

## Volkanik arazilerde açık işletme madenciliğinin çevresel etkileri: Isparta Darıderesi örneği

Mehmet Özçelik<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

<sup>\*</sup>(ozcelikmehmet@sdu.edu.tr)

**Özet** – Açık işletme madenciliğinin çevresel etkileri diğer madencilik yöntemlerinden daha fazladır. Maden yatağında açık işletme yöntemi ile üretim yapılması ile arazinin topoğrafyası değişmektedir. Açık işletme yönteminde üretim yönteminin yanlış planlanması sonucunda teknik sorunları ortaya çıkarmaktadır. Bunların en çok bilinen örnekleri kütle hareketleri, şevlerin duraylılığı ve ocak tabanlarında aşırı su basması gösterilmektedir. Bunlar teknik sorun olmasına rağmen aynı zamanda çevresel sorunu oluşturmaktadır. Maden sahalarındaki maden üretiminin teknik olarak en hızlı şekilde, en verimli ve çevresel etkisinin en az olacak şekilde üretilmesi gerekmektedir. Bunun için jeolojik yapıya, hidrolojik özelliklere, ocak alanı ve derinliğine, mevcut toprak, bitki örtüsü ve iklim şartlarına, üretim yerlerinde meydana gelen yüzey hareketleri, dikkatli ve düzenli olarak gözlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada; Darıderesi (Isparta) civarındaki volkanik arazilerde yapılan/yapılacak olan açık işletme madenciliğinin çevresel etkileri incelenmiş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler** – Volkanik Arazi, Çevresel Etki, Açık İşletme, Madencilik, Isparta

### I. GİRİŞ

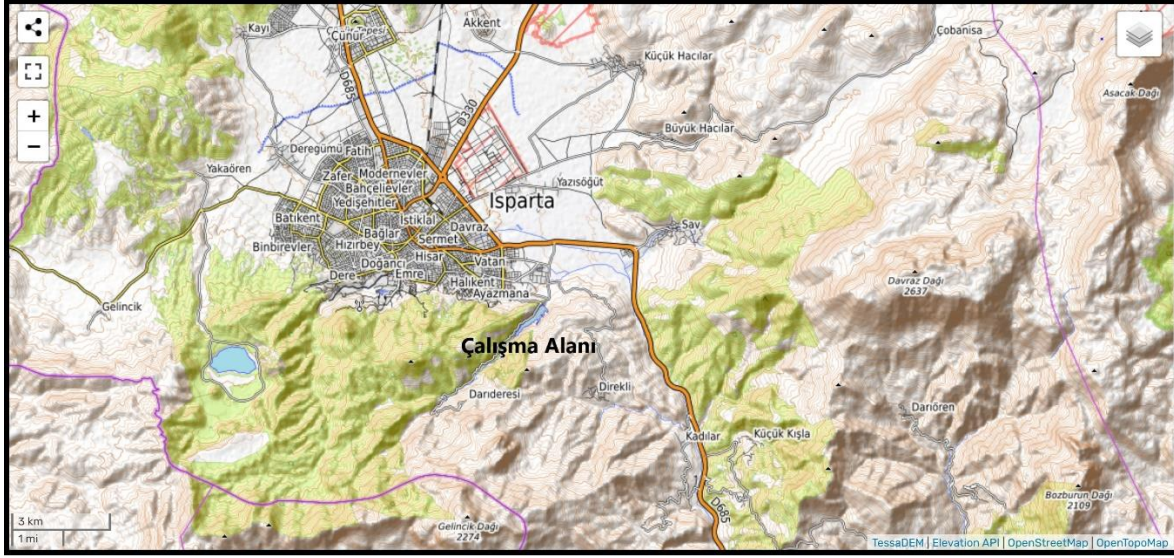
Ekolojik dengenin yapay nedenlerle insanoğlu tarafından bozulması çevre sorunlarının ana nedenidir. Madencilik de dahil olmak üzere, bu bozulmada önemli rol oynayan tüm endüstriyel faaliyetler, çevre üzerinde geçici ve/veya kalıcı etkiye sahiptir. Hatalı alan kullanımlarından ve endüstriyel faaliyetlerden dolayı tahrip edilmiş bir alanı çevresel açıdan stabil duruma getirmek, temiz bir çevrenin ve doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması için zorunludur. Ancak, tahrip edilmiş bir alanın kendi haline bırakıldığında ekolojik dengeye yeniden kavuşması ve kendi kendini yenilemesi çok uzun yıllar alabilir. Uygun bir zaman süreci içinde bu alanların yeniden doğaya kazandırılması için insan yardımına gereksinim vardır. Madenler, ülkelerin doğal kaynaklarından biri olup, giderek artan talepleri karşılamak yüzünden de işletilmeleri kaçınılmazdır. Ancak kullanılmakta olan maden çıkarma metotlarına bakılmaksızın, her türlü maden işletmeleri topoğrafyanın değişmesine ve doğal çevrenin

tahribine sebep olmaktadır. Madencilik işletmeleriyle doğal kaynaklar olan madenler ve mineraller insan refahı için bir taraftan ekonomiye kazandırılırken, diğer taraftan ekolojik çevreye verilen büyük tahribat ve zararları çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Faaliyetlerin yapıldığı alanlarda ve özellikle açık işletme yöntemi ile çalışılan sahalarda, çalışmalar bittikten sonra topoğrafya, jeolojik yapı, röliyef, su rejimi, iklim ve peyzaj tamamen değişmekte ve bitki örtüsünün de tahrip olmasına neden olmaktadır. Bu çalışma kapsamında Isparta Darıderesi ve civarında bulunan tuf/tüfit, trakiandezit ocakları incelenmiştir (Şekil 1). Madencilik faaliyetleri sonucu iki tür çevre bozulması söz konusudur;

- Doğrudan Bozulma:** Maden ocakları çalışma sahalardaki örtü ve atık yığınları ile madencilik binalarının inşa edildiği diğer alanlardaki toprak ve bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu meydana gelir.
- Dolaylı Bozulma:** Eski maden hafriyat yerleri, örtü ve atık yığınları, maden binaları ile mineral

zenginleştirme tesislerinin bulunduğu yerlerde toprak yapısı, su ilişkileri, kimyasal özellikler, toprak ve bitki örtüsü, yerel iklim, insan ve hayvan

sağlığının değişime uğraması gibi olaylar görülebilir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve civarının lokasyon haritası

Bu çalışmada, volkanik arazilerde açık işletme madenciliğinin çevresel etkilerini incelemek amacıyla Isparta Darıderesi ve civarında bulunan tuf/tüfit, trakiandezit ocakları seçilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Açık Maden İşletmeleri

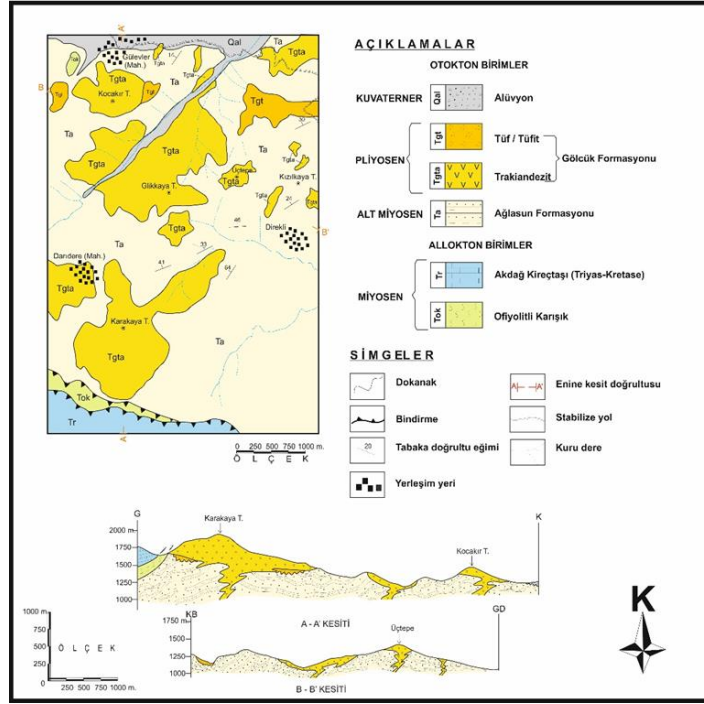
Açık işletme yönteminde basamaklar oluşturularak ilerleme sağlanır. Basamak genişliği kullanılacak olan iş makinelerinin manevra kabiliyetlerine göre projelendirilir. Açık ocak işletmelerinde kullanılacak olan kamyonların geri ve ileri manevra yapabileceği ve dönüşlerde rahat ve emniyetli bir şekilde hareket edebileceği bir basamak genişliği yeterli olabilmektedir. Basamak yüksekliği ise kullanılacak olan iş makinelerinin bom yüksekliği ile orantılı olarak projelendirilir. Kullanılacak olan makine lastik tekerlekli yükleyici ise maksimum kova yüksekliği kova yüksekliğinin 1,5 katı kadar basamak yüksekliği düşünülür. Bu tür işletmelerde çok miktarda toprak çıkarılarak dış kısma yığılır. Hafriyat yerlerini çoğu zaman su basar ve dışarıya yığılan topraklar çok geniş alanları kaplar. Aynı zamanda tarım ve orman alanları da engellenmiş olur. Açık işletmelerin zararlı etkilerinin boyutu; jeolojik yapıya, hidrojeolojik özellikler, hidrolojik özelliklere, ocak alanı ve derinliğine, mevcut toprak, bitki örtüsü ve iklim şartlarına bağlıdır. Dış

kısımdaki yüksek yığınlar, toprak ve bitki örtüsünü önemli ölçüde bozarlar. Yığınlarda toplanan kayalar bozulmaya fazlasıyla direnç gösterirler ve bitki örtüsüne zehirli bileşikler verebilirler. İşletme sonrası hafriyat yerleri, derinlikleri, eğimlerin dikliği ve kayalık olması, su erozyonu ve su basması gibi sebeplerden dolayı, bu alanların yeniden kullanılmaları çok güçtür. Açık ocak işletmesi şeklinde yapılan madencilik faaliyetlerinde sadece jeolojik, teknik ve ekonomik faktörlere bağlı kalınarak işletmeye açılan maden ocakları çevreyi, işletme sırasında ve sonrasında ekolojik, ekonomik ve estetik yönden ciddi boyutlarda etkilemektedir. Bu etkiler bulunduğu alanın çevresel faktörlerine, alt yapıya, alınan önlemlere ve yerin iklimsel özellikleri ile işletme esnasındaki meteorolojik koşullara göre değişiklik göstermektedir. Maden ocaklarının çevresel etkileri; topografyadaki değişim, bitki örtüsü, üst toprağın kaldırılması; su rejiminde değişiklikler, patlatma sırasındaki yer sarsıntıları, gürültü, toz ve taş fırlamaları; ripperleme, yükleme, boşaltma, kırma, taşıma sırasında meydana gelen toz; artık ve atıkların rüzgar ve su ile taşınması, şantiyenin atık kirliliği olmaktadır. Ayrıca, kayaların farklı ayrışma süreçleri ile geliştirebileceği minerallerin insan sağlığına zararlı etkileri de göz önünde tutulmalıdır.

## B. Jeolojik Yapı

Isparta ve çevresindeki kaya birimleri otokton ve allokton konumlu olmak üzere başlıca iki grup altında toplanır (Woodcock ve Robertson 1982; Robertson, 1993). Yörede geniş bir alanda yüzeyleme veren otokton birimler yaşlıdan gence

doğru; Ağlasun Formasyonu, Gölcük Formasyonudur. Allokton birimler ise yaşlıdan gence doğru; Ofiyolitli karmaşık, Akdağ kireçtaşı birliği şeklindedir (Poisson 1977, 1984). Tüm bu birimler üzerinde ise uyumsuz olarak Alüvyon yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeolojik haritası ve enine kesitleri

GB-Anadolu'da en önemli volkanik alanlardan birini oluşturan Gölcük kalderası, Kuvaterner döneminde aktif olmuş genç bir volkanizma faaliyeti sonucunda meydana gelmiştir. Çoğunlukla patlamalı bir volkanik faaliyet gösteren Gölcük volkanı egemen olarak alkalın ve hiperalkalin özellik gösteren piroklastik gereçler püskürtmüştür. Gölcük volkanının patlaması sonucu ortaya çıkan ve başlıca tüf, lapillitaşı, pomza, aglomera ve ignimbritlerden oluşan piroklastik gereçler, Gölcük kalderası ile Isparta çevresinde geniş bir alanda gözlenir. Gölcük volkanının patlaması sonucu ortaya çıkan piroklastik ürünler, Burdur, Eğirdir, Bucak ve Antalya'ya kadar olan geniş bir alanda yayılmışlardır (Yalçınkaya, 1989). Bu nedenle

Isparta-Antalya arasında yer alan dağ arası düzlüklerde ve ovalarda, Gölcük volkanizmasından türemiş piroklastik bileşenler yaygın olarak bulunmaktadır. Isparta'nın güneyinde bulunan Darıderesi ve civarında, piroklastik oluşumların yanısıra, Gölcük volkanizması ile yaşlı ve daha yaşlı olabilen andezit, trakiandezit, trakit, fonolit, lamproit ve lamprofirlerden oluşan alkalın ve hiperalkalin bileşimli volkanik kayalar yer almaktadır (Yağmurlu vd. 1997). Bu volkanik kayalar bölgede daha çok sub-volkanik stoklar, dayklar ve özellikle kaldera içinde ring dayklar şeklinde gelişmişlerdir (Şekil 3).

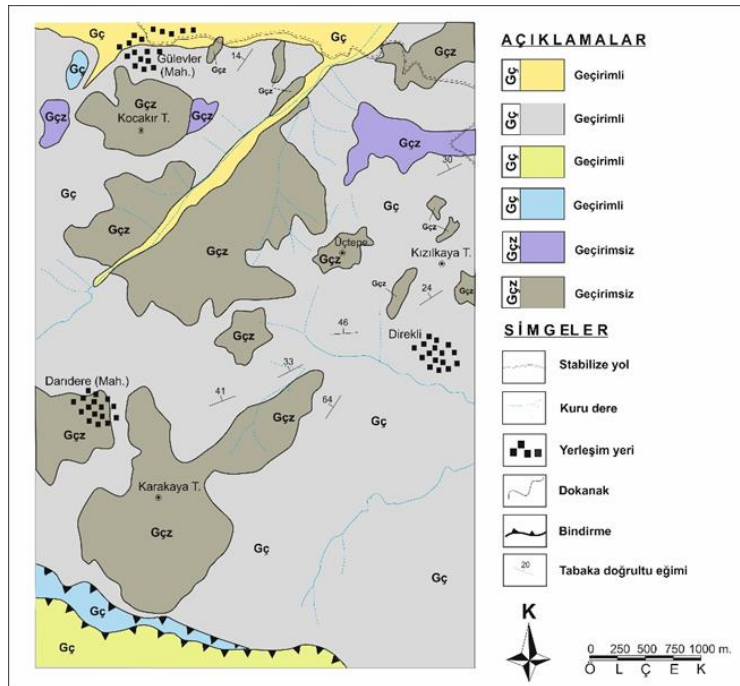




Şekil 3. Çalışma alanı ve civarında yer alan volkanitlerin görünümü

Hidrojeolojik amaçlı çalışmalarda araştırma alanında bulunan birimlerin yaşları ve birbirleriyle ilişkilerinden ziyade bu birimler içerisinde bulunan litolojik türlerin hidrojeolojik özellikleri dikkate alınmaktadır. Bu nedenle hazırlanan haritalarda benzer hidrojeolojik özellikler taşıyan farklı bir değişle yeraltı suyu bulundurma özellikleri benzer olan birimler aynı grup içerisinde değerlendirilmektedir. Örneğin, bir bölgede farklı jeolojik yaşlarda, yüzeyleme alanları ve alt üst ilişkileri farklı olan, bu nedenle de jeoloji haritalarında ayrı birimler olarak haritalanan kireçtaşı birimleri hidrojeolojik açıdan karstik akifer özelliği taşıdıkları için hidrojeoloji haritalarında tek bir birim altında toplanmaktadır. Araştırma alanında

yeraltı suyu bulundurabilecek akifer niteliğindeki birimler alüvyon ve çökel kayalardır. Gözenekli akifer özelliği taşıyan alüvyon Geçirimli Birim olarak haritalanmıştır (Şekil 4). Alüvyon ortamlar kalınlıklarının büyük ve yayılımlarının geniş olduğu bölgelerde özellikle geniş ovalarda en önemli akifer ortamları oluşturmaktadırlar. Geçirimsiz birimleri ise ofiyolitler oluşturmaktadır. Kireçtaşları ise yarı geçirimli birim olarak haritalanmıştır. Gölcük kalderası olarak bilinen volkanik çıkış merkezinin batı bölümü ise topoğrafik koşullarda dikkate alındığında yayılım ve kalınlığının az olduğu ve yeraltı suyu bulundurma kapasitesinin sınırlı olduğu söylenebilir.



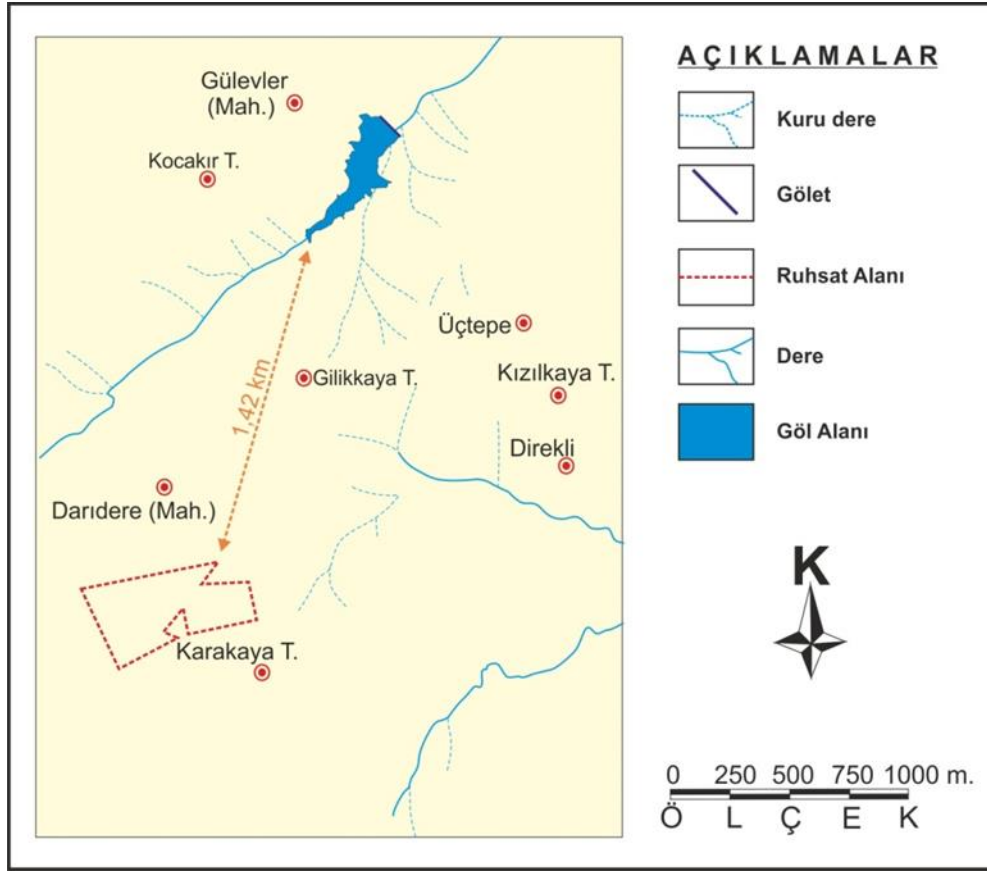
Şekil 4. Çalışma alanının Hidrojeoloji Haritası

Çalışma alanının hidrojeolojik özelliklerine genel olarak bakıldığında madencilik faaliyeti yapılan/yapılacak sahalarda yeraltı suyu bulunma olasılığının oldukça az olduğu görülmektedir. Ayrıca, alüvyon ortam içerisinde sınırlı miktarda bulunan yeraltı suyunun miktar ve kalitesi açısından, madencilik faaliyetinin işletme tekniği ve yeri dikkate alındığında, olumsuz etkilenme riski oldukça düşüktür. Madencilik faaliyeti esnasında oluşacak atık suların kendiliğinden buharlaşarak yok olacağı esas dikkate alınmaktadır. Atık su miktarının az olması durumunda buharlaşan su risk oluşturmamaktadır. Söz konusu su kaynaklarını etkileyebilecek bir diğer unsur ise işletmede çalışan/çalışacak personelin ihtiyaçlarının karşılanması sırasında ortaya çıkacak olan katı ve sıvı atıklardır. Şantiyelerde oluşacak katı atıkların ağzı kapalı bidonlarda biriktirilerek en yakın çöp deponi alanına taşınması katı atık kaynaklı kirlenme tehlikesini ortadan kaldıracaktır. Personel kaynaklı atık suların ise sızdırmaz foseptiklerde biriktirildikten sonra en yakın faal atıksu arıtma tesisinde bertarafı sıvı atık problemini de engellemiş olacaktır. Fakat işletme sırasında katı ve sıvı atıklar konusunda yapılması taahhüt edilen faaliyetlerin sürekli ve titizlikle gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Aksi durumda en önemli yüzey suyu kaynağı olan Darıdere Baraj gölünün olumsuz etkilenmesi muhtemeldir.

### *C. Hidrolojik Özellikler*

Havza bazında hidrolojik döngü, suyun buhar halinde yağmura, yağmurdan yer yüzeyine düşerek yer altına süzülmesi ya da yüzey akışı ile göller ve rezervuarlara birikmesi, buradan evaporasyon ve transpirasyon ile tekrar su buharına dönüşmesiyle

gerçekleşir. Bölgesel ölçekte su kaynaklarının ve su kalitesinin devamlılığı hidrolojik döngüyü sağlayan hidrolojik bileşenlere (yüzey akışı, yer altı suyu depolama ve boşalım miktarları, evapotranspirasyon vb.) bağlıdır. Hidrolojik bileşenler, su kalitesinin korunması için ölçümlerin yapılabilmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için karar vericiler tarafından plan kararlarının alınabilmesi konusunda önemli rol oynar. Hidrolojik haritalama sürecinde dere sisteminin akım ağları, akış yönü ve potansiyelinin belirlenmesi, hidrolojik haritalama uygulamasında alandaki drenaj ve su dağılımının tespit edilmesi açısından çok önemlidir. Bu noktada en sarp akış inişi ve akış yönü tespit edilmiştir. Çalışma alanı ve yakın çevresinin Hidroloji Haritası Şekil 4 de verilmiştir. Bölgedeki en önemli su kaynağı Darıderedir. Darıdere, Akçapınar kaynağından beslenmektedir. Darıdere-Minasın çayının 2000-2006 yılları arası akım değerleri kullanılarak ova için akım miktarı 10,79x106 m<sup>3</sup> /yıl olarak belirlenmiştir (Varol ve Davraz 2016). Darıderesi yaz aylarında sulama amaçlı olarak kullanılmakta iken, dere üzerine inşa edilen Darıdere Barajı ile suyun bir kısmı yine sulama suyu olarak ayrılırken büyük bir kısmı da Isparta ilinin içme suyu ihtiyacını karşılamak için projelendirilmiştir. Havza içerisine dışarıdan gelen akarsu akışı bulunmamaktadır. Havzanın dışı akışı ise Isparta Çayı ile sağlanmaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresinin Hidroloji Haritası Şekil 5 de verilmiştir. Darıderesi Baraj gölünün su sınıfı kalsiyum magnezyumlu (Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>) sular sınıfındadır (Varol ve Davraz 2016).



Şekil 5. Çalışma alanı ve civarının Hidroloji Haritası

### III. TARTIŞMA

Açık ocak işletmesi şeklinde yapılan madencilik faaliyetlerinde sadece jeolojik, teknik ve ekonomik faktörlere bağlı kalınarak işletmeye açılan maden ocakları çevreyi, işletme sırasında ve sonrasında ekolojik, ekonomik ve estetik yönden ciddi boyutlarda etkilemektedir. Bu etkiler bulunduğu alanın çevresel faktörlerine, alt yapıya, alınan önlemlere ve yerin iklimsel özellikleri ile işletme esnasındaki meteorolojik koşullara göre değişiklik göstermektedir.

Genel olarak maden ocakları ile topoğrafya ve görsel peyzaj değerlerinde değişimler oluşturmaktadır. Bitki örtüsünün ve üst toprağın kaldırılması; su rejiminde değişiklikler, riparleme, yükleme, boşaltma, kırma, taşıma sırasında meydana gelen toz; artık ve atıkların rüzgar ve su ile taşınması ve şantiyenin atık kirliliği gibi etkilerle çevreye zararlı olabilmektedir.

### IV. SONUÇLAR

Çalışma alanı ve yakın çevresindeki kaya birimleri jeolojik olarak otokton ve allokton konumlu olmak üzere başlıca iki grup altında toplanır. Yörede geniş bir alanda yüzeyleme veren otokton birimlerden

Gölcük Formasyonuna ait volkanik malzemelerde (tüf/tüfit, trakiandezit) yapılan açık işletme madenciliğinin çevresel etkileri bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Bölgenin hidrojeolojik özelliklerine genel olarak bakıldığında madencilik faaliyeti yapılan/yapılacak sahalarda yeraltısuyu bulunma olasılığının oldukça az olduğu görülmektedir. Olası yüzey hareketleri kontrol edilmelidir. Topoğrafyadaki değişim, bitki örtüsünün ve üst toprağın kaldırılması; yüzey suyu rejiminde olası değişiklikler, yükleme, boşaltma, kırma, taşıma sırasında meydana gelen toz; atıkların rüzgar ve su ile taşınması çevreye olan etkiler olarak sıralanabilmektedir. Volkanik arazilerde açık işletme madenciliği faaliyet alanı içinde taşıma işlemleri sırasında toz oluşumunu engellemek amacıyla su kullanımı ile spreyleme işlemi yapılmalıdır. Böylelikle herhangi bir yüzeysel veya yeraltı akışla kullanılan suyun su kaynağına ulaşması mümkün olmamalıdır. Bölgedeki en önemli su kaynağı Darıderedir. Direkli Köyü'ne, Darıdere Baraj gölüne faaliyet esnasında meydana gelen tozların ulaşması engellenmelidir. Darıdere Barajı ile suyun bir kısmı yine sulama suyu olarak ayrılırken büyük bir kısmı da Isparta ilinin içme

suyu ihtiyacını karşılamak için projelendirilmiştir. Her ne kadar toz yayılımının su kaynakları ve yerleşim yerleri için herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet vermeyeceği sonuçlardan ortaya çıksa bile, çalışanların sağlık açısından etkilenmemesi için tozumanın önüne geçmek için birtakım önlemler alınmalıdır. Bu önlemler;

Kamyonlara yükleme ve boşaltma yapılması sırasında oluşacak tozlanmaya karşı; yükleme ve boşaltma işlemlerinin savurma yapılmadan yavaş yavaş yapılması toz çıkışında bir miktar azalmaya sebep olmaktadır. Bu hususa dikkat edilmeli ve malzeme sürekli olarak nemli tutulmalıdır.

Ocak içi ve nakliye yolları tozlanmayı engelleyecek şekilde belirli aralıklar ile stabil malzeme dökülmelidir. Nakliyede kullanılan yolların sürekli arasözle sulanması sağlanmalı, nihai nakliye sırasında kamyonların üzeri branda ile kapatılmalıdır. Stok alanında malzemenin yüzeyden itibaren 10 cm'lik kısmının sürekli nemli tutulması sağlanmalıdır. Nakliyede kullanılacak kamyonların hız limitlerine uyması sağlanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

[1] N. H. Woodcock, A. H. F. Robertson, "Wrench and thrust tectonics along a Mesozoic– Cenozoic continental margin: Antalya Complex, SW Turkey." *Journal of Geological Society of London*, 1982, Vol. 139, p. 147–163.

[2] A. H. F. Robertson, Mosozoic-Tertiary sedimentary and tectonic evolution of Neotethyan carbonate platforms, margins and small ocean basins in the Antalya Complex, southwest Turkey: *Spec. Pubs. International Association of Sedimentology*, 1983, Vol. 20, p. 415- 465.

[3] A. Poisson, "Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie)", *These, Univ. Paris-Sud, Orsay*, 1977, 795 p.

[4] A. Poisson, "The extension of the Ionian Trough into Southwestern Turkey. In: Dixon, J and Robertson, AHF (eds). *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean*, Special Publication of the Geological Society, 1984, Vol. 17, p. 241-248.

[5] S. Yalçınkaya, Isparta-Ağlasun (Burdur) dolaylarının Jeolojisi. *İstanbul Üniv. Fen. Bilim. Enst. Doktora Tezi*, 1989, 176 s. İstanbul (yayınlanmamış)

[6] F. Yağmurlu, Y. Savaşcı, M. Ergün, "Relation of alkaline volcanism and active tectonism within the evolution of Isparta Angle, SW-Turkey", *The Journal of Geology*, 1997, Vol. 105, s. 717-728.

[7] S. Varol, A. Davraz, "Evaluation of potential human health risk and investigation of drinking water quality in Isparta city center (Turkey), IWA Publishing, *Journal of Water and Health*, 2016, Vol. 14.3.