Güney Afrika'dır. Bu ülkeyi 2.820.000 ton ile Avustralya, 2.190.000 ton ile Gabon, 1.700.000 ton ile Çin, 1.160.000 ton ile Brezilya, 810.000 ton ile Gana, 735.000 ton ile Hindistan ve 735.000 ton ile Ukrayna takip etmektedir (Tablo 2). Önemli bir metalik manganez üreticisi olan Çin, 2017 yılından bu yana metalik Mn üretiminde önemli bir düşüş yaşamıştır. Bu azalma, birçok manganez madeninin ve zenginleştirme tesisinin kapatılmasının bir sonucudur. Bu

kapanışların nedenleri arasında ülkedeki manganez rezervlerinin tükenmesi, sıkı çevre düzenlemeleri ve artan işçilik ve enerji maliyetleri yer alıyor. Bununla birlikte, ferromanganez ve silikomanganez de dahil olmak üzere manganez alaşımlarının önde gelen küresel üreticisi olmaya devam etmektedir (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Tablo 2. Dünya Manganez Üretimi (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

ÜLKE	ÜRETİM (Ton)					2017 Dünya Payı (%)
	2014	2015	2016	2017	2018 *	
Güney Afrika	5.200.000	5.900.000	5.300.000	5.400.000	5.500.000	31
Avustralya	3.000.000	2.450.000	2.240.000	2.820.000	3.100.000	16
Gabon	1.860.000	2.020.000	1.620.000	2.190.000	2.300.000	13
Çin	3.000.000	3.000.000	2.330.000	1.700.000	1.800.000	10
Brezilya	1.040.000	1.090.000	1.080.000	1.160.000	1.200.000	7
Gana	418.000	416.000	553.000	810.000	850.000	5
Hindistan	945.000	900.000	745.000	735.000	770.000	4
Ukrayna	422.000	410.000	425.000	735.000	740.000	4
Malezya	378.000	201.000	266.000	478.000	510.000	3
Meksika	236.000	220.000	206.000	212.000	220.000	1
Kazakistan	385.000	222.000	212.000	168.000	170.000	1
Diğer Ülkeler	866.000	671.000	723.000	892.000	840.000	5
Toplam	**17.800.000**	**17.500.000**	**15.700.000**	**17.300.000**	**18.000.000**	100

Türkiye Manganez Yataklarının Dağılımı ve Tipleri

Türkiye'nin çeşitli yerlerinde şu anda işletilmekte olan çok sayıda manganez rezervi olduğu bilinmektedir. Söz konusu bölgeler Doğu ve Batı Karadeniz, Trakya, Güneybatı Anadolu, Gaziantep, Bursa-Balıkesir, Denizli ve Erzincan'da yer almaktadır. Benzer şekilde, Öztürk (1993) Türkiye'deki manganez kaynaklarını bulundukları kayaç türleri ve jeolojik dönemlere göre dört farklı bölgeye ayırmıştır. (Şekil 12). Bunlar;

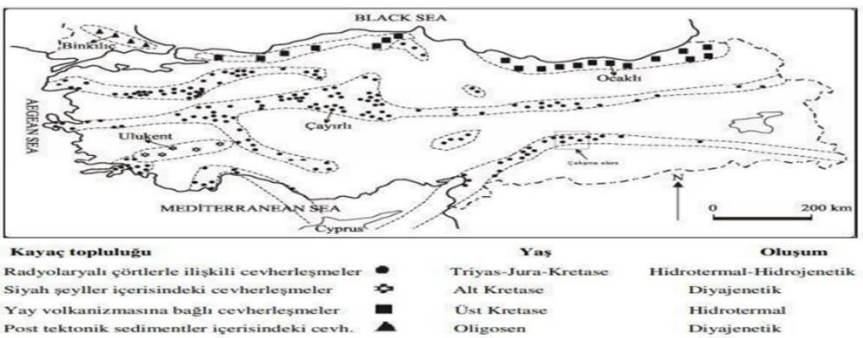
1. Radiolaryalı çörtlere yerleşmiş Mn yatakları,
2. Siyah şeyl serileriyle ilişkili Mn yatakları,

3. Volkanik yaylarla ilişkili Mn yatakları,

4. Oligosen yaşlı kayaçlar içerisinde oluşan Mn yatakları şeklinde sınıflandırılmıştır.

Türkiye'deki manganez yatakları, bulundukları yaş konağı, oluşumları, yan kayacın, kimyasal, mineralojik ve yapısal özelliklerine göre dört ana gruba ayrılırlar.

Birinci grup: Bu yataklar tipik olarak radyolarian çörtlerde hidrotermal ve hidrojenetik süreçlerle oluşur. Yüksek Mn=Si ve düşük Al-Fe içeriği ile karakterize edilen yataklar Paleotetis, Karakaya, İzmir-Ankara-Erzincan-Kars ve Güneydoğu Anadolu sutur kuşağı epitiyolitlerinde yaygın olarak bulunur. Çayırlı manganez yatağı, nispeten az rezervi olan en yaygın yatak türüdür (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 12. Türkiye'deki manganez yataklarının dağılımı ve tipleri (Öztürk, 1993'ten).

İkinci grup: Bu yataklar Batı Toros bölgesindeki Alt Kretase karbonatları arasında siyah şeyller içinde bulunur. Bu yataklarda bulunan mineraller öncelikle rodokrozit gibi manganez karbonatlar ve bunların oksitlenmiş formlarıdır. Bu yataklar önemli rezervleriyle bilinmektedir. En yaygın örnekleri Denizli-Ulukent ve

güney bölgelerinde görülebilir. Bu diyajenetik yatakların demir (Fe) içeriği radyolaryalı çörtlerle bağlantılı yataklarınkini aşmaktadır, ancak silisyum (Si) seviyesi nispeten düşüktür.

Üçüncü grup: Karadeniz kıyısı boyunca yaygın olarak bulunan yataklar arasında en önemlileri Ocaklı, Güce, Ebuhemşin ve Çiftliksancak'tır. Damar, stok ve katmanlı cevherleşme volkanik kayaçlar ve sonraki tortul tabakalar içinde farklı seviyelerde meydana gelir.

Dördüncü grup: Trakya Havzası ve Karadeniz çevresindeki Oligosen yataklarında yer alan Chiatura, Nikopol ve Varna, jeolojik oluşumları açısından benzerlikler göstermektedir. Ters dereceli pizolitik cevher oluşumu, transgresyon ve regresyon salınımlarının neden olduğu diyajenetik süreçlerin bir sonucudur. Bu cevher türü düşük bir Mn-Si yüzdesine sahiptir ancak önemli rezervlerle karakterize edilir (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Türkiye Manganez Rezerv, Üretim ve Ticareti

MTA tarafından maden arama çalışmaları için hazırlanan raporlarda ülkemizin hemen her bölgesinde manganez rezervlerinin varlığı tespit edilmiştir. Ancak bu yatakların büyük çoğunluğu düşük kaliteli ve sınırlı rezerve sahip olup, işletilmeleri ekonomik değildir. Sonuç olarak, küresel manganez üretimine katkımız oldukça önemsizdir (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

MTA tarafından 1980 yılında yapılan "Türkiye Manganez Envanteri" çalışmasında görünür, muhtemel ve potansiyel rezervler dahil olmak üzere tüm rezervin 5,2 milyon ton olduğu belirtilmektedir. "Cumhuriyet Dönemi Madenciliği" 2012 raporunda ise görünür ve muhtemel rezervler dahil olmak üzere toplam rezerv

4,5 milyon ton olarak belirtilmiştir. Rezerv verilerinin farklı kaynaklarda farklılık göstermesi, zamanında gerçekleştirilen üretimin kapsam dışı bırakılmasına, özel sektördeki rezerv farklılıklarına ve rezerv geliştirme çalışmalarındaki farklılıklara bağlanmaktadır (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Ülkemizdeki en önemli manganez rezervine sahip olan Denizli-Tavas-Ulukent yatağı 1990'lı yıllarda önemli miktarlarda üretim yapmıştır. Tesis faaliyette olduğu süre boyunca her yıl ortalama 20.000 ton ürün üretti. Bu üretimin büyük bir kısmı Erdemir, İsdemir ve Kardemir şirketleri tarafından kullanılmıştır.

MAPEG verilerine göre 2018 yılı için Türkiye'deki manganez cevheri üretimi tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Türkiye Manganez Rezervleri (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

İL	Görünür Rezerv
ADIYAMAN	7.509.723
ANKARA	71.898
ANTALYA	58.600
BALIKESİR	898.294
BURDUR	9.228.217
ÇORUM	5.080.939
DENİZLİ	20.451.259
ELAZIĞ	848.750
ERZİNCAN	139.381
ERZURUM	406.475
ESKİŞEHİR	18.930
İSTANBUL	2.622.198
KAHRAMANMARAŞ	59.859
KASTAMONU	50.000
KAYSERİ	270.440
KONYA	8.600.000
KÜTAHYA	963.033
MALATYA	346.284
MUĞLA	326.400
SİVAS	4.128.206
TOPLAM	**62.078.887**

2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
77.895	46.867	142.809	245.830	321.785	192.756	172.480

Veriler, cevher üretiminin en yüksek noktasına 2013 yılında 320 bin ton ile ulaştığını göstermektedir. Ancak üretim sürekli olarak azalmış ve 2016 yılında 46,8 bin tona, 2017 yılında ise 77,89 bin tona ulaşmıştır.

Türkiye'nin manganez ticaretinde, 26. Fasılda yer alan "manganez cevheri ve zenginleştirilmiş manganez cevheri" ithalatı yıllar boyunca önemli farklılıklar göstermeyerek nispeten istikrarlı bir seyir izlemiştir. Ancak, ihracatta kayda değer dalgalanmalar olmuştur. 2000'li yıllarda ihracatın değeri 23.000 $ olarak gerçekleşmiştir. Ancak 2008 yılında önemli ölçüde artarak 19 milyon dolara yükselmiş, 2009-2012 yılları arasında 7,5 milyon dolar ile 16 milyon dolar arasında dalgalanmıştır. En yüksek seviyeye 2013 yılında 46,7 milyon $ değerinde ihracatla ulaşılmıştır. 2013'ten sonraki dönemler Tablo 4'te verilmiştir. İthalat 2000-2007 yılları arasında 200.000 ila 400.000 $ arasında dalgalanırken 2008 yılında yaklaşık 1,6 milyon $'a ulaşmıştır. İthalat 2009 ve 2013 yılları arasında 450-650 bin dolar olarak gerçekleşmiştir. 2013'ten itibaren istatistikler tablo 4'te görülebilir (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Tablo 4. Manganez cevheri ve zenginleştirilmiş manganez cevheri ticaret değerleri (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Yıl	İhracat		İthalat	
	Miktar (kg)	Değer ($)	Miktar (kg)	Değer ($)
2014	125.113.326	13.704.492	565.364	410.226
2015	15.214.374	1.481.832	527.992	340.749
2016	36.174.441	3.223.802	394.896	249.259
2017	30.245.428	4.812.582	493.014	334.695
2018	49.407.122	**6.578.359**	711.250	**619.711**

Kaynakça

Eroğlu, G., Şahiner, M., 2019,’’Dünyada ve Türkiye’de Manganez’’, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, s.5-32.

Öztürk, H., 1993.’’ Türkiye Manganez Yatakları: Oluşumları ve Tipleri’’, İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

Teker Y., 2010.’’ Isparta Ve Burdur Yöresi Manganez Cevherleşmeleri İle Türkiye'nin Farklı Kökenli Bazı Önemli Manganez Yataklarının Jeolojik, Mineralojik Ve Jeokimyasal Özellikleri İle Oluşumlarının Karşılaştırılması’’, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

www.geology.com/-2019.

www.manganese.org/-2024.

http://metalpedia.asianmetal.com/-2021.

https://www.jxscmachine.com/new/manganese-ore-beneficiation/-2021.

https://www.virtualmicroscope.org/explore/-2021.

BÖLÜM V

Volkanojenik Cevher Yataklarının Oluşumu

Hüseyin SENDİR[1]

Giriş

Polimetalik büyük sülfür yatakları, metal bakımından zengin sıvıların denizaltı hidrotermal aktivitesi yoluyla salındığı batık volkanik bir ortamda oluşur. Bu yataklar merceksi ve/veya plaka şeklindedir ve deniz tabanında veya yakınında meydana gelir. Bu oluşumlar genellikle höyük şeklinde veya plaka şeklinde büyük sülfür minerali yataklarından oluşur. Bu birikintilere kısmen hizalanmış, hizalanmamış, birbirine bağlı veya altlarında yayılmış sülfür mineral katmanları eşlik eder. Bu oluşumlar genellikle silis bakımından zengin volkanik kayalar, magnezyum bakımından zengin kayalar ve/veya her ikisinin karışımına sahip kayalar ve tortul kayaların varlığında bulunur. Bu madenlerde bulunan birincil

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Orcid:0000-0001-7252-7117

kaynaklar bakır, çinko ve kurşundur; gümüş ve altın ise ikincil oluşumlardır. Ayrıca kalay, kadmiyum, antimon ve bizmut da mevcuttur (Akbulut, 2020).

Arkean'dan Miyosen'e kadar çeşitli jeolojik dönemlerde bulunan VMS yataklarının, okyanus ortası çukurlarda ve yay ortamlarında bulunan modern hidrotermal baca komplekslerinde (kara dumanlar) gözlemlenenlere benzer süreçlerle oluştuğuna inanılmaktadır. Özünde, yeraltı volkanik faaliyeti sırasında, yüksek konsantrasyonda sülfür içeren karmaşık hidrotermal sıvılar faylar ve kırık sistemleri yoluyla deniz tabanına taşınarak sülfit yataklarının oluşmasına neden olur. Mineralizasyon sürecini takiben, müteakip volkanik aktivite veya sedimantasyon meydana gelir ve bu da yatakların üzerinin örtülmesine neden olur. Bu yataklar tipik olarak ada yaylarının ve yay gerdirme bölgelerinin gelişimiyle karakterize edilen paleotektonik ortamlarda bulunur (Akbulut, 2020).

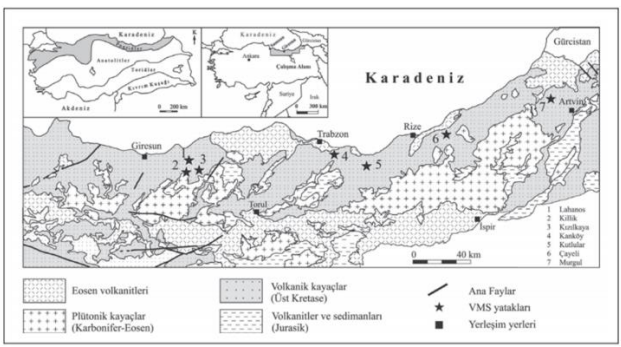
Kuzey Anadolu metalojenik kuşağının doğu bölümü olan Doğu Pontidler, 5 aktif volkanojenik masif sülfür (VMS) yatağının yanı sıra diğer yarı ekonomik yataklara ve prospektlere ev sahipliği yapmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Geç Kretase dönemine kadar uzanan VMS yatakları iyi korunmuş durumdadır. Metamorfizma geçirmedikleri için erken mineralizasyonla ilişkili yapısal ve dokusal özellikler sergilemektedirler. Bu özellikler onları Japonya'da (Kuroko tipi) ve Urallarda (Ural tipi) bulunan yataklarla karşılaştırılabilir kılmaktadır (Şekil 1) (Revan ve diğ., 2013).



Şekil 1. Doğu Karadeniz metalojenik kuşağında yer alan önemli bazı VMS yatakları (Revan ve diğ., 2013).

"Kuroko" maden yatakları önemli bir ekonomik değere sahiptir. "Kuroko" terimi, Japonya'da siyah kurşun çinko cevherinin uzun süredir kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, çok sayıda madende altın açısından zengin pirit ve kalkopiritten oluşan sarı cevherler de bulunmaktadır. İnce taneli bakır, pirit ve barit cevherlerinin oluşumu, riyolit kubbelerinin ekstrüzyonu sırasında deniz tabanındaki çatlaklardan hidrotermal aktivitenin bir sonucu olarak meydana gelmiştir. Hidrotermal akışkanlar cevher üretimi sürecinde 150 ila 350°C arasında değişen sıcaklıklara ulaşır. Kararlı su izotoplarının varlığı, %5 NaCl eşdeğerinden daha az tuzluluk oranına sahip çözeltilerin tuzlu sudan kaynaklandığını göstermektedir. Deniz suyu sülfür içerir ancak sülfürün bir kısmı magmatik kayaçlardan liç yoluyla salınır. Masif sülfür cevherlerinin alt duvarındaki hidrotermal alterasyon, ağın etrafında eşmerkezli zonlar halinde düzenlenmiştir. En içteki zon K-feldspat ve illitten oluşurken, dış zonlar montmorillonit ve zeolitlerden oluşur (Revan vd., 2013).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin tektonik kuşağı çoğunlukla Paleozoik metamorfitler ve bunları kesen granitik kayaçlardan oluşmaktadır. Bu bölgede, Geç Kretase dönemine ait bimodal felsik kayaçlarla bağlantılı VMS çökelleri bulunmaktadır. Altta yatan bu temel kayaçların üzerinde Paleozoyik dönemden Kuvaterner dönemine kadar uzanan önemli bir volkano-sedimanter kayaç dizisi bulunur. Bölgedeki Kretase çift modlu volkanizmasından kaynaklanan VMS çökelleri, bir ada yayı ortamında oluşan faylar tarafından yönetilen dairesel yapılar ve çöküntü alanları ile bağlantılıdır (Tüysüz, 2000). Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan tüm volkanik masif sülfit (VMS) yatakları, dasitik/ riyolitik kayaçların nispeten ince tabakaları içinde oluşmuştur. Bu yataklar farklı kalınlıklarda dasit, andezit, bazalt ve volkanosedimanter formasyon katmanları ile kaplıdır. Yataklar tipik olarak dasitik/riyolitik kayaçların en üst bölümünde veya bunların üzerindeki kayaçların alt bölümünde bulunur (Şekil 2) (Revan ve diğ., 2013).



Şekil 2. Doğu Karadeniz bölgesinin basitleştirilmiş bölgesel jeoloji haritası ve önemli VMS yataklarının konumu. İçteki haritalar Anadolu'nun tektonik kuşaklarını ve çalışma alanını gösterir (Revan ve diğ., 2013'ten)

VMS yatakları oluşum sırasında tektonik ortam ve jeolojik ortam grupları;

Mafik ilişkili: Bu yataklar öncelikle koyu renkli kayaçlar içerir ve genellikle ofiyolit dizileri ile ilişkilidir. Örneğin, Kıbrıs ve Umman'daki ofiyolitler.

Bimodal-Mafik: %25'e kadar Felsik volkanik malzemelerin varlığı ile karakterize edilir. Noranda yatağı örnek olarak verilebilir.

Mafik-silikiklastik: Magnezyum ve demir açısından zengin olan mafik mineralleri içeren bir kaya veya tortu türünü ifade eder. Bileşimi sıklıkla mafik ve ultramafik kayaçları içerir. Genellikle metamorfik kayaçlarla bağlantılıdır. Japonya örneğinde olduğu gibi.

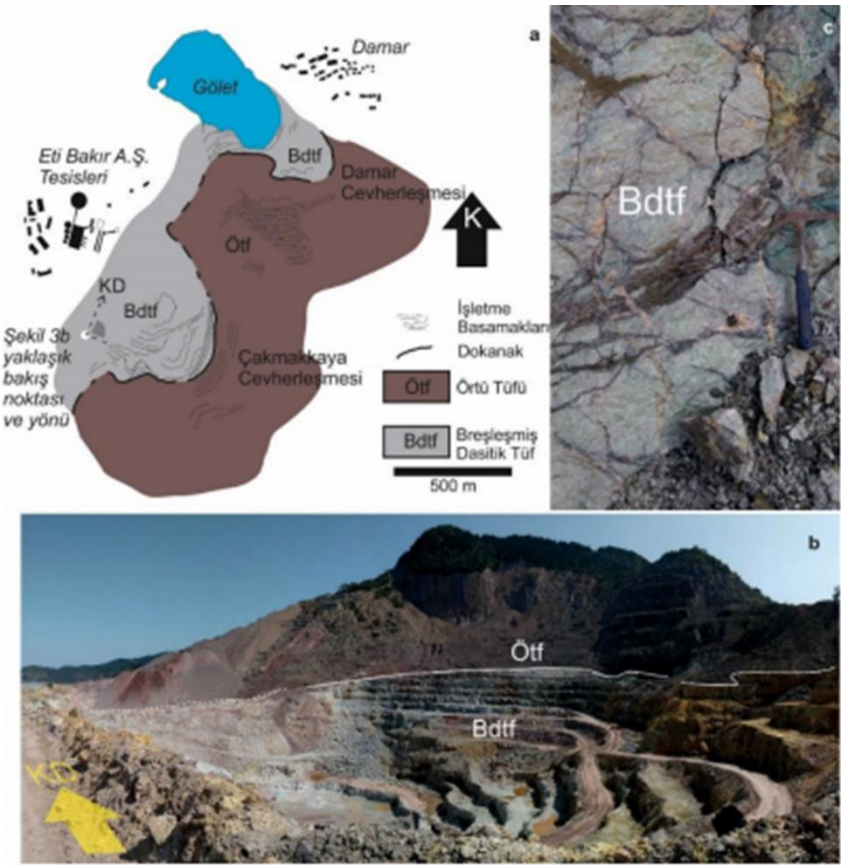
Felsik-silikiklastik: Hem felsik hem de silikiklastik bileşenlerden oluşan bir kaya veya tortu türünü ifade eder. Alan çoğunlukla önemli miktarda felsik malzeme ve %10'dan az mafik malzeme içeren silikiklastik tortul kayaçlardan oluşur. Örnek olarak Kanada, İspanya ve Portekiz verilebilir.

Bimodal-Felsik: Önemli oranda mafik kayaçlarla karakterize edilen Volkanojenik Masif Sülfür (VMS) yataklarını kapsar. Nihayetinde Kuroko tipi bir yatak oluşur. https://tr.wikipedia.org/wiki/Volkanojenik_masif_s%C3%BClfid_cevher_yata%C4%9F%C4%B1

Ülkemizde Bulunan Yataklara Örnekler

Murgul Bakır Yatağı: Doğu Pontidler'in en doğu bölgesinde, Gürcistan sınırına yakın bir konumda, Artvin ilinin Murgul ilçesine bağlı Damar köyünün güneybatısında yer almaktadır. İşletme, kuzeyde Damar (Anayatak) ve güneyde

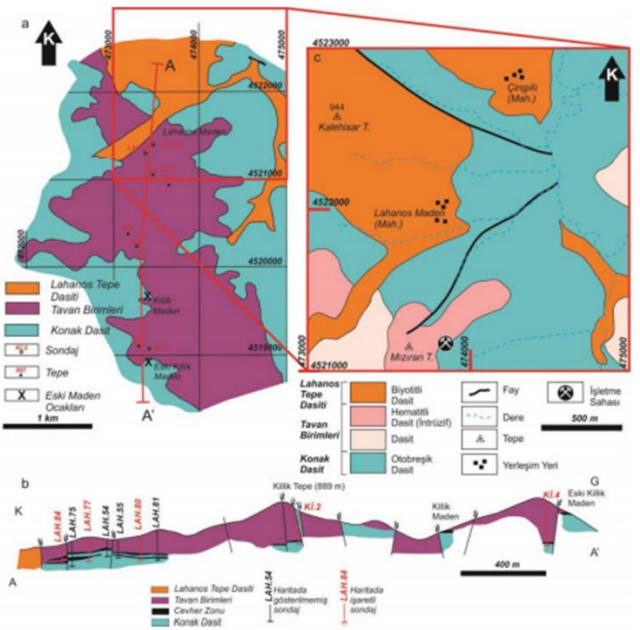
Çakmakkaya olmak üzere iki maden yatağının varlığı nedeniyle açık ocak madeni olarak sınıflandırılmaktadır. Üretim yalnızca Çakmakkaya maden yatağında gerçekleşmektedir. Gökçe, Çakmakkaya ve Damar cevherleşmelerinde bulunan kayaçları sırasıyla andezitik lav, breşleşmiş dasit tüf, örtü tüfü ve porfir dasit olarak sınıflandırmaktadır. Çakmakkaya cevherleşmesindeki birincil cevher, "Brecciated Dacitic Tuff" birimi içinde bir ağ ve dağınık bir düzende bulunur. Bu birim yüzeyde açık yeşilimsi beyaz renkte görünür. Cevher zonu, bordo-mor ayrışmış yüzey rengini alan ve "mor tüf" olarak da bilinen bir tüf tabakası ile kaplıdır (Şekil 3) (Akbulut, 2020).



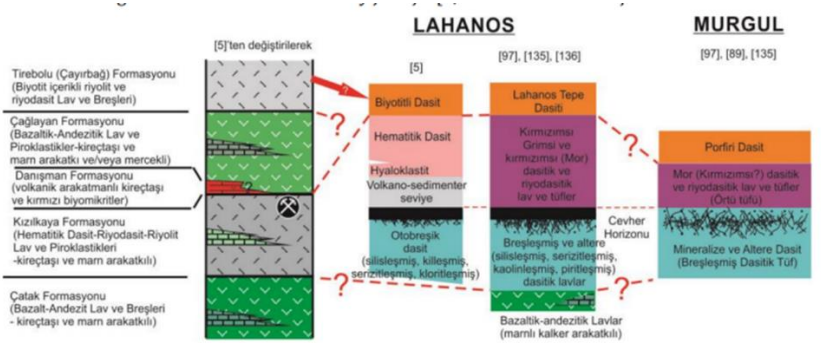
Şekil 3. (a) Murgul Cu Yatağı basitleştirilmiş jeoloji haritası, (b) 3a'da gösterilen yaklaşık bakış noktasından konak breşleşmiş dasit tüf içindeki Çakmakkaya cevherleşmesinin ve örtü tüfün dokanağının kuzeydoğuya doğru görüntüsü, (c) Breşleşmiş dasit tüf içinde gözlenen stokvörk damarcıklar ve saçınım şeklindeki cevherleşme (Akbulut, 2020).

Lahanos Bakır Yatağı: Doğu Pontid metalojenik bandının en batı bölgesinde, Giresun ili sınırları içerisinde yer alan Lahanos yatağı, Murgul yatağına benzer şekilde çoğunlukla bakır (Cu) içeriğine göre değerlendirilmektedir. Lahanos masif cevheri,

Kızılkaya Formasyonu olarak bilinen volkanosedimanter formasyonun üst kesimlerinde yer almaktadır. Bu formasyon, dasit-riyolitlerin yanı sıra arakatkılı marn ve kireçtaşı içeren dasit-riyodasit-riyolitlerden oluşmaktadır. Lahanos cevher yatağı, özellikle "yatak dasiti" olarak da adlandırılan otokresik dasitik lavlarla karakterize edilen "Konak Dasiti" içinde bulunur. Aynı zamanda ana kaya olarak da işlev gören alttaki dasitik kayaçları örten büyük cevher yatağı silisleşme, killeşme, serisitleşme ve kloritleşme sergilemektedir. Bu yatak çoğunlukla bakır (Cu) ve çinko (Zn) içeriği bol olan piritik bir kütleden oluşur (Şekil 4, Şekil 5) (Akbulut, 2020).

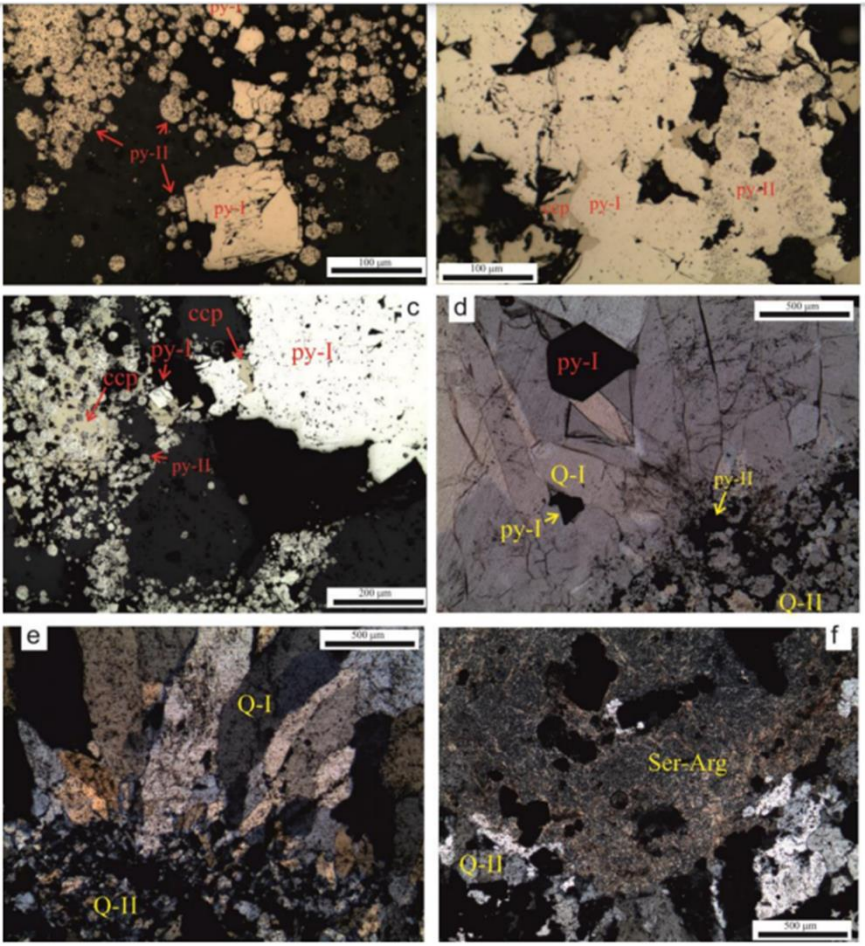


Şekil 4. (a) Lahanos Cu yatağı jeoloji haritasu, (b) Sondajlardan ve yüzey jeolojisinden yararlanarak oluşturulmuş A-A' kesiti, (c) 4a'daki gösterilen 4 km'lik alanın detay jeolojisi (Akbulut, 2020).



Şekil 5. Lahanos ve Murgul yataklarının litostratigrafisinin Doğu Pontidler magmatik yayının genelleştirilmiş kolon kesiti ile deneştirilmesi. Deneştirmede kullanılan kolon kesitlerin kaynakları ilgili kesitlerin üzerinde verilmiştir (Akbulut, 2020).

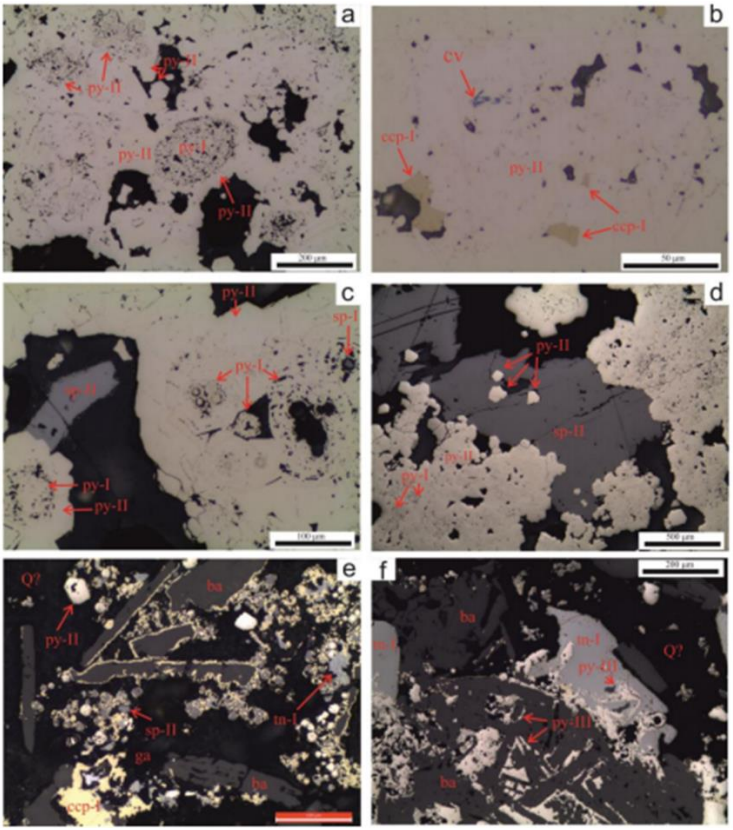
Murgul Bakır Yatağı Mineralojisi: Yapılan çalışmalar, galen, sfalerit ve fahlerz grubu minerallerin lokalize oluşumları ile esas olarak pirit ve kalkopiritten oluşan bir parajenezin varlığını ortaya koymuştur. Ayrıca, aikinit, hesit, tetradimit, klusthalit, nabit, altın, stutzzit, bitantit ve bi-selenotellürit gibi küçük fazlar görülmüştür. Cevherleşmenin ilk aşaması, kuvars ve serisitin yanı sıra ilgili bir argillik alterasyonun varlığı ile karakterize edilen bir fillik alterasyon ile bağlantılıdır. Mineralleşmenin sonraki aşaması, esas olarak kuvars ve jasper varlığı ile karakterize edilen güçlü bir silisik alterasyon ile ilişkilidir. Cevher ve gang minerallerinin parajenezi daha az karmaşıktır. Parlak ve ince kesitlerde gözlemlenen parajenez pirit, kalkopirit, bornit, kovellit, sfalerit, kuvars, serisit ve iki farklı aşamada ve dokuda oluşmuş kil minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 6) (Akbulut, 2020).



Şekil 6. Murgul yatağından alınan cevherleşme örneklerinden ince ve parlak kesit fotoğrafları. (a) Öhedral/subhedral piritler ve onları ornatan framboyidal piritler, (b) ve (c) Öhedral/subhedral piritlerin framboyidal piritler ve kalkopirit tarafından ornatımı, (d) ve (e) tarak dokulu ve iri taneli kuvars, konak kayacın yoğun silisleşmesi ile oluşan yap-boz dokulu orta-ince taneli kuvars ve eşlik eden cevher mineralleri, (f) silisleşme öncesi erken evre alterasyonu ile ilksel feldspatlardan gelişen serizitleşme ve arjilikleşme. Yansıyan ışık görüntüleri havada ve tek nikolde,

polarizan mikroskop görüntülerinden sadece 6d paralel, diğerleri çapraz nikolde alınmıştır (Akbulut, 2020).

Lahanos Bakır Yatağı Mineralojisi: Yürütülen çalışmalar sırasında çoğunlukla demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve kurşun (Pb) sülfürlerin yanı sıra yer yer arsenit fazlarının oluşumundan bahsedilmektedir. Geniş cevher yatağının alt derinliklerinden toplanan numuneler esas olarak pirit bakımından zengin mineralizasyondan oluşmaktadır. Bu süreç, zaman zaman süngerimsi veya framboyit benzeri görünen geniş konsantrik ve bantlı agregalar şeklinde piritlerin (pirit-I) varlığı ile başlamıştır. Bunu, bu agregatların subhedral-ehedral ve daha büyük taneli piritlerin (pirit-II) birikimi ile dönüşümü izlemiştir. Kalkopirit (kalkopirit-I) ve nadir mineral kovellit üretimi, ilk aşama piritleri çevreleyen alt yüzlü-ehedral piritler tarafından oluşturulan oyuk yapı içinde tespit edilebilir (Şekil 7) (Akbulut, 2020).



Şekil 7. (a) Lahanos yatağında gözlenen konsantrik ve bantlı, yer yer süngerimsi ve/veya framboyid benzeri toplanımlar şeklinde piritlerin öhedral-subhedral şekilli piritler tarafından ornatımı, (b)öhedral-subhedral piritlerin kalkopirit ve kovellin (cv) tarafından ornatılması, (c) çekirdeğinde subhedral sfalerit ve gang (kuvars?) bulunan konsantrik ve bantlı piritlerin öhedral-subhedral pirit ve anhedral sfalerit tarafından ornatımı, (d) Anhedral sfaleritin öhedral-subhedral piritleri ve bunların çekirdeğindeki konsantrik ve bantlı piritleri ornatımı, (e) Olasılıkla kuvars ve öhedral-subhedral piritten sonra gelişmiş baritin (ba) çeşitli cevher mineralleri tarafından ornatımı (f) Baritin (ba) kolloform ve yer yer iskeletik formdaki üçüncü bir pirit fazı ve tenantit tarafından ornatılması..

Kaynakça

Akbulut, M., 2020. Murgul ve Lahanos Volkanojenik Masif Sülfür (VMS) Cevherleşmelerinin Cevher Mineralojisi (KD Türkiye): Doğu Pontidlerin Zıt Uçlarında Yer Alan İki Cevherleşmenin Karşılaştırılması. DEU FMD, 117-136.

Revan, M.K., Geçn, Y., Maslennıkov, V.V., Ünlü, T., Delibaş, O., Hazmaçebi, S., 2013. Doğu Karadeniz Bölgesi (KD Türkiye) Volkanojenik Masif Sülfid Yatakları Cevher Fasiyeslerine ait bazı özgün bulgular. MTA Dergisi, 147: 73-90.

Tüysüz, N., 2000. Geology, Lithogeochemistry and Genesis of the Murgul massive sulfide deposit, NE-Turkey. Chemie der Erde 60, 231-250.

https://tr.wikipedia.org/wiki/Volkanojenik_masif_s%C3%BClfid_cevher_yata%C4%9F%C4%B1

BÖLÜM VI

Bazı laboratuvar cihazlarına ait gürültünün iki boyutlu modellenerek değerlendirilmesi: İnönü Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarı

Mustafa BİRİNCİ[1]
Cumali FIRAT[2]
Engin ÖZDEMİR[3]

Giriş

Artan nüfus ve tüketim ihtiyaçlarına ait talebin karşılanması için dünya genelinde çalışma alanları sürekli olarak genişlemektedir. Bu talebin karşılanması için hem insan hem de makine ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu durum ise iş sağlığı ve güvenliğini açısından yeni riskler meydana getirmektedir. İşyerinde işin yapılması sırasında ya da iş ortamı veya çalışma çevresi koşulları nedeniyle işçilerin karşılaştıkları bütün risklerin ortadan kaldırılması

[1] Doç, Dr., İnönü Üniversitesi, İnönü Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, ORCID ID: 0000-0002-1954-7837
[2] İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği ABD, ORCID ID: 0000-0000-0000-0000
[3] Doç. Dr., İnönü Üniversitesi, Malatya MYO, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, ORCID ID: 0000-0002-6043-0403

veya azaltılması için alınması gereken önlemlere yönelik sistemli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışanların, çalışma hayatları boyunca karşılaştıkları en fazla fiziksel risklerden biriside gürültüdür. Gürültü sözlük anlamıyla; istenilmeyen ve hoşa gitmeyen ses şeklinde tanımlanmaktadır. Gürültü, işitme kaybı, kalp ritim sayılarının yükselmesi, sindirim sistemi yavaşlaması, baş dönmesi, reflekslerde azalma, göz bebeklerinde büyüme, derinin elektriksel dayanıklılığının düşmesi, kolesterolün yükselmesi ve böbrek üstü bezlerde hormon artışı gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Eleftheriou, 2002; Frank vd., 2003; Fujiwara vd., 1997; Gaja vd., 2003) .

Gürültü ölçümleri iki türden oluşmaktadır. Bunlar kişisel gürültü maruziyeti ölçümü ve ortam gürültü ölçümüdür. Kişisel gürültü maruziyeti ölçümü, bir gürültü ölçüm cihazı ile gürültüye maruz kalan çalışanın kulağına yakın yerleştirilen bir mikrofon aracılığı ile (dozimetrenin) kişisel gürültü maruziyet değerinin ölçülmesi ve elde edilen ölçüm değerlerinin raporlanmasıdır. Ortam gürültü ölçümü ise, bir gürültü ölçüm cihazı kullanılarak gürültü maruziyetinin yaşandığı mekânda belirli bir süre durularak alınan ölçüm değerlerinin raporlanmasıdır. Raporlamalardan sonra ortam gürültü ölçümleri yapılan koordinatlar çalışılan mekânın yerleşim planında gösterilir ve hesaplanan değerler kullanılarak gürültü haritaları çıkarılır. Sürekli olarak gürültüye maruz kalmak çalışan personellerde işitme organına etki edebilmekte, kısmı veya kalıcı olarak işitme kayıplarına neden olabilmektedir. Burada etkinin şekli ve düzeyi gürültünün frekansına, spektrumuna, akustik basıncına, süresine, çalışma süresi içindeki dağılımına ve çalışan personelin

seslere karşı gösterdiği duyarlılığa bağlı olarak değişebilmektedir (Cui vd., 2003; Ayr vd., 2003; Bennett, 1991; Arıtan vd., 2017).

Gürültünün şiddetini ölçebilmek amacıyla kullanılan aletlere ses ölçer, sonometre veya ses seviye metre gibi isimler verilmektedir. Bu cihazlar, gürültünü şiddetini desibel olarak verebilmektedir. Genel olarak bu cihazlarda A, B ve C olmak üzere üç farklı filtre bulunmaktadır. Bu filtrelerin kullanım amacı, gürültünün şiddetinin insan kulağı tarafından algılandığı şekliyle ölçülmesini sağlamaktır. Cihazlarda A filtresi kullanıldığı zaman sesin şiddeti dB(A), B filtresi kullanıldığı zaman sesin şiddeti dB(B) ve C filtresi kullanıldığı zaman sesin şiddeti dB(C) türünden ölçülmektedir. Cihazlarda A filtresi kullanılarak yapılan ölçümler insan kulağının duyumuna en yakın karşılığı verdiğinden dolayı, gürültünün insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri araştırılırken genel olarak A filtresi kullanılmaktadır. Ses dB(A) türünden ölçülmektedir ve bu skala logaritmik yapıya sahiptir. Duyma sınırı/eşiği 0 değerinde olup 120–130 dB(A) değer aralığı ise ağrı eşiği olarak bilinmektedir (Kumarı vd., 2015; Jain vd., 2017; Sellappan ve Janakiraman, 2014). Genelde, 85 dB'in üstü gürültü düzeylerinde zamanla meydana gelen işitme rahatsızlıkları oluşmaktadır (Morova vd., 2010). Gürültünün azaltılması veya kontrol altına alınmasına yönelik en çok tercih edilen dB(A) filtresi, incelenen ses yüksekliğinin subjektif açıdan değerlendirmesi ile de ilişkilidir. Günümüzde A filtreli ses düzeyi ağırlık eğrisi, her ses düzeyi için, duyma bozukluğu ve sesin insan sağlığında meydana getirdiği zararlar bakımından insanların gürültüye karşı verdikleri tepkileri tespit etmekte en çok başvurulan eğridir (Güvercin ve Aybek 2003; Atak 2017).

Bazı araştırmacılar eğitim kurumlarında meydana gelen gürültüyü analiz etmişlerdir. Özbıçakçı vd., (2012), İzmir ilinde bulunan bir ilkokulda bulunan koridorlardaki ve dersliklerdeki hem gürültü düzeylerini belirleyebilmek hem de gerekli duyarlılığı kazandırabilmek amacıyla birtakım çalışmalar yapmışlardır. Öncelikli olarak ilkokulda bulunan öğrencilere gürültü kaynakları ve bunların azaltılmasına yönelik eğitimler vermişlerdir. Eğitimden önceki ve sonraki gürültü ölçümlerini ders ve teneffüs zamanlarında sonometre aracılığı ile yapmışlardır. Eğitimlerin öncesinde koridorlardaki gürültü düzeylerini en düşük 80.75 dB, en yüksek 87.25 dB olarak tespit etmişlerdir. Verilen eğitimlerin sonrasında yapılan gürültü düzeyi ölçümlerinde bu değerlerin sırasıyla 80.25 dB, 84.50 dB olduğunu tespit etmişlerdir. Çetinkaya vd., (2014), Uşak ilinde bulunan ve okul öncesi eğitim vermekte olan 10 kurumdaki dersliklerde, oyun alanlarında ve yemekhanede gürültü ölçümleri alarak bu kurumlarda çalışan öğretmenlerin gürültüye maruz kalma durumlarını değerlendirmişlerdir. Gürültü ölçümlerini hem kişisel gürültü maruziyeti hem de ortam gürültü şiddeti dozimetreleriyle yapmışlardır. Kişisel dozimetreyle yaptıkları ölçümlerde öğretmenlerin derslik alanlarında ortalama olarak 87.45, oyun alanlarında ortalama 89.28 ve yemekhanelerde ise ortalama 84.15 dB gürültüye maruz kaldıklarını bildirmişlerdir. Ortam dozimetresiyle yaptıkları ölçümlerde öğretmenlerin derslik alanlarında ortalama 82.18 dB, oyun alanlarında ortalama 86.85 dB, yemekhanelerde ise ortalama 81.18 dB gürültüye maruz kaldıklarını tespit etmişlerdir. Abakay ve Bulunuz (2018), okul içi ve okul dışı gürültü düzeylerinin karşılaştırılması amacıyla Bursa ilinin Orhangazi ilçesinde bulunan 3 ilkokul, 3 ortaokul ve 4 lisede bazı

çalışmalarda bulunmuşlardır. Elde ettikleri verilere göre çalışma yaptıkları tüm birimlerde iç ortamdaki gürültü düzeylerinin yönetmelikte ifade edilen değerlerden farklı olduğunu, dış ortamın gürültü düzeylerindeyse sadece bir okulda ölçülen değerin yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin altında kaldığını tespit etmişlerdir. İç ortamın ve dış ortamın gürültü düzeylerinin ortalamalarını karşılaştırdıklarında ilkokullarda ölçülen gürültü düzeylerinin 72,83 dB ortalamayla en gürültülü okul türü olduğunu, liselerde ölçülen gürültü düzeylerinin 70,14 dB ortalamayla en az gürültülü okul türü olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak yapılması düşünülen yeni birimlerin yerlerinin seçiminde şehir merkezinden uzakta ve gürültü düzeylerinin düşük olacağı alanların seçilmesini önermişlerdir.

Günümüzde çevresel problemlerden biri olan gürültü insan kulağına hoş gelmeyen ve istenmeyen ses olarak tanımlanır. Gün geçtikçe artan gürültü kirliliğini azaltmak için çeşitli çalışmalar yapılmakta ve toplumsal alanlarda gürültü düzeylerinin tespit edilebilmesi için ölçümler yapılmaktadır. Bu çalışmada, İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği öğrencileri ve öğretim üyeleri tarafından aktif kullanılan Kaya Mekaniği laboratuvarı ortamındaki gürültü seviyesini tespit etmek için gürültü ölçümü yapıldı. Gürültü ses düzeyi dB biriminde doğrudan ölçebilen Svantek 971 ölçüm cihazı (sonometre) kullanılmıştır. Kaya mekaniği laboratuvarında, çalışır durumdayken diğer makine-cihazlara oranla çok daha fazla gürültü kirliliği yaratan ve rahatsız edebilecek düzeyde ses çıkaran Los Angeles aşındırma cihazı, elek sallama cihazı ve çeneli kırıcının gürültü değerleri ölçüldü. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen gürültü değerlerinin iki boyutlu haritalandırılması Surfer 16

çizim programı kullanılarak yapıldı. Bu üç cihaza ait gürültü verileri iki boyutlu haritalandırma yapılarak yorumlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kaya mekaniği laboratuvarında, çalışır durumdayken diğer makine-cihazlara oranla çok daha fazla gürültü kirliliği yaratan ve rahatsız edebilecek düzeyde ses çıkaran makineler-cihazlar tespit edildi. Bu makineler-cihazlar; Los Angeles aşındırma cihazı, elek sallama cihazı ve çeneli kırıcıdır (Şekil 1). Gürültü analizi için, risk değerlendirilmesi çalışmaları kapsamında öncelikli olarak gürültü ölçümleri alınacak olan makinaların-cihazların bulunduğu laboratuvarın krokisi çıkarılmıştır. Laboratuvarda bulunan makine-ekipmanların konumları ve isimleri hazırlanan kroki üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2). Gürültü ölçümleri için gürültü kaynağı olan makine ve cihazlardan belirli uzaklıklarda farklı ölçüm bölgeleri/alanları belirlendi. Ölçüm bölgeleri belirlenirken özellikle laboratuvar çalışanlarınca en çok ve sıklıkla kullanılan alanlar dikkate alındı. Makine ve cihazların, gürültü ölçümü alınan bölgelere olan uzaklıklarının hesaplanabilmesi amacıyla laboratuvar alanı içerisinde bir koordinat ekseni oluşturuldu. Gürültü ölçümleri alınacak olan ve listelenen makine ve cihazlar için daha önceden planlanıp tasarlanan alanlar içerisinde, belirli ölçüm standartlarında (TS ISO 1996-2 standardında/ ölçüm süreleri 5 dakika olan en az 3 ölçüm) ve olağan çalışma şartlarında (kapı ve pencereler açık durumda) alındı. Los Angeles aşındırma cihazı ve elek sallama cihazı için 5, laboratuvar tipi çeneli kırıcı için 3 ölçüm alanı belirlendi. Belirlenmiş olan ölçüm alanları içerisinde 3 tekrarlı ölçüm yapılmıştır ve her bir ölçüm süresi 5 dakika alındı.



Elek Sallama Cihazı ve teknik bilgileri

- Ağırlık: Yaklaşık 100 kg
- Otomatik eleme süresi: 60 dakikaya kadar ayarlanabilmektedir.



Los Angeles Aşındırma Cihazı ve teknik bilgileri

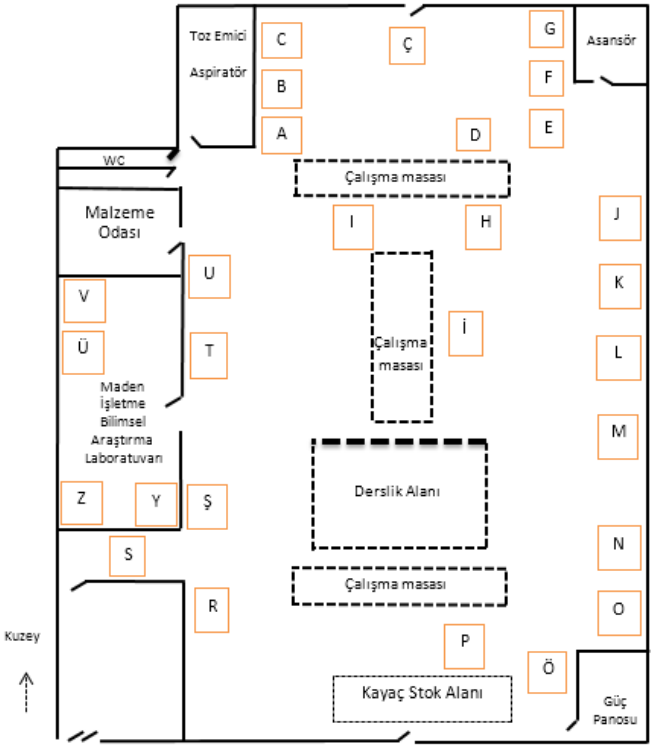
- Ağırlık: Yaklaşık 350 kg
- İç çap: 711 mm
- İç uzunluk: 508 mm
- Tambur hızı: 31-33 devir/dk
- Otomatik sayacın varlığı: Mevcut
- Sabitleme mekanizması: Mevcut



Laboratuvar Tipi Çeneli Kırıcı ve teknik bilgileri

- Ağırlık: Yaklaşık 150 kg
- Ağız Açıklığı: 12 cm (sabit)
- Çıkış Açıklığı: 2 cm (değiştirilebilir)
- Kırma Kapasitesi: yaklaşık < 150 kg/h

Şekil 1. Gürültü ölçümünde kullanılan makineler-cihazlar ve bunlara ait teknik bilgiler



A: Bilyeli Değirmen	J: Etüv	T: Böhme Aşındırma Cihazı
B: Değirmen Döndürücü	K: Eğilme Dayanımı Test Cihazı	U: Humphrey Spirali
C: Elek Sallama Cihazı	L: Eğilme ve Basma Dayanımı Test Cihazı	Ü: Donma Çözünme Kabini
Ç: Laboratuvar Tipi Çeneli Kırıcı	M: Hidrolik Pres Cihazı	V: Özgül Ağırlık Sehpası
D: Basınçlı Hava Kompresörü	N: Suda Dağılma Deneyi Cihazı	Y: Dik Tip Laboratuvar Buharlı Sterilizatörü
E: Merdaneli Kırıcı	O: Karot Düzleştirme Makinesi	Z: Tek Eksenli Basma Dayanım Cihazı
F: Çekiçli Kırıcı	Ö: Karot Alma Makinası	
G: Jig	P: Blok Kesme Makinesi	
H: Hidrosayzır	R: Los Angeles Aşındırma Cihazı	
I: Sarsıntılı Masa	S: Hidrosiklon	
İ:Peletleme Makinesi	Ş: Darbe Dayanım Testi Cihazı	

Şekil 2. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı laboratuvara ait kroki ve bu laboratuvara ait mevcut makine-teçhizat listesi

Ölçümler makine ve cihazların normal çalışma koşullarında alınmıştır. Los Angeles aşındırma cihazına -16 +10 mm boyutunda ve 5 kg ağırlığında kalker numunesi (Malatya Bej) beslenerek gerçek çalışma koşullarında gürültü ölçümü yapılmıştır. Elek sallama cihazı için ise Cafana-Malatya sahasına ait kurşun-çinko cevheri 106 µm açıklığa sahip elekten elenirken gürültü ölçümleri alındı. Benzer şekilde laboratuvar tipi çeneli kırıcı için parçalanmış karot örnekleri (Malatya Bej) kullanılmış ve bu kırılma anında gürültü ölçümleri alındı.

Gürültü ölçümünde Svantek 971 marka gürültü ölçüm cihazı (sonometre) kullanılmıştır (Şekil 3). Bu cihaz ile gürültü ses düzeyi dB biriminde doğrudan ölçülebilmektedir. Sonometre yerden yaklaşık 1-1,5 metre yükseklikte ve dikeye yakın pozisyonda tutulmuş ve önceden belirlenen ölçüm alanı içerisinde gezdirilerek ölçümler alınmıştır.



Şekil 3. Gürültü ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı

Gürültü ölçümlerinin haritalandırılması amacıyla Surfer 16 (Golden Software Co.) çizim programından yararlanılmıştır. Bu programda haritalandırma yapılırken gürültünün etki alanlarının belirlenebilmesi ve bütünsellik açısından genel yapının ortaya çıkarılması amacıyla belirlenimci (deterministik) bir yöntem olan mesafenin tersi ile ağırlıklandırma (Inverse Distance to a Power) metodu kullanılmıştır. Gürültü ölçümleri alınan makine ve cihazlar için ayrı ayrı renklendirme yöntemi ile iki boyutlu haritalar çizilmiştir.

Mesafenin tersi ile ağırlıklandırma yöntemi sadece komşu noktalardan tahminler ürettiği için ara değer kestirim metodudur. Mesafenin tersi ile ağırlıklandırma yöntemi, noktaların birbirlerine olan mesafelerini ağırlık hesabında kullanarak, bilinmeyen noktaların tahminini ortaya koyar. Bu yöntem enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Bu yöntemin kullanılan ağırlık formülüne göre farklı Shepard yöntemleri uygulanabilir. Shepard (1968) veri noktalarının değerlerinin ağırlıklı ortalamasına dayalı yüzey üreten bir enterpolasyon yöntemi ortaya koymuştur. Orijinal Shepard yönteminin veri noktalarına ilişkin ters mesafe fonksiyonu Eşitlik 1'de belirtilmiştir (Shepard, 1968; Kazancı ve Kayıkçı, 2015);

$$f(x,y) = \sum_{i=1}^{n} W_i \; f_i \qquad (Eşitlik\ 1)$$

Burada *n* yüzeydeki dayanak nokta sayısını ve *fi* dayanak noktalarındaki bilinen veri değerlerini gösterir. w_i değerinin ise

ağırlıkları orijinal Shepard yöntemine göre hesaplanışı Eşitlik 2'de verilmiştir (Shepard, 1968; Kazancı ve Kayıkçı, 2015).

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}^p}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_{ij}^p}} \qquad \text{(Eşitlik 2)}$$

Burada p, kullanıcı tarafından 0 ila 5 değişen sayılardan seçilen bir değer olup power function (gün fonksiyonu) olarak adlandırılır. Shepard yönteminin literatürde uygulamalarında p değeri genellikle 2 olarak alınmaktadır. p=2 olarak uygulanan Shepard yöntemi, Ters Kare Mesafesi (Inverse Square Distance (IDS)) olarak da adlandırılmaktadır. d_i, enterpolasyon noktasından dayanak noktasına olan mesafedir ve üç boyutlu konumlar için hesaplanışı Eşitlik 3'de verilmiştir (Shepard, 1968; Kazancı ve Kayıkçı, 2015).

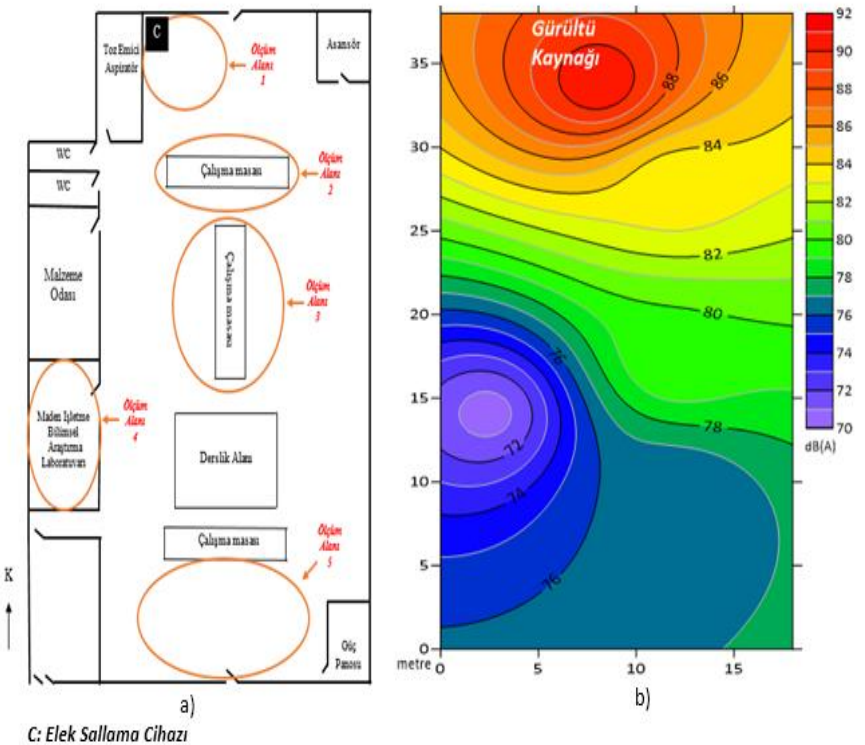
$$d_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \qquad (Eşitlik\ 3)$$

3. Araştırma Bulguları

Fazla gürültü kirliliği yaratan ve rahatsız edebilecek düzeyde ses çıkaran Los Angeles aşındırma cihazı, elek sallama cihazı ve çeneli kırıcının gürültü değerlerine ait iki boyutlu haritası Şekil 4-6'da verilmiştir. Şekil 4. incelendiğinde, en yüksek gürültü düzeylerinin beklenildiği gibi gürültü kaynağı çevresinde (kırmızı renkli alan içerisinde) olduğu görülmektedir. Laboratuvar alanı içerisinde hesaplanan maksimum gürültü seviyesi 92 dB(A) ve minimum gürültü seviyesi 70 dB(A) olarak belirtilmiştir. "Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair

Yönetmelik"te belirtilen gürültü maruziyet sınır değer olan 87 dB(A) göz önüne alındığında, laboratuvar alanının çok büyük bir bölümünde bu değerin altında ölçümler alınmıştır. Gürültü kaynağına çok yakın bölgelerde (1-3 m mesafe) maruziyet sınır değerin aşıldığı görülmektedir. Bu değerin üzerindeki gürültü izohips eğrileri incelendiğinde, toplam laboratuvar alanının (~650 m^2) yaklaşık %10'luk kısmına tekabül eden 60-65 m^2'lik bir alanda maruziyet sınır değerin üzerinde gürültü meydana gelmektedir. Gürültü kaynağının katalog bilgilerinde maksimum gürültü seviyesiyle ilgili herhangi bir bilgiye rastlanılmadığından, bu gürültü değerinin cihazın doğal gürültü seviyesi olup olmadığı hakkında bir yorum yapılamamaktadır. Ancak cihazın uzun yıllar boyunca yoğun bir şekilde çalıştırılmış olması ve ayrıca cihazın yerleştirildiği konum itibari ile kapalı bir alan içerisinde olması gürültü seviyesini arttırıcı etki oluşturabileceği düşünülmektedir.

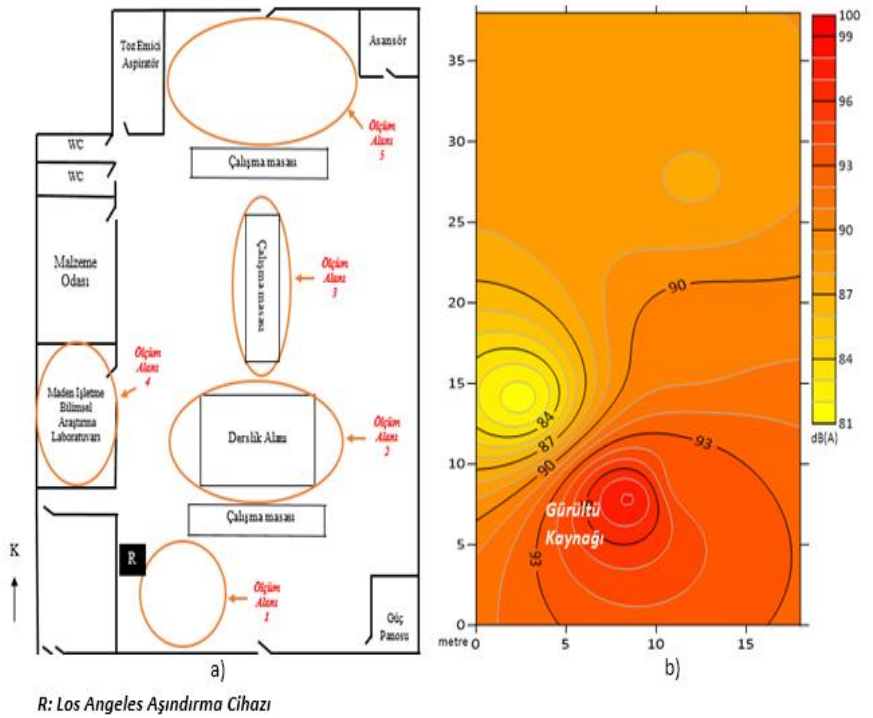
Yönetmelikte en yüksek ve en düşük maruziyet eylem değeri 85 ve 80 dB(A) verilmektedir. Bu değerlere gürültü kaynağından takriben 10 ile 15m uzaklıkta ulaşılmıştır. Şekil 4.1(b) incelendiğinde, laboratuvar alanının neredeyse yarısından daha fazlası 80 dB(A)'nın altında gürültüye maruz kalmaktadır. Gürültü düzeyi açısından çalışma alanı içerinde 74-70 dB(A) değerlerinin tespit edildiği en güvenilir bölgenin (mavi alan) gürültü kaynağından yaklaşık olarak 20 m uzaklıkta bulunan Maden İşletme Bilimsel Araştırma Laboratuvarı olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi, kaynaktan ortama yayılan ses dalgalarının mesafeye bağlı olarak etkisini kaybetmesi ile kapalı bir ortama nüfuz etmekte zorlanması şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 4. Elek Sallama Cihazına ait gürültü ölçüm alanları (a) ve gürültü haritası (b)

Şekil 5.'teki gürültü haritası incelendiğinde, laboratuvar ortamındaki en yüksek gürültü düzeylerinin gürültü kaynağı çevresinde olduğu görülmektedir. Laboratuvar alanı içerisinde hesaplanan maksimum gürültü seviyesi 100 dB(A) ve minimum gürültü seviyesi 81 dB(A) olarak belirtilmiştir. Gürültü kaynağı yakınlarında ölçülen 93-100 dB(A) aralıklarındaki değerlerin Yönetmelikte geçen maruziyet sınır değer olarak verilen 87 dB(A) gürültü düzeyinden fazla olduğu görülmüştür. Bu durumun sebebinin genel olarak çalışır durumdayken gürültü kaynağından

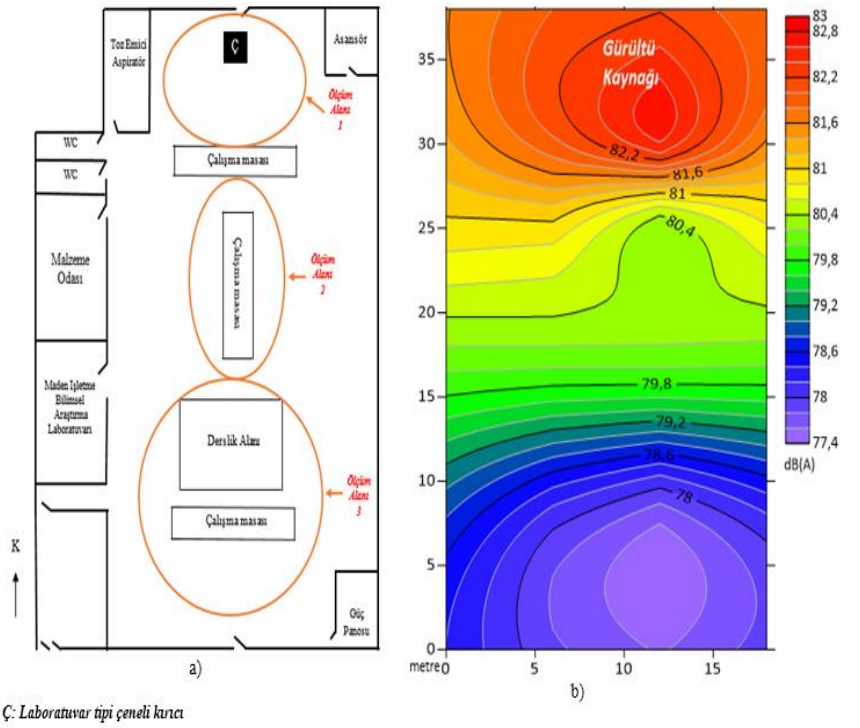
yayılan ses dalgalarının kapalı alan içerisinde sıkışıp kalması yani gürültü kaynağının kapalı bir alan içerisinde bulunmasından, gürültü kaynağının ve deneysel çalışmalarda kullanılan bilyelerin tamamen metalik malzemelerden üretilmiş olmasından, gürültü kaynağının kataloğunda belirtilen özel ses yalıtımlı kabinin olmamasından ve gürültü kaynağının kendine has çalışma şeklinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hazırlanan gürültü haritası incelendiğinde laboratuvar alanının yaklaşık %90'lık bölümünde 87 dB(A) değerinin üzerinde gürültü düzeyleri tespit edilmiştir. Yönetmelikte belirtilen en yüksek maruziyet eylem değer olan 85 dB(A) değerine sadece Maden İşletme Bilimsel Araştırma Laboratuvarının bazı bölümlerinde tespit edilmiş ve bu durumun genel sebebi, ses dalgalarının kapalı alana geçmekte zorlanması şeklinde yorumlanmıştır ayrıca aynı yönetmelikte bahsedilen en düşük maruziyet eylem değeri olan 80 dB(A) değeri ise gürültü ölçümleri alınan laboratuvar alanı içerisinde herhangi bir bölgede tespit edilememiştir.



Şekil 5. Los Angeles aşındırma cihazına ait gürültü ölçüm alanları (a) ve gürültü haritası (b)

Şekil 6. incelendiğinde, laboratuvar alanı içerisinde hesaplanan maksimum gürültü seviyesi 83 dB(A) ve minimum gürültü seviyesi 77,4 dB(A) olarak Şekil 4.3(b)'de belirtilmiştir. En yüksek gürültü düzeyi değerlerinin makine çevresinde yoğunlaştığı ve yaklaşık 83 dB(A) değerini bulduğu tespit edilmiştir. Bu durumun genel nedeni makinenin laboratuvar ortamında bulunduğu konum itibari ile laboratuvar duvarlarının gürültü kaynağından yayılan ses dalgalarının yayılmasını engellediği ve dar bir alanda sıkışmasını sağladığından dolayı oluştuğu düşünülmektedir. Çalışma alanı içerisinde tespit edilen değerler Yönetmelikte geçen en yüksek

maruziyet eylem değeri olan 85 dB(A)'dan düşüktür. Çalışma alanı içerisinde en düşük maruziyet eylem değeri olan 80 dB(A) değerine ise gürültü kaynağından yaklaşık olarak 15 metre mesafe uzaklıktan sonra ulaşılmıştır ayrıca gürültü kaynağından 15 metre uzaklıktan sonraki çalışma alanları en güvenilir bölgeler olarak tespit edilmiştir. Laboratuvar alanının yaklaşık olarak yarısı en düşük eylem değer olarak belirlenen 80 dB(A) değerinin altında gürültüye maruz kalmaktadır.



Şekil 6. Çeneli kırıcı cihazına ait ait gürültü ölçüm alanları (a) ve gürültü haritası (b)

Sonuçlar ve Öneriler

Gürültü ölçümleri alınan makinelerin bulunduğu laboratuvar alanı içerisinde elek sallama cihazında tespit edilen en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla 92-70 dB(A), Los Angeles aşındırma cihazında tespit edilen en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla 100-81dB(A), çeneli kırıcıda tespit edilen en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla 83- 77,4 dB(A) olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu verilere göre Los Angeles aşındırma cihazından alınan gürültü ölçüm sonuçları diğer makinelerden elde edilen gürültü ölçüm sonuçlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ayrıca bu gürültü kaynağından elde edilen gürültü ölçüm sonuçları yönetmelikte belirtilen sınır değerden oldukça yüksek durumdadır.

Gürültüden kaynaklı tehlikelere yönelik öneriler: Gürültü kaynaklarına çok yakın olan alanlar içerisinde herhangi bir personel çalışma yapmamalıdır. Çalışma zorunluluğu arz eden bir durum ile karşılaşıldığında, çalışan personeller iş sağlığı ve güvenliği kulaklıkları veya kulak tıkaçları kullanarak çalışmalarına devam etmelidirler ayrıca yönetmeliklerde belirtilen çalışma süreleri dikkate alınarak belirli sürelerde molalar verilmelidir. Laboratuvar ortamında ölçülen gürültü düzeylerinin azaltılabilmesi için çalışılan makinelerin gürültü ölçümleri yapılmalı ve bunlara ait gürültü haritaları oluşturulmalı, makine bakım ve onarımları düzenli şekilde yapılmalı ve çalışan personeller gürültü tehlikesine karşı bilinçlendirilmelidir. Cevher hazırlama işlemlerinde sıkça kullanılan elek sallama cihazı ile çalışma yapıldığı durumda; gürültü kaynağından yaklaşık 15 m mesafeden sonra laboratuvar ortamında çalışma yapacak olan bir personel çalışma süresi boyunca herhangi bir tehlike durumu hissetmeden faaliyetlerine rahatlıkla devam

edebilir. Cevher hazırlama işlemlerinde vazgeçilmez durumda olan ve yine sıkça kullanılan çeneli kırıcı ile çalışma yapıldığı durumda; gürültü kaynağından yaklaşık 8-13m mesafe uzaklıktan sonra çalışan personel/ler güven içerisinde çalışmalarına devam edebilir. Diğer makine-cihazlara göre daha az kullanılan fakat çalıştığı durumda oldukça yüksek düzeyde gürültü oluşturan Los Angeles aşındırma cihazı ile çalışma yapıldığı durumda; gürültü kaynağı çalıştırılmaya başlandığı andan itibaren gürültü kaynağının bulunduğu laboratuvar ortamında zorunlu olmadıkça herhangi bir çalışan bulunmamalıdır.

Kaynakça

Abakay, H., Bulnuz, M. (2018). Okul İçi ve Okul Dışı Gürültü Düzeylerinin Karşılaştırılması. Academy Journal of Educational Sciences, 2 (1), 53-65.

Atak, V. (2017). Gemilerin Makine Dairelerinde Çalışanların Maruz Kaldığı Gürültü Kirliliğinin, Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik (1) Kapsamında Örnek Olaylarla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin.

Ayr, U., Cirillo, E., Fato, I., Martellotta, F. 2003. "A New Approach to Assessing the Performance of Noise Indices in Buildings", Applied Acoustics, Vol 64, pp129-145.

Bennett, S.C. 1991. "Noise Control Within the UK Coalmining Industry", 24. International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Donetsk, pp159-163.

Cui, J., Behar, A., Wong, W., Kunov, H. 2003. "Insertion Loss Testing of Active Noise Reduction Headsets Using Acoustic Fixture", Applied Acoustics, Vol 64, pp1011-1031

Çetinkaya, F., Bulduk, İ., İşci, D., Demir, A. (2014). Okul Öncesi Öğretmenlerin Gürültü Maruziyeti. Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 3 (2), 1- 14.

Eleftheriou, P.C. 2002. "Industrial Noise and Its Effects on Human Hearing", Applied Acoustics, Vol 63, pp35-42.

Frank, T., Bise, C.J., Michael, K. 2003. "A Hearing Conservation Program for Coal Miners", Occupational Health&Safety, Vol 72, No 6, pp106-110.

Fujiwara, K., Hothersall, D.C., Kim, C. 1997. “Noise Barriers with Reactive Surface”, Applied Acoustics, Vol 53, No 4, pp255-272.

Gaja, E., Gimenez, A., Sancho, S., Reig, A. 2003. “Sampling Techniques for the Estimation of the Annual Equivalent Noise Level Under Urban Traffic Conditions”, Applied Acoustics, Vol 64, pp43-53.

Güvercin, Ö., Aybek, A. (2003). Taş Kırma ve Eleme Tesislerinde Gürültü Sorunu. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (2), 101-107.

Jain, A., Gupta, N., Bafna, G., Mehta, B. (2017). Impact of Noise Exposure on Hearing Acuity of Marble Factory Workers. Indian J Physiol Pharmacol. 61, 295–301

Kazancı, Z., Kayıkçı, S.T. (2015). Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri Uygulamalarında Optimum Parametre Seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği. 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye.

Kumarı, S., Bafna, G., Sıngh, Y. (2015). The Effect of Noise Pollution On Hearing in Marble Factory Workers of Ajmer.İnternational Journal of Clinical and Biomedical Research. 1, 34-38.

Morova, N., Şener, E., Terzi, S., Beyhan, M., Harman, B.İ. (2010). Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Gürültü Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hazırlanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14 (3), 271-278.

Özbıçakçı, Ş., Çapık, C., Aydoğdu, N.G., Ersin, F., Kıssal, A. (2012). Bir Okul Toplumunda Gürültü Düzeyi Tanılaması Ve Duyarlılık Eğitimi. Eğitim ve Bilim, 37 (165), 238-245.

Sellappan, E., Janakiraman, K. (2014). Environmental Noise From Construction Site Power Systems And İts Mitigation. Noıse & Vıbratıon Worldwıde, 45 (3), 15- 20.

Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly spaceddata (pp. 517–524). Proceedings of the 1968 ACM National Conference.

TS ISO 1996-2 (2020). Akustik - Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 2: Çevre gürültü seviyelerinin tayini, TSE, Ankara.

Yönetmelik (2015). Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 18.11.2015 tarih ve 29536 sayılı Resmi Gazete

BÖLÜM VII

Bearing Loads Due to Natural Rock and Concrete Blocks in Hypothetical Towered Structures

Mehmet Kemal GOKAY[1]

1. Introduction

Understanding certain engineering facts sometimes could be more reasonable when the facts are defined in different manners. Vertical stresses formed due to the weight of dimensioned natural rock (marble, granite etc.) blocks or unreinforced concrete blocks are conceptually dealt with to define strength requirements of the surface monuments if these rock blocks are used to form tower-like monumental surface structures by put each of them over another to form the towers. Conceptions forwarded here aimed to enhance engineering thinking in civil and rock engineering through rock mechanics contexts. Vertical stresses formed due to the weight of dimensioned massive natural rock blocks and dimensioned massive

[1] Dr., Konya Technical University, Mining Eng. Dept., Konya/Turkey, Orcid: 0000-0003-3792-9414, mkgokay@gmail.com

artificial, man-prepared, rock (concrete) blocks with no reinforcements are analysed logically here if they are configured to form towerlike surface structures. In the cenception, it is aimed to visualise the stresses differences in the levels (floors) of the formed towers and their influences on the strength behaviours (long term) of natural rocks and concrete blocks.

Actually, in civil and rock engineering concepts, the forwarded stress-strength relations are basic steps to be followed through engineering standard testing procedures. However, it is conceptually supplied here also that there are certain facts that should also be considered to understand stress & strength relations of massive solid materials used for engineered constructions located in/on earth crust. Supplying assumptional cases in this approach need to put limitations on the complexity of the stress conditions for the blocks considered. Those limitations were accepted logically here to focus on only vertical stress differentiation at different levels of the towers due the overlayers' weights.

2. Individual Massive Natural Rock Blocks

When we think about the earth crust which is formed from molten lava in different kinds of rock masses. Due to structural features of their origin differences and tectonic activities of earth, it is difficult to find large scale massive, (without any discontinuities), rock masses. However, a few rock mass types have provided more massive rock characteristics at certain of their reserves. Experiences gained in dimensioned-stone constructions for surface structures through ancient civilisations, lead to built bigger monumental structures by using certain types of rock types. Thus, rocks are even cut in bigger sizes & one pieces to form monumental status for their

usage. Rock masses' massive characteristics were one of the main decision factors in their mining operations. Massive red granite rock mass had been selected by ancient Egyptians to cut large prismatic, monumental, rock blocks, (they are called as obelisks), (Brier, 2021). Another large rock block usages were found through the archaeological remnants at Baalbek, Lebanon. They are three large horizontally lying limestone rock blocks, *[each has 19x4.2x3.6m, (metre), sizes, and around 825 tons, (metric tons), weight].* These rock blocks, (Trilithon), put to their place purposely to "form part of the podium of the Temple of Jupiter Baal at Baalbek", *(Baalbek complex in Heliopolis Syriaca 16BC-AD60).* Actually, there are 3 more large blocks left at the limestone quarry site at Baalbek, and due to their dimensions and estimated weights of these three Roman monoliths, they are known also with their names as; the "*Stone of the Pregnant Woman*" (length *20.31-20.76m*; width *4.0m* at the base, and *4.14-5.29m* at the top; height *4.21-4.32m*; weight around *1000 tons*), the "*Stone of the South*" (length *19.5-20.5m*; width *4.34-4.56m*; height *4.5m*; weight around *1242 tons*), and the "*Forgotten Stone*" (length *19.6m*; width *6.0m*; height *5.5m*; weight around *1650 tons*), (Aaron, 2016; Wikipedia, 2024a). Baalbek monolithic limestone rock blocks supply examples of vertical stress levels that originated due to the massive individual rock block cut for surface structures. If there was a change to use the largest of these Baalbek blocks, (the *Forgotten Stone*), for an ancient surface structure, it might have caused around *14 ton/m^2* vertical stress on its base area (*6x19.6m* if it was arranged horizontally lying). The value could have been about *50 ton/m^2* (if it was erected vertically on its smaller rectangular base area of *6x5.5m*). Hypothetical concern in

this study is the considerations of strength features of large monumental natural rock blocks by estimation of their dead-load related impacts (vertical stresses) while all the other influencing factors on their stabilities are accepted as neutral (out off concept).

When archaeological remnants and current documents are assessed for the usage of largest rock block dimensions, the other most certain sample group has the huge rock blocks known as "obelisk". Obelisks had been individually cut from their massive rock mass in quarries, (Egypt), by hand-tools to supply monumental massive rock structures. These massive column-like rock blocks were erected in Egypt by Egyptian emperors in early historic times. Some of them, then shipped to different cities like Rome, Istanbul, Paris, Newyork, London, (Lewis, 1984). When obelisks' dimensions and weights are in consideration, their foundations & base layers could also be thought as long-lasting bearing capacity test locations with dead-loads of the erected obelisks. Since the standard bearing-capacity tests for foundations of surface structures are performed in short periods of time with increasing-load procedures, long-term bearing capacity considerations for; *i)* the foundation of the obelisks and, *ii)* the rock materials of the obelisks under constant dead-loads are accepted in this work as a conceptual subjects of curiosity.

Archaeological information related with obelisks have included mostly historical concerns but also covered their size issues as well. Childress (2019) supplied dimensional and weight related data of some of the obelisks located in different parts of the world. He mentioned one of the obelisks erected at Karnak, (Egypt), by Thutmose-I (reigned 1493-1482 BC) has *24m* height. This massive rock monument has a square base area *(1.8x1.8m)* in dimensions and

143 tons in weight. Another obelisk was shipped to the Piazza San Giovanni in Laterano (Rome, Italy) from Karnak, (Egypt). It was originally erected by reigns of Pharaohs Thutmose-III (reigned 1479-1426 BC) and Thutmose-IV (reigned 1400–1390 BC) at Karnak. This obelisk's height was originally *32m* and it has a square base with *2.7x2.7m* in dimensions. Childress (2019) wrote that it tapers to a square top with sides of *1.88m*. This obelisk was shipped to Rome (Italy) from Alexandria (Egypt) in AD 357. It was reported that its weight was originally around *413 tons*. It collapsed in 5th Century AD and stayed in mud for a long time (in three pieces). It was re-erected around the 1580's with *4m* shorter in length with around *300 tons* in weight (Wikipedia, 2024b).

There are some other obelisks moved from Egypt, and two of them were the pair obelisks. One of these was shipped to the Central Park, (New York, US), and the other was moved to the Thames embankment, (London, UK), in the 19th Century (Lewis, 1984; Wikipedia, 2024b). These pair obelisks were dedicated at Heliopolis (Cairo, Egypt) by Thutmose-III, and they were cut from red granite rocks with *21.2m* heights. Their base areas are almost square with *2.36x2.33m* in dimensions. Each of these pair obelisks is *180 tons* in weight. One of the archaeologically important obelisks was re-erected in Istanbul, (Turkey), by Roman emperor Theodosius by shipping it from Egypt in 390 AD. Its original height was *29m* and weight was around *380 tons*. The lower parts of the obelisk were weathered and crushed, after re-erecting, its height became *19.46m* and its new weight is about *200 tons*. (the obelisk monument in Istanbul has *24.77m* in height with its pedestal, (Polat & Saygili, 2020). Hoseyni etal., (2022) pointed also to the information supplied

by Traquair & Wace (1909) and Crkvenjakov (2016) for the obelisk in Istanbul including sizes of 5 different layers of its pedestal part, (Fig.1). These layers, starting from the bottom are; a) Limestone rock slabs in 2 layers were put over each other. Their dimensions are *7.1x7.1x0.5m* and *6.8x6.8x0.6m*, b) Lower pedestal marble block *3.8x3.8x1.9m*, c) Combined rock layer (marble-red granite) *0.5m* in height, d) Upper marble block *2.9x2.9x2.4m*, e) Small sized 4 metal (bronze) blocks, each has *0.4x0.4x0.5m* in dimensions. The obelisk pyramidal rock block which was cut from red granite rock mass in Egypt was then put on these 4 bronze blocks over its pedestal in Istanbul. It has a pyramidal volumetric shape with *2.3x2.3m* base area dimensions. The square area at the top of this obelisk is *1.4x1.4m* in dimensions.

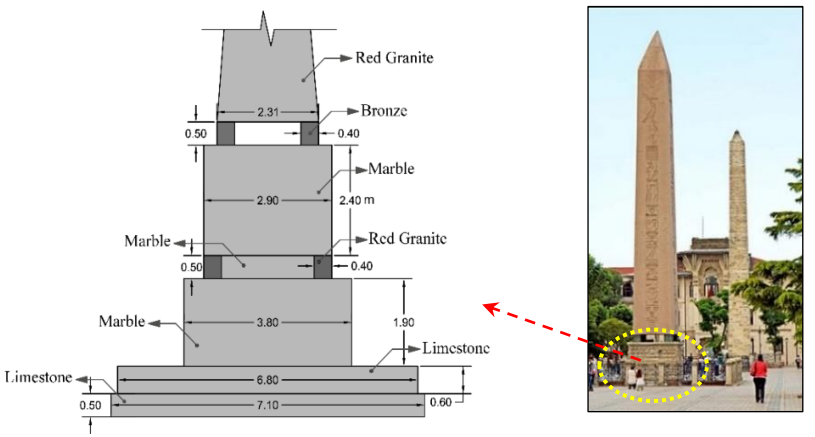


Figure 1: a) Dimensions of pedestal parts of the obelisk in Istanbul (Hoseyni, etal., 2022). b) Obelisk of Istanbul, (Britanica, 2024).

In modern times, another obelisk which is "The Obelisk of Ramses II" was found at "San Elhagar" in Egypt, Saleh, etal., (2023) wrote that this obelisk "*was found broken into two pieces and*

separated from the base". After restoration works, it was re-erected and will be opened for visit in 2024 at the the entrance piazza of the Grand Egyptian Museum, Giza, Cairo, Egypt.

3. Blocks, Columns & Slabs Dimensioned for Concept-Tower

After collecting information about historical monuments including huge massive rock block(s), the data related with their dimensions and weights have been used to estimate their downward pressures (vertical stresses) on their bottom layers (foundations). In the conceptual samples offered below, two plans were provided for the hypothetical surface structures; one form was offered to visualise massive natural rock monuments and the other was offered to simulate high rise monumental structures. These structures are planned to be formed by using massive marble (density: *2.71 ton/m^3*) rocks and C30 type concrete (density: *2.50 ton/m^3*, without reinforcements). For this approach, assume that massive in-situ marble rock reserve is cut purposely into form; Marble blocks (*3x3x3m*), Marble columns (*0.6x0.6x2.85m*), and Marble slabs (*3x3x0.15m*), (Fig. 2).

Similarly, concrete blocks, columns and slabs are prepared through C30 standard procedures, which could be taken into account as "artificial" (man-made) rock materials. Monumental surface tower structures aimed to be built (conceptually) are presented in Fig. 3. Massive (marble&concrete) individual blocks here are dimensioned to get *"Solid-volume"* of *27m^3*. Similarly, *"Column-cornered-volume"* defined through 4 individual solid-columns and one solid-ceiling-slab. The weights and vertical compressive stresses *(originated due to their massive solid structural elements)* at the base areas of these two volume types are given in Fig. 2.

4. Conceptual Tower Set-ups

Individual volumes considered in this approach are then put over each other vertically to simulate conceptual man-made structural monumental towers. Illustrative sketches supplied in Fig. 3 present these two tower forms. Obelisks were erected in Egypt in history, some of them were shipped to different parts of the world and re-erected there. Thus, negative and positive external impacts on these obelisks' stabilities have included all types of natural and social factors. On the other hand, the conceptual towers under consideration are accepted as being influenced only by gravity (their own dead-loads). All the other influences including; live loads,

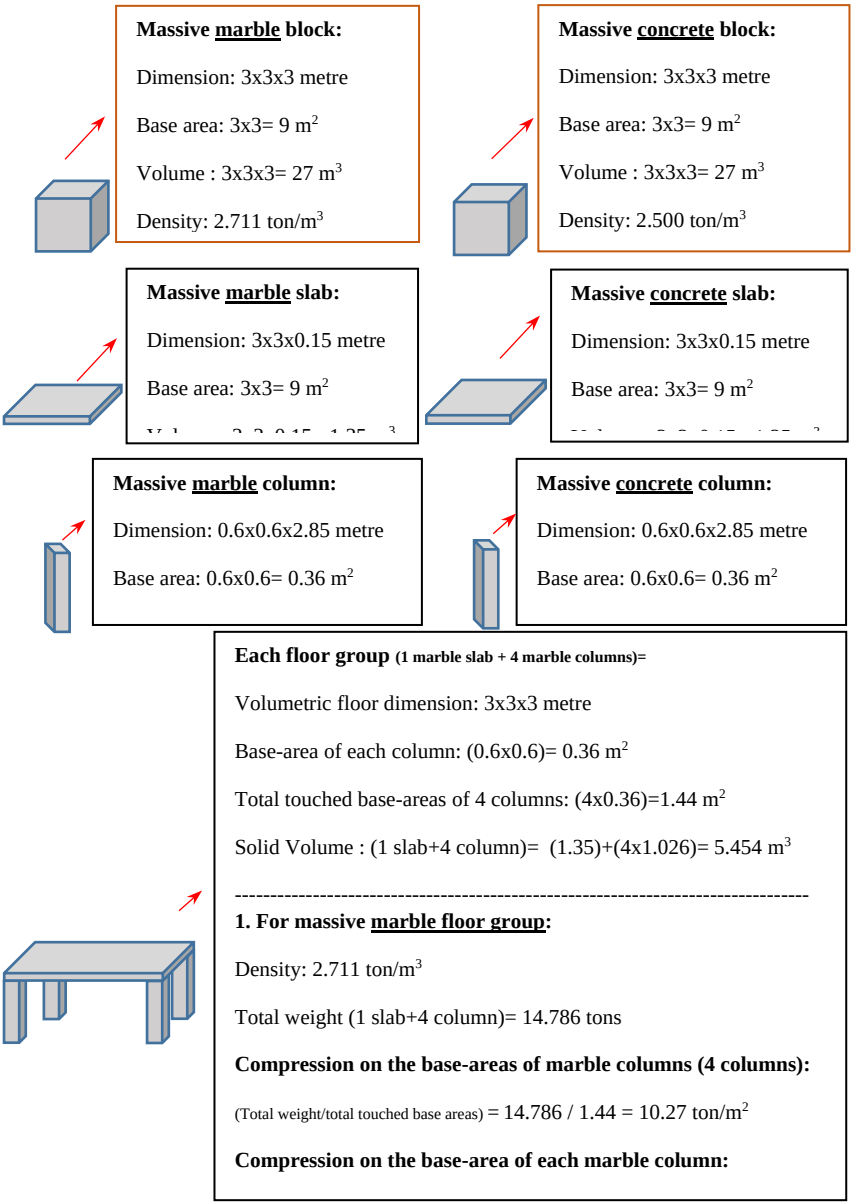


Figure 2: Massive marble & concrete structural elements planned to be used in the selected conceptual set-ups.

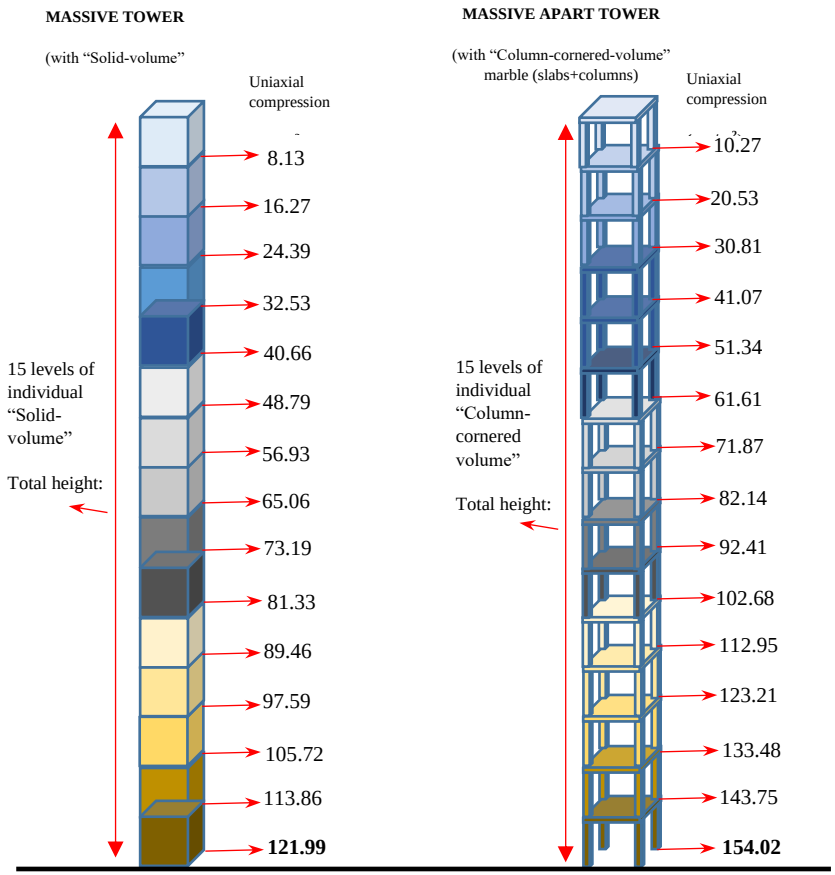


Figure 3: Vertical stresses formed at the base of each massive marble structural volume at the conceptual tower set-ups.

snow&ice loads, rain loads, flood loads, wind loads, earthquake loads, earth pressure, any other loads are excluded from this concept together with all types of natural and social impacts. Individual structural "Solid-volumes" and "Column-cornered-volumes" are assumed positioned stand-still at their locations in the conceptual towers by their weight and their overloads transferred

through them. Thus, there is no additional adhesives or mechanical connection mechanisms to be considered. Since the only consideration is the earth-gravity, decisions related with the bearing-load values are supplied accordingly. The weight of conceptual, (spectral), massive marble tower, (Fig.3), (with Solid volume marble blocks) is *1098 tons*, (the weight of a massive apart tower with Column-cornered-volumes is *221.79 tons*). The weight of obelisks, especially the heavy ones, could then be compared with the weight of the conceptual marble & concrete towers given in Fig. 3.

According to documents, the heaviest obelisk was named as the "Unfinished obelisk" and it had been under rock cutting operations at the quarry (Aswan, Egypt) when it was left unfinished. Its height was planned to be *41.75m*. Its weight would be around *1090 tons*, if its mining (cutting) operation had been managed to be finished. The second largest obelisk is the "Lateran obelisk" in Rome, Italy, and its weight was originally *413 tons*. After re-erecting operations for this monument, the lateran obelisk's weight decreased to *300 tons* due to its collapsing & crushing of some of its parts, (Wikipedia, 2024a). Then, if vertical stress formed under its base area (*2.7x2.7m*) is calculated, it is around *41.15 ton/m^2*. Similarly, the red granite obelisk located in Istanbul has around *200 tons* in weight. The base area of this obelisk is *2.3x2.3m*, that means the vertical stress formed at its base area is about *37.81 ton/m^2* (if it would be put on directly on the upper marble block of its pedestal, Fig.1). However, it was preferred to put this obelisk on the upper pedestal marble block through 4 small metal (bronze) pieces (each has base area dimensions of *0.4x0.4m*) at the obelisk's square base corners. Thus, if it is considered that, quarter of the obelisk's weight

is carried by one of these small metal blocks (sharing the weight of the obelisk equally among them), then the vertical stress transferred downward through each of them should be around *312.50 ton/m^2*. Vertical stress values formed due to the largest obelisk in Rome and the obelisk in Istanbul are two examples of vertical stresses that originated due to dead-loads of the monumental large rock blocks.

The concept under consideration here can be extended to have huge scale monumental structures (look like modern high-rise buildings), as sketched in Fig. 4 by combining the supplied individual marble & concrete conceptual towers (Fig. 3) side by side. In these combined structures presented in Fig. 4, individual marble & concrete towers with "Solid-volumes" and "Column-cornered-volumes" are assumed to be erected side by side without touching each other. One of the combined structural forms presented in Fig. 4 is called a "Massive tower" and it has *9x12x45m* in dimensions. There are *(3x4)*, 12-individual "Solid-volume" at each level. Then "Massive tower" presented in Fig.4 has totally *(12x15)*, 180 indivudual Solid-volumes of massive marble. It can also be conceptualised as a new monumental "Massive-tower-group" with 1000 "Massive-tower" presented in Fig. 5. By keeping the height as *45m*, this conceptual "Massive-tower-group" could have a huge monumental structures with *45x9x12000m* (or *45x90x1200m*, *45x900x120m*, *45x450x240m*) in dimensions which include *180,000* "Solid-volumes" of massive marble blocks. Total volume of them is *4,860,000m^3* with a total base area of *108,000m^2*, it looks like a huge massive marble reserve (Fig, 5) at earth crust. If the volumetric mass described here is a single rock reserve isolated from surrounding rocks, then vertical stress formed due to this marble reserve (*with*

supplied total volume and the total base area values) on its base area is expected around *121.99 ton/m^2*. It is assumed here that the targeted marble reserve at the marble quarry is positioned at the surface, thus there is no additional marble layer (or any other materials) over this prismatic reserve illustrated in Fig.5. In different cases where the reserves are under certain additional layers of extra rock masses, their dead-loads should also be added to calculations which increase the vertical stress conditions as well. Actually, conception followed here includes towered structures standing side by side without touching each other. Therefore, their vertical load concentrations always stay similar for different levels in their structure beside how many of them are grouped to form huge volumetric monuments or reserve-like structures. Vertical load concentration calculated for the base area of the described single reserve is similar to the presented vertical load concentration at the bottom of the ground level of the "Massive tower" set-up with the "Solid volume" marble blocks (Fig.3). This hint also presents the importance of the 3D stress conditions in the earth crust. Considerations of vertical stress state for monumental towers like obelisks form circumstantes of stress conditions excluding horizontal stresses. In actual stress-strain distribution conditions of earth crust, thinking only the vertical stress levels for underground/surface structures are not good enough to evaluate rock behaviours surrounding the engineering projects. Mine & rock engineers have already experienced the earth pressures over galleries, tunnels, and excavated open spaces which can not directly be correlated with excavations' depths. R*ock load height* criteria, (Terzaghi, 1946), and supplied evaluations in basic rock engineering context, (Barton, etal., 1974; Osgoui, 2007) are accepting, certain

height (rock load height) over the underground space which governs the effective dead-load over the excavation roof. The remaining part of the depth *(over the "rock load height" part)* conclusively is not effective on the excavated underground space at all. Thus confined 3D stresses directed through them are redistributed to the sides of the excavation as a secondary stress field.

At this point, the following thought is also being taken into account to analyse the stress influence situations. "If there is an opportunity and isolation of overburden rock layers over an underground excavation *(assume that volumetric underground space dimension 3x3x3m, with a roof area of 3x3m)* is possible then prismatic volume *(with a dimension of 3x3xdepth of excavation down to its roof in metres)* of overburden rock layers could be separated from the surrounding rock masses for their dead-load effects on *3x3m* targeted excavation's roof area. In this conception, if the vertical loads are taken only the applicable influence, (excluding all the other influencing factors including horizontal stresses), vertical stress which is originated and transferred downward through isolated overburden rock volume presents the case like it was illustrated in Fig.3 for the massive tower of marble blocks. Thus, without supplying any touching solid rock masses around an underground excavation, vertical loads concentrated over the roof area of the excavation are total vertical stress transferred through isolated overburden rock volume which has no opportunity to hang due to horizontal stresses, and no possible bearing (load transferring) connections to distribute its weight surrounding rock masses of the targeted excavation. Therefore, it is assumed that all the weight of the isolated overburden rock volume is concentrated

on the supplied *3x3m* sized roof area of the targeted underground excavation.

Horizontal stresses can also be considered as mechanical features which aid to grip the rock mass blocks at their location by pressing the blocks in horizontal directions. This could also be conceptualised like carrying 3 or more separate light weight & small sized food boxes by two hands applying only horizontal pressure from the side boxes. In earth crust, horizontal stresses are also the influencers of the rock fracturing and rock masses' deformations, but they also have an important impact in these rock masses' vertical displacements. Therefore, according to rock mass conditions (including discontinuities), horizontal stresses act with vertical stress to accelerate or decelerate the displacement of any considered rock blocks towards the engineered excavations. When the vertical & horizontal stresses in earth's crust are in consideration, their in-situ differentiations were studied when there were opportunities as it was mentioned by McGarr & Gay (1978).

Horizontal stress distribution in earth crust is important design factors of underground excavations like the vertical stress levels. Realising 3D stress redistribution (arching) procedures at the roof strata of underground excavations has depended on the following basic factors; *a)* State of 3D stress conditions before the excavation, *b)* Mechanical and structural properties of the rock masses surrounding the excavations, *c)* Shape and size of the excavations, *d)* Supports types used for the excavations, *e)* Structural rock features (discontinuities) located near sides, *f)* Other excavations influencing the targeted ones, etc. That means, assumption leads to the isolation of the overburden rock volume,

(like prismatic volume by eliminating its connection from surrounding rock masses), and definitely removes most of the design factors defined above. The rock load height criteria supplied by Terzaghi (1946) is explaining the different cases of overburden strata descriptions and their overburden load transferring characteristics. (If the roof strata have good strength & structural property, they can act well and they have transferred overburden loads to the surrounding rock masses more properly. That means they may produce lower "rock load height" over the excavations. If the overburdened rocks are weaker in strength, the "rock load height" is then higher over the targeted excavations).

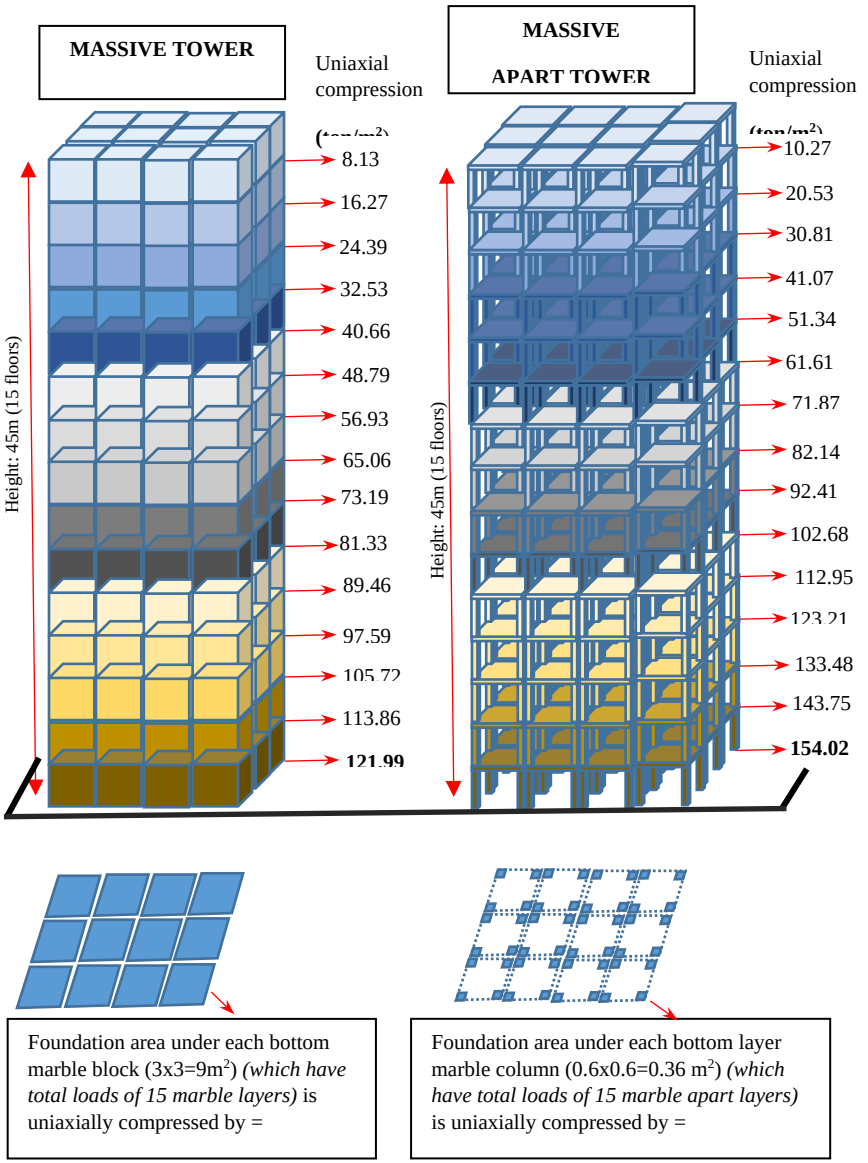


Figure 4: Combined tower concept where individual massive marble towers are combined to form the structures without any touching attachment among them.

Combined structures could also be handled through "Column-cornered-volumes" as it is presented in Fig. 4 as "Massive apart tower". This combined structure has (3x4) 12 indivudual monumental apart towers which each of them has 15 floors. In the concept, these individual towers are located side by side without touching each other like the "Massive tower" case. Therefore, vertical stresses calculated and presented in (Fig. 3 and 4) for the columns located at different floors (levels) of the structures are the same values for each individual "Column-cornered-volume" marble tower. Stress values at different levels of towers arranged through massive marble "Solid-volumes" and "Column-cornered-volumes" are getting decreased as the selected floor is approaching the top levels of the towers, (Fig.3 and 4). Actually, if the conceptual towers are totally connected to each other and they are not isolated from the surrounding rock masses, then, in-situ horizontal stress values should also be considered in analyses. Then, all the 3D stress conditions at each level of the two conceptual towers (Combined massive towers, and Combined massive apart towers) become different (in either advantageous or disadvantageous manners) then the conditions presented in Fig. 3 and 4.

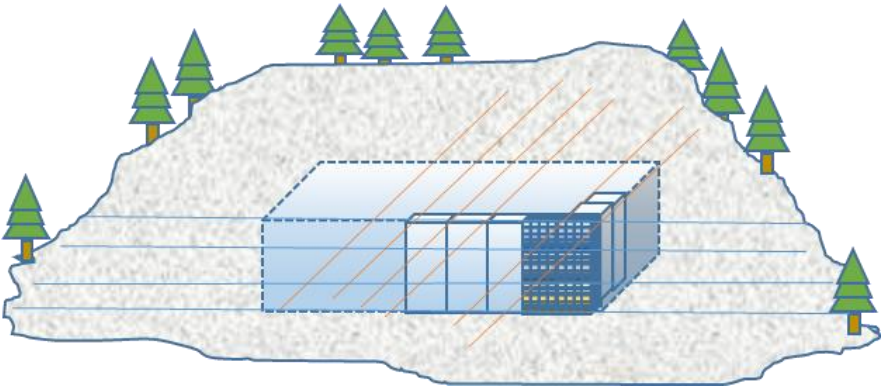


Figure 5: Massive marble rock which could possibly be mined out through a marble pit if the reserve is convenient. Otherwise separate pits are used to get marble blocks, columns and slabs.

5. Influence of Time on the Strengths of Marble Blocks & Columns

The strength of solid materials can be determined through uniaxial and triaxial compressive strength tests in addition to strength tests against tensile, bending, etc., forces. Since the load bearing characteristics of marble blocks & columns are important in the proposed concept here. Uniaxial compressive strength, UCS, values of marble materials are planned to be determined in different phases of this conceptual approach. Getting the strength quality of the marble blocks and columns just after their cut from marble reserves is the first step in this concept. But the UCS values for the marble materials at the quarry should be sampled through the materials located just nearside of the cut blocks. The mine out marble blocks should not be damaged for any physical rock test sampling procedures (no drill-hole). While these marble blocks are cut to provide blocks, columns and slabs from marble quarries, building operations of planned conceptual towers (Fig. 3) might be continued according to the engineered plans. Time of these tower constructions may take a few mounts (or years) according to the total number of blocks, columns and slabs required and their convenient supply availability. When the individual or combined

towers are finished, it should be borne in mind that marble blocks & columns staying at the first floors (just over the foundations) are under more vertical stress values with respect to the ones at top floors.

After several years, what can be the UCS value conditions for the marble blocks & columns at these conceptual towers. The blocks and columns are theoretically under dead-loads of over marble layers here. These loads are long-lasting static (constant) loads without any unloading & loading circumstances in time. This loading condition is similar to the case for the UCS tests procedure under long-lasting static loads. The strength values (for marble materials) are expected to be decreased due to the static long-time loading periods when it is compared to the standard UCS test values. This mechanical behaviour is described in engineering research as the creep behaviour of the solid materials. Paraskevopoulou, (2016) performed a thesis study where evaluation of the creep behaviours of the rocks were also considered. Paraskevopoulou, etal., (2017) then mentioned the studies of; Singh, 1975; Aydan, etal., 1993; Einstein, 1996; Malan, etal., 1997; Hudson and Harrison, 1997; Hagros, etal., 2008; Brantut, etal., 2013; and Paraskevopoulou, (2016) for the studies concerning on "time-dependency of rock under load". Engineering activities in/on rock masses have forced design engineers to evaluate mechanical properties of rocks. After realising importances of the rock&soil mechanics, some approaches developed in the solid mechanic context have then been employed also for rock materials. As it was indicated by Paraskevopoulou, (2016) the theory of creep studied for metals (Weaver 1936) was also facilitated to analyse rock strength behaviours under long-lasting loading circumstances. Paraskevopoulou, etal., (2017) noted also that laboratory rock testing data analyses had been performed by several researchers to define influences of time on rock strength conditions. Innocente, etal. (2021) wrote that there are a few more "time dependent" rock behaviours other than creep, they are; swelling, squeezing, consolidation, stress

relaxation, time-dependent dilatancy, and stress corrosion. In this content, Frenelus, etal., (2022) added also that rocks' creep behaviours are influenced by different external & inner factors which are; "mainly hydraulic pressure, stress level, water content, temperature, damage, and time-to-failure".

Creep behaviours of natural rocks, (Marble for the conceptual towers considered here; Red granite for the obelisk of Istanbul; Limestone for the Forgotten stone of Baalbek monolith) and concrete should also be considered for their long-lasting load carrying properties. Therefore, UCS values obtained for natural rocks where the rock blocks and columns are mined out (just after mining stages) should be compared & re-evaluated through their creep behaviors. Because after years of usage at their load carrying positions, (as members of monumental towers), natural rocks at these monuments have still been their obligations to stand dead-loads applying on them vertically. Different values of vertical stresses have been expected at different layers of the monuments. These differences will most probably influence the creep behaviours of the rock and concrete blocks & columns in different manners. If the loading and unloading phases of monumental natural rock (red granite, limestone, etc.) towers are in consideration, the cases should be started by evaluating in-situ stress-strain conditions of the quarries where these huge rock blocks cut out. The case for the obelisk in Istanbul can conceptually be figured as it is presented in Fig. 6. The source rock formation is red granite in Aswan, Egypt; this rock formation has its origination and structural features occured in geological eras. Rock masses in earth crust could be overburdened by other rocks, they may be fractured, folded, thrusted, etc. Their overburdened layers may also be weathered together with some parts of their layers as well. Geological researches about any rock types at certain targeted earth locations can be conducted to explain certain basic structural features that happened in geological eras. The first 2 phases (a & b) in Fig. 6 illustrated the rock mass related structural features of red granite. After cutting the obelisk rock block from the actual

rock reserve, (Fig.6c presents similar rock cutting case for another unfinished obelisk in Egypt), the next engineering question arose; If there are any locked strains in the obelisk rock due to 3D in-situ loading conditions in geological eras, how long time needed for these strains to be relieved after the obelisks are cut at the quarries. These relaxation features could impact the integrity of the obelisks according to their mechanical strength features.

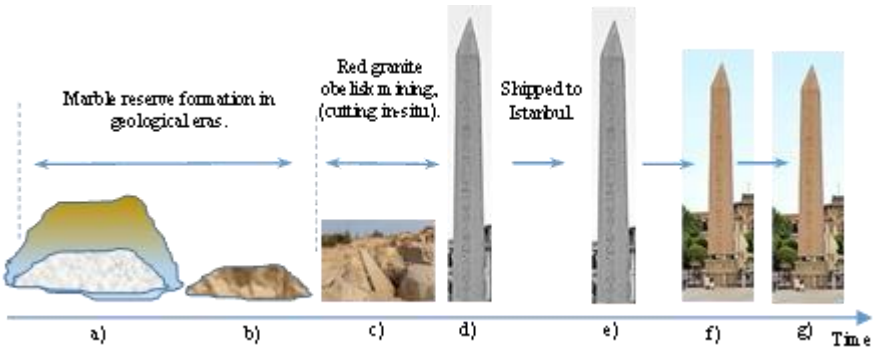


Figure 6: Major phases of the obelisks in Istanbul, Turkey, under consideration. [a&b) geological time periods, c) Obelisk cutting step like the "Unfinished obelisk", d) Erected in Egypt during Thummose-III, e) Shipped and reerected in Istanbul AD 390, f) The obelisk image currently, g) The same obelisk in future].

It should not be forgotten that stress-strain conditions of source rock masses have differentiated in 3D manner in geological eras. After erecting monumental rock blocks like obelisks, their own weight influenced the targeted rock positions (inside them) according to the dead-load over them. Bottom layers of the monumental obelisks for instance must stand the dead-loads of the whole bodies of them, *[This load would be 1090 tons for "the Unfinished obelisk" case, Aswan-Egypt; and it would be 413 tons for "the Lateran obelisk" case, (Rome, Italy)]*. Since these monumental massive rock blocks (obelisks) were moved to other

locations (including haulage in land and shipping over the sea etc.), the vertical stresses in them experienced unloading-loading phases again after their first monumental positioning in Egypt. The figure sections from Fig.6d to Fig. 6g illustrate these cases for the obelisk in Istanbul. As it was summarized before, the obelisk rock in Istanbul had been cut from a red granite quarry at Aswan and erected in Karnak, Egypt, *(during 18th dynasty of Egypt. It is also called the obelisk of Pharaoh Thutmose-III 1479-1425 BC).* If this obelisk had not been moved to Istanbul. Since it was erected by Thutmose-III in Egypt, (Wikipedia, 2024a), the total duration of "vertical loading" would be around 3475-3500 years. Thus, it could be a representative of one of the *"long-term vertical loading compressive strength tests with static, dead-load, conditions".* But, this change was lost when the obelisk was shipped to Istanbul.

Actually, vertical strain variation in rock masses could be differentiated due to local 3D stress conditions which have close relation to earth crust tectonic forces and gravity effects in geological eras. Conceptual loading & unloading circumstances of the specific rock masses at certain locations in earth crust might influence engineering projects realised in/on them due to their long-term 3D stress-strain conditions. Essentially, locked strains in the rock blocks which had been cut from special targeted rock masses are always ready to be released from them in time. This could be realised in short or long time periods which needs further studies to be cleared out according to the rock mass types and behaviours.

6. Strengths of Marble Block & Column Include Drill-Hole

Conceptions assumed in this study include two marble towers (Fig. 3). Conceptually, before construction of these towers, handling of the marble blocks, columns and slabs from the mine site covers their strength related circumstances. These considerations should be continued after handling of the conceptual towers, because dead-loads related load bearing-capacity limits of marble & concrete materials have influenced design procedures of these towers. Their vertical stress-strain behaviours in short-time and long-time *(creep)* should both be included in these conceptual towers' design activities. It is certain that rock and concrete materials have their creep behaviours and they may produce extra deformations before their UCS values are reached. Thus, if rock engineers would like to analyse load-bearing capacity of the marble blocks, columns, and slabs at the conceptual tower structures after several decades of their construction, there will certainly be in dense engineering decisions & disputes cases. Determination of bearing-capacity values for the the bottom layers of all obelisks, all columns & beams of man-made surface/underground structures have similar decision environment. The concept includes determination of bearing-capacity values of load-carrying structural elements, preferably without disturbing physical intactness of them. The measurement methods first in consideration include remote recognition of the parametric differentiation in these columns and obelisks. Electrical resistivities, magnetic sensitivities, electro-magnetic and seismic wave accessibilities are the common physical properties which have already been used in related remote-testing instruments. Moreover, there is also drill-hole sampling methodology to test the carrot

samples obtained from the rock&concrete blocks, columns, or slabs, (Fig.7). Actually drilling a hole damages the physical intactness of them. In order to collect a comprehensive data set, repeating the drilling carrot holes in different parts of the rock blocks, columns, and slabs will cause more damage to their wholeness. Uzbas&Gokay (2023) summarized features of drill-hole testing analyses & studies performed for rock and concrete samples. They pointed out the negative influences of drill-hole methodology even

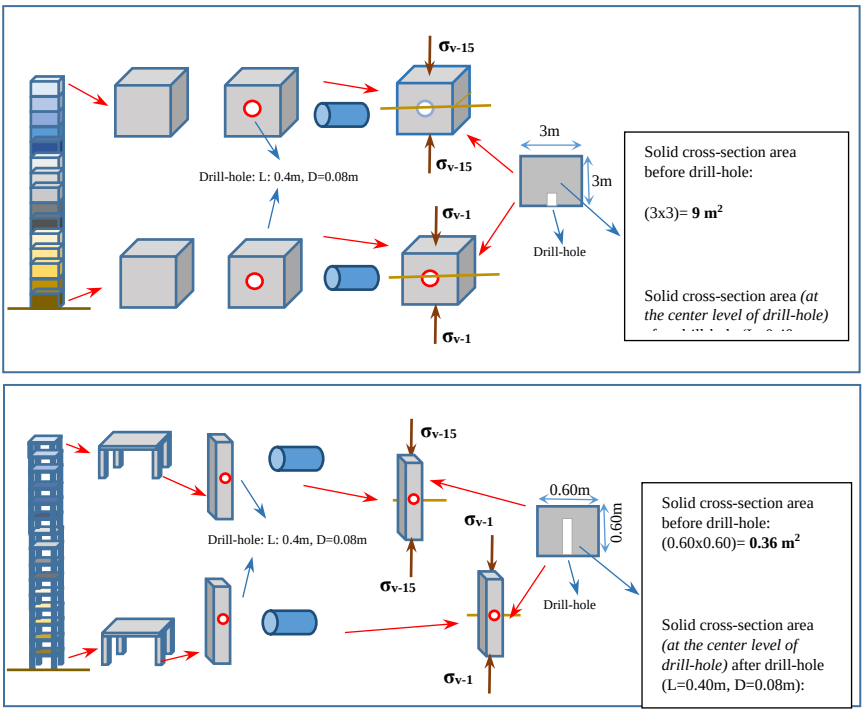


Figure 7: Drill-hole sampling features which could conceptually be performed at massive marble blocks and massive marble columns.

though they are filled with expandable concrete mortars. After years of usage, strength testing of the structural elements by drill-hole carrot samples may come into consideration among the other available options (even with its obstacles). It should be borne in mind that, even if the filling of the drilled hole with expandable enhanced quality concrete mortars was realised, the defected blocks, columns, or slabs can not be the same ones as they were before the drilling operations. Elastic modulus & UCS values represented by stress-strain curves of the aged concretes at the columns of constructions direct their behavioural matches with the filling materials' similar characteristics. Any difference in the comparisons causes modes of fracture initiation and propagations, (Uzbas&Gokay, 2023).

7. Conclusions

Mechanical properties of massive rock and concrete materials can be determined by laboratory testing according to ISRM suggested methods. However, in mining and civil engineering applications, there are numerous load-bearing structural-elements which should unceasingly bear overlayers loads. These loads are mostly static, (dead-loads), and applied through long-lasting periods. Thus creep properties of rocks (around the mining activities) and concrete types (at civil engineering structures) are the important decision factors in design works. Providing conceptual tower cases in this work was aimed to promote engineering creativities in decision conditions. Long-lasting loading cases for the samples of natural rock blocks (obelisks, monolithic huge rock blocks, dimensioned stones etc.) and concrete columns were described here in sketched figurative manners to visualise the static load concept.

Conceptual towers which are assumed to be built by isolated marble blocks, columns, and slabs from surrounding stress fields help to understand rock-load-height and impacts of horizontal stresses in actual 3D stress-field conditions. The qualities of rock & concrete materials which are defining the UCS, elastic modulus, and creep behaviours of them have their influences also on their long-term stress-strain behaviours. After years of usage, if bearing-capacity differentiation controls are needed for load-carrying blocks, columns, slabs, and pillars (in civil and mining engineering applications), remote testing methods were preferred to protect intactness of the structures. Research on remote sensing instruments to predict more reliable strength properties of rock masses & structural concretes together with more comprehensive creep behaviour reasoning for rocks & concrete types will direct the near future developments in stability controls for underground spaces *(mine galleries. tunnels, shelters, shopping centers, social-cultural-sport centres, living units, etc.)* and surface structures *(houses, apartments, bridgers, dams, etc.).*

References

Aaron, A. (2016) Moving the stones of Baalbek–The wonders of Roman engineering, Webpage: (https://gilgamesh42.wordpress.com/2013/04/25/moving-the-stones-of-baalbek-the-wonders-of-roman-engineering/), Posted on Apr. 25th, 2016, Fleeing Nergal, Seeking Stars, Retrieved in May 2024.

Aydan, O., Akagi, T. and Kawamoto, T. (1993) The squeezing potential of rocks around tunnels; theory and prediction. *J. Rock Mech. Rock Eng*., 26, 2, pp137-163.

Barton, N., Lien, R. and Lunde, J. (1974) Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, *Rock Mechanics*, 6, pp189-236.

Brantut, N., Heap, M.J., Meredith, P.G. and Baud, P. (2013) Time-dependent cracking and brittle creep in crustal rocks: a review. *J. Struct. Geology,* 52, pp17-43.

Brier, B. (2021) *Cleopatra's Needles, The Lost Obelisks of Egypt.* Bloomsbury Academic Press. UK, p238.

Britanica, (2024) Obelisk of Theodosius in the Hippodrome at Constantinople (now Istanbul), Web page: www.britannica.com/technology/hippodrome-architecture. Retrieved in Apr. 2024.

Childress, D.H. (2019) *Obelisks, Towers of power*, Advantures unlimited press, Kempton, Ilinois, US.

Crkvenjakov, V. (2016) The obelisk of Theodosius in Constantinople, *Axio*s, Skopje, Republic of Macedonia, 1, pp196.

Frenelus, W., Peng, H., and Zhang, J. (2022) Creep behavior of rocks and its application to the long-term stability of deep rock

tunnels, *Applied Sciences, MDPI*, 2022, 12, 8451, doi: 10.3390/app 12178451.

Hagros ,A., Johanson, E. and Hudson, J.A. (2008) *Time dependency in the mechanical properties of crystalline rocks: A literature survey*. Possiva OY, Finland.

Hoseyni, M., Dabanli, O., and Hejazi, M. (2022) Comparison of the structural behaviour of monolithic and masonry obelisks: Obelisk of Theodosius and Walled Obelisk in Istanbul, *Engineering failure analysis.* 142, 106744.

Hudson, J.A. and Harrison, J.P. (1997) *Engineering rock mechanics-An introduction to the principles*. Elsevier, Oxford.

Einstein, H.H. (1996) Tunnelling in difficult ground-swelling behaviour and identification of swelling rocks. *J. Rock Mech. Rock Eng.,* 29, 3, pp113-124.

Innocente, J.C., Paraskevopoulou, C., and Diederichs, M.S. (2021) Estimating the long-term strength and time-to-failure of brittle rocks from laboratory testing, *Int., J. Rock Mech. & Mining Sci.* 147, 104900, doi: 10.1016/j.ijrmms.2021.104900.

Lewis, M.J.T. (1984) Roman methods of transporting and erecting obelisks, *Trans. of the Newcomen Society*, 56, 1, pp87-110.

Malan, D.F., Vogler, U.W. and Drescher, K. (1997) Time-dependent behaviour of hard rock in deep level gold mines. *J. South Afr. Inst. Min. Metall.*, 97, pp135-147.

McGarr, A. and Gay, N.C. (1978) State of stress in the earth's crust, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.,* 6, pp405-436.

Osgoui, R.R. (2007) Development of an elasto-plastic analytical model for design of grouted rock bolts in tunnels with particular reference to poor rock masses, *PhD Thesis,* The Graduate School of Natural & Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, p223.

Paraskevopoulou, C. (2016) Time-dependency of rocks and implications associated with tunnelling. *PhD. Thesis,* Dept. of Geo. Sci. and Geo. Eng., Queen's University, Kingston, Ontario, Canada

Paraskevopoulou, C., Perras, M., Diederichs, M., Loew, S., Lam, T., and Jensen, M. (2017) Time-Dependent Behaviour of Brittle rocks Based on Static Load Laboratory Tests, *Geotech Geol Eng*., doi:10.1007/s10706-017-0331-8.

Polat, G. and Saygili, O. (2020) Structural evaluation for the preservation of an ancient Egyptian obelisk in Istanbul, Turkey, *Bulletin of earth science, Yerbilimleri*, 41, 2, pp169-182.

Saleh, A.M., Mourad, S.A., Elanwar, H.H., Metwally, O.K., Zeidan, E., Adam, M.A., Ameen, M.F., Helal, K.R., Sholqamy, M.S., Allam, H.E., Ismael, M.A., Mostafa, K.A., Helal, H.M., Elbanhawy, A.Y., Grosse, C.U., Bakhoum, M.M., Farag, M.M., Matar, H.B., Eltobgy, H.H., Moharram, M.I., Marzouk, M.M., Metawie, M.S., Ali, M.R., Sayed, A.N., Mohamed, M.G., Elkarmoty, M.M., (2023) The restoration and erection of the world's first elevated obelisk, *Scientific Reports, Nature portfolio,*13, 2065.

Singh, D.P. (1975) A study of creep of rocks. *Int. J. Rock Mech. Sci.&Geomechics*, 12, pp271–276.

Terzaghi, K. (1946) *Rock defects and loads on tunnel supports.* in Rock Tunneling with Steel Supports, (eds R.V. Proctor and T.L. White) 1, pp17-99. Commercial Shearing and Stamping Co. Youngstown, OH, US.

Traquair, R. and Wace, A.J.B. (1909) The base of the obelisk of Theodosius, *The journal of Hellenic studies*, 29, 1, pp60-69.

Uzbas, M. & Gokay, M.K. (2023), Influence of drill-holes on moulded column-like test samples' surface displacements: Digital image correlation analyses, *Chapter in; Innovative approaches in civil engineering, and management watershed-based water resources*, (Ed. Kumbasaroglu, A.), pp93-134, Bidge Publication, ISBN 978-625-6707-27-6, Ankara, Turkey.

Weaver, S.H. (1936) Creep curve of steel. *Trans. Am. Soc. Mech. Eng.*, LVIII, pp745–751.

Wikipedia, (2024a*)* Baalbek stones, Webpage: https://en.

wikipedia.org/w/index.php?title=Baalbek_Stones&oldid=1193818487, Retrieved in May 2024.

Wikipedia, (2024b) Obelisk, Webpage: https://en.wikipedia.

org/wiki/obelisk, Retrieved in May 2024.


BIDGE