

Makale Gönderim Tarihi: 28.06.2021

Yayına Kabul Tarihi: 30.1.2022

Açık Ocak Madenciliğinde Su Kaynaklarının Yönetimine Bağlı Sorunlar *Management Problems of Water Resources in Open-Pit Mining*

Celalettin Şimşek

*Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı/İzmir**Sorumlu yazar, e-mail: celalettin@deu.edu.tr*

Özet

Yeraltı suyu stratejik öneme sahip önemli su kaynaklarımızı oluşturur. Özellikle, kuraklık ve doğal afetlere bağlı olarak su probleminin yaşandığı dönemlerde, kullanılması gerekli olan kaynaklar olarak düşünülmektedir. Ülkemizde yapılan Nehir Havza Yönetim Planı çalışmaları yeraltı suyu kaynağının miktar açısından azaldığı, kalite açısından ise kötüleştiğini göstermektedir. Yeraltı suyu kaynağının yakında ilgilendiren en önemli sektörlerden biri ise madencilik faaliyetleridir. Özellikle kömür işletme sahalarında kömür tabakasının üzerinde düşük verimli veya verimli akiferler bulunmaktadır. İster kapalı ister açık işletilen sahaların üzerindeki akiferden, işletme sahasına gelen yeraltı suyunun işletilen ocak veya galeriden uzaklaştırılması gerekmektedir. Açık işletme sahalarında akiferlerin yanı sıra, yüzeysel suların ocak içerisinde akışlarının kontrol altına alınması ve kontrollü drenaj koşullarının oluşturulması, madencilik faaliyetlerinin güvenliği açısından önem taşımaktadır. İşletme sahasına gelen suların maden sahası içerisinde, kalite ve miktar açısından izlenmesi, drenaj koşullarının kontrol altına alınması, yeniden kullanımının sağlanması su kaynaklarının korunması açısından yapılması zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada, açık ocak madenciliğinde su kaynaklarına bağlı sorunlar ve su yönetimi üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su problemleri, kontrollü drenaj koşulları, su yönetimi

Abstract

Groundwater constitutes our strategically important water resources. It is considered as a resource that should be used, especially during periods of water problems due to drought and natural disasters. The River Basin Management Plan studies conducted in our country show that the groundwater resource has decreased in terms of quantity and deteriorated in terms of quality. One of the most important sectors closely related to groundwater resources is mining activities. There are low or high yield aquifers above the coal layer, especially in coal mining sites. Groundwater coming to the operation site, whether from the aquifer on the closed or open operated fields, must be removed from the operated gallery or mine. In addition to the aquifers in open pit areas, controlling the flow of surface waters in the quarry and creating controlled drainage conditions are important for the safety of mining activities. It has become a necessity to monitor the water coming to the operation site in terms of quality and quantity, to control the drainage conditions and to ensure their reuse in terms of protecting water resources. In this study, evaluations were made on the problems related to water resources and water management in open pit mining.

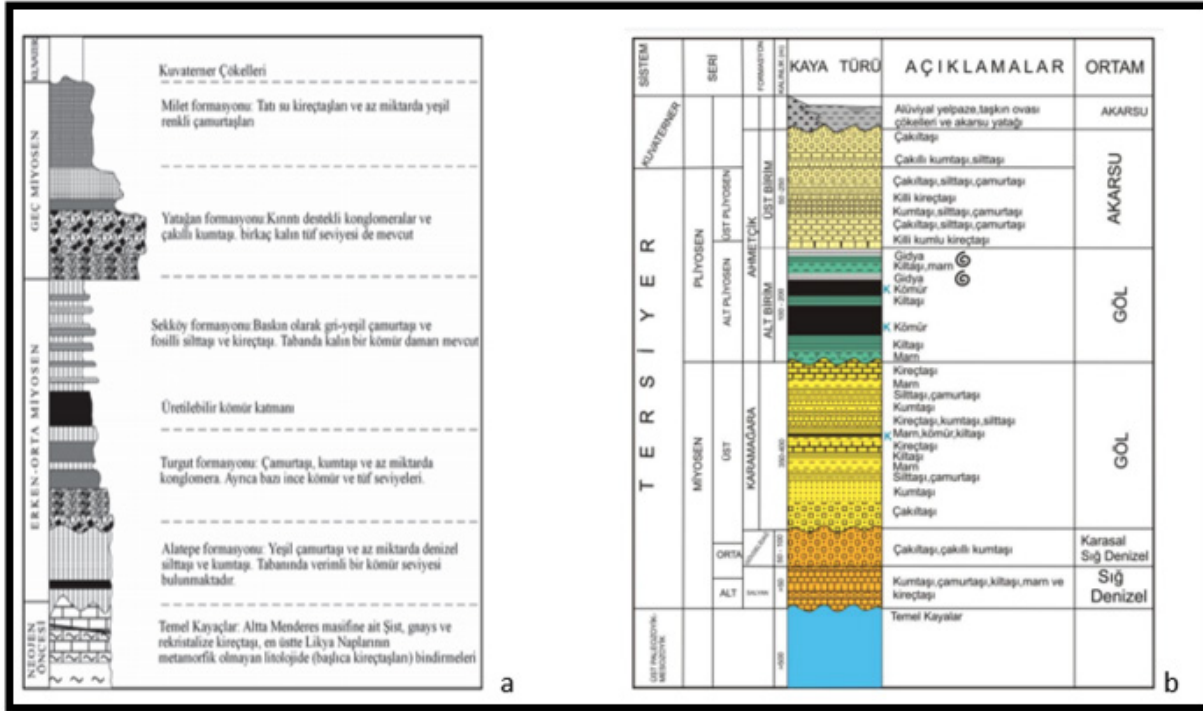
Keywords: Water problems, controlled drainage condition, water management

1. GİRİŞ

Ülkemizde enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan en önemli maden zenginliklerinden biri kömürdür. Son zamanlarda, dünya’da ve ülkemizde artan enerji talebini karşılamak için kömür madenciliğine dönük önemli adımlar atılmıştır. Kömür, derin jeolojik ortamlarda oluşan kil, silt, balçık ve organik malzemelerden oluşan yanıcı bir madde olarak bilinmektedir (Van Krevelen, 1993). Kömüre ulaşmak için üst katmanlardaki birimlerin kazılması veya daha derinde olması durumunda ise kapalı işletme yöntemi ile çıkartılmaktadır. Jeolojik yapıya bakıldığında, kömüre ulaşmak için birçok alanda yeraltı suyu bulunduran birimleri kazarak kömüre ulaşmak gerekmektedir.

Ülkemiz genelinde kömür sahalarının büyük bölümü Neojen kırıntılı seriler içerisinde farklı derinliklerde bulunmaktadır. Neojen kırıntılı seriler tabandan itibaren kıltaşı, silttaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve killi kireçtaşı şeklinde bir istif sunmasına karşın, bölgesel tektonizmaya bağlı olarak farklılık sunmaktadır. Ege Bölgesinde yer alan sahalardan biri olan Muğla Yatağan kömür sahasında kömür tabakası Turgut Formasyonu olarak adlandırılan çamurtaşı, kumtaşı serisi ile Orta Miyosen Yaşlı Sekköy Formasyonu olarak adlandırılan çamurtaşı ve silttaşı tabakaları arasında yer alır (Çebi, 2016). Bu serilerin üst kesimlerinde akifer özelliğinde olan konglomeralar ve kireçtaşları yer alır. Ülkemizin güneydoğusunda yer alan ve en önemli sahalardan birisi ise Elbistan Kışlaköy kömür sahasıdır. Elbistan Kışlaköy sahasında Pliyosen Yaşlı kıltaşı-marn serisi içerisinde kömür tabakaları yer alır (Yusufoğlu vd, 2005). Elbistan bölgesinde benzer şekilde kömür tabakası olan serinin üzerinde akifer olarak killi kireçtaşları ve çakıltaşları bulunur (Şekil 1). Bazı kömür sahalarda ise Neojen serilerin yanal olarak tektonik hatlarla Mesozoyik Yaşlı karstik özellik taşıyan kireçtaşları veya fay zonları ile bağlantılı olup, işletme alanına yüksek debili yeraltı suyu gelişinin önlenmesi için susuzlaştırma yapılmaktadır.

Petrol, gaz, jeotermal ve kömür gibi yeraltında bulunan doğal zenginlikler dünyanın her yerinde, akifer sistemlerinin altında yer alır. Bu kaynaklara ulaşıp, işletilebilmek için akifer sistemlerini geçmek için kazılması gerekir. Kuşkusuz yeraltı suyu akiferleri korunması gereken en önemli doğal kaynaklarımızdan biridir. Uygun bir planlama ile bu kaynaklar birlikte ve birbirine zarar vermeden işletilebilmesi gerekmektedir. İşletme öncesi jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik ve hidrojeokimyasal çalışmaların eksiksiz yapılması ile karşılaşılabilecek sorunları minimize edilmesi mümkündür. Yukarıda belirtilen çalışmalara dikkat edilmeden yapılan madencilik faaliyetlerinde işletme içerisinde ani su gelişleri, hem iş güvenliği açısından hem de işletme açısından büyük risk oluşturur. Maden işletme aşamalarında diğer önemli sorunlardan birisi ise su ve çevre kirliliğidir. Plansız atık depolamaları, pasalardan kaynaklı sızıntılar, atık havuzlarının yıkılması, çevreye asidik maden suyu drenajının salınımı, kontrolsüz su drenajları ve akarsulara sediman taşınımı gibi birçok faktör yüzey ve yeraltı suyu kirliliğine neden olabilmektedir (Gupta ve Nikhil, 2016). Bütün bunlar dikkate alındığında, madencilik faaliyetleri sırasında alınabilecek önlemler ile yeraltı suyu ve yüzey suyu kaynaklarına zararı minimum indiren bir işletme yapılması, madencilik ve su kaynaklarının korunması açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1. Muğla (a) ve Elbistan (b) Bölgesi Kömür havzalarının stratigrafik kolon kesitleri (Çebi, 2016 ve Gökmenoğlu, 2019)

Diğer taraftan ülkemizde yeraltı suyu kaynaklarındaki azalma önemli bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Ülkemizde yapılan hidrojeolojik etüdlerinde birçok su havzasında yeraltı suyu seviyelerinin sürekli bir düşüm eğiliminde olduğu ortaya konulmuştur (Gündüz ve Şimşek, 2011; DSİ, 2014). Miktar ve kalite açısından baskı altında olan su kaynaklarının korunmasına ve iyi duruma getirilmesi için ülkemizdeki tüm havzalarda su yönetimi ve planlama çalışmaları yapılmaktadır (SYGM, 2020). Yeraltı suyu miktar ve kalite açısından korunması için tüm paydaşların üzerine düşen görevleri yapmaları gerekmektedir. Bu kapsamda, maden işletme aşamasında ve sahayı terk etme durumlarında su kaynaklarının korunması için azami özen gösterilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Özellikle akiferden yapılan kontrolsüz drenaj koşulları yeraltı suyunu hem miktar hem de kalite açısından olumsuz etkilemektedir. Ocak içerisine gelen yeraltı suyunu kullanım planı oluşturmadan drene etmek işletme sahası ve çevresinde yeraltı suyu seviyelerinde önemli düşümlere neden olmaktadır. Kalite açısından ise sulama ve içme-kullanma suyu sağlayan kuyuların veya yüzeysel suların olumsuz etkilendiği yaygın bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kontrolsüz drenaj koşulları sonucu oluşan asidik maden suları

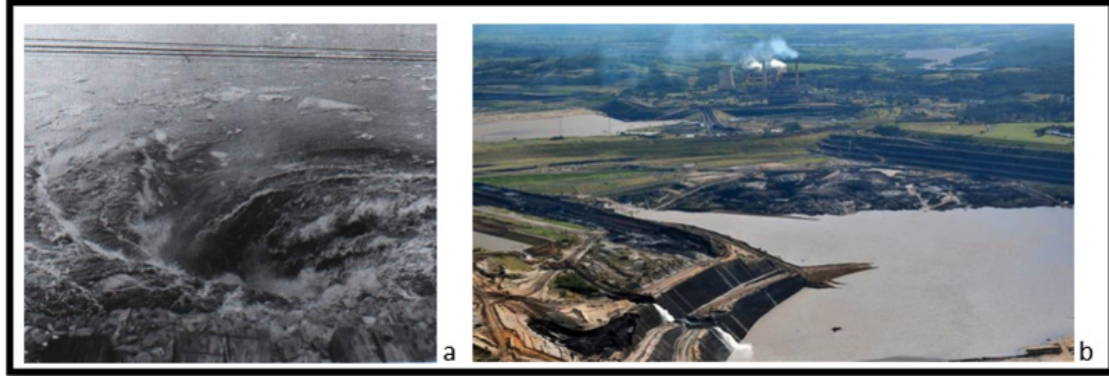
Yapılan her madencilik faaliyeti mutlaka bir hidrolojik havzası içerisinde kalmaktadır. Maden sahasının içerisinde bulunduğu hidrolojik havza özellikleri, sahanın nehir veya akarsuya yakınlığı, maden atıklarının veya pasaların dere veya akarsuya yakın alana depolaması gibi bir çok faktörün iyi planlanması ve her sahada su yönetiminin oluşturulmasının önemi oldukça büyüktür (Ngah vd, 1984; Taştekin vd, 2015). Kontrolsüz drenaj koşullarına sahip sahalarda, taşkınlara bağlı olarak ocak içerisinde malzeme ile dolması, heyelan ve çamur akması gibi kütle kaymaları, ocak içerisindeki suyun şevleri olumsuz etkilediği birçok vaka belirtilmektedir (Norton,1982, Brawner, 1982).

Maden işletmelerinin su kaynaklarının miktar açısından etkileri yanında, su kaynaklarına neden olan kimyasal etkilerini de kontrol altına alınması gerekmektedir. Maden işletme alanı içerisindeki yüzeysel sularının kalitesi açısından beklenebilecek en temel değişiklik, saha koşullarında yapılacak patlatma, kopartma, parçalama vb. kazı faaliyetlerin üretilen malzemenin tane boyutunu ufaltması ve bu sayede kimyasal ve fiziksel ayrışmaya daha yatkın hale gelmesi gelmesidir. Malzemenin boyutunun küçülmesi sonucunda özellikle kimyasal reaksiyonlara daha açık bir forma dönüşmesine neden olur. Bu durumda yüzeysel suların gerek partikül miktarının artmasına gerekse kimyasal özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu sular ise kullanılabilir bir kaynak suyu olmaktan çıkmakta ve bir kirletici kaynak özelliği kazanmaktadır. Bütün bunlar dikkate alındığında, madencilik faaliyetlerinin su kaynaklarına kalite ve miktar açısından olası etkilerini aza indirmek için olası problemlerin belirlenmesi ve alanda bir su yönetimi oluşturulması ile mümkün görülmektedir.

2. MADEN SAHALARINDA SU PROBLEMLERİ

Su kaynakları miktar ve kalite açısından maden sahalarında farklı problemlere neden olmaktadır. Miktar açısından ele alındığında, sahada hem yüzey suyu kaynaklı hem de yeraltı suyu kaynaklı sorunlarla karşılaşmaktadır. Yüzey suyu kaynaklı olarak en önemli sorunlardan biri, maden sahasının içerisinde bulunduğu drenaj alanına düşen yağışlara bağlı olarak taşkınla karşılaşmasıdır. Bu durum bazen can ve mal kaybına neden olmaktadır. Çin Yicun kentinde bulunan kömür madeni sahasının ani gelişen taşkın nedeni ile 7 işçi mahsur kalmıştır. Benzer bir şekilde, ABD Pelsinvanya Knox kömür maden sahasındaki ölümcül bir taşkın olayı gerçekleşmiştir (Berger, 2009). Avustralya Yallourn kömür açık işletmesinde 2012 yılında nehir kanalının çökmesi ile yaklaşık 24000 olimpik havuz büyüklüğünde bir alan su altında kalmıştır (Morton, 2012). Şekil 3'de yukarıda belirtilen su taşkın problemlerine bağlı olay sonrasında çekilmiş resimler sunulmuştur. Ülkemizde ise Karaman Ermenek ilçesinde galeriyi su basması sonucu işçilerin mahsur kalması suyun yarattığı ve insan hayatını tehlikeye atan su problemleri olarak karşımıza çıkmıştır. Yaşanan problemlere bakıldığında, maden pasa sahasının bir akarsuya yakın konumlandırılması ve heyelanın neden olduğu akarsu akışının kesilmesine bağlı taşkın gelişmesidir. Diğer olayda ise büyük ölçekli bir heyelanın ocak tabanındaki toplanan suyu taşıması sonucu sahada önemli bir su problemine neden olmuştur. Görüldüğü üzere maden sahalarındaki yüzey suyu drenajının yönetilebilir duruma getirilmemesi ve olası risklere karşı önlemler alınmadığında, meydana gelen su taşkını ocak boşluk alanını doldurduğu gibi, pasa veya su setlerini yıkarak doğal ortama taşınmasına da neden olabilmektedir.

Bu sorunlara dönük yapılan çalışmalarda, madencilik faaliyetleri süreçlerini oluşturan planlama, üretim, işletme ve sonraki dönemlerde mutlaka bir yüzeysel su kontrol planı yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Wood, 1981).



Şekil 3. Pelsinanya Knox (a: Bergen, 2009) ve Avustralya Yallourn (b: Morton, 2012) kömür sahalarının su altında kalması

Yeraltı suyu etkisi açısından ele alındığında, akiferin verimliliği, açık ocak işletmeciliğinde ocağın genişliği ve derinliği büyük önem taşımaktadır. Özellikle ocağın, akifer zonun altına inmesi durumunda yeraltı suyu drenaj problemi ile karşılaşmakta ve planlı bir çalışma gerektirmektedir (Liang vd, 2017). İşletilmesi düşünülen maden sahasındaki akiferin doymun kalınlığı, hidrolik iletkenliği, beslenme alanı, yüzey suyu ile etkileşimi gibi hidrojeolojik özellikler ocak içerisine gelecek su miktarını etkilemektedir. Akiferden ocak içerisine gelecek su miktarının belirlenmesi için kapsamlı bir çalışma yapılması, kömür damarının üstünde yer alan akiferlerin hidrojeolojik özellikleri net olarak ortaya konulması gerektiği bir çok çalışmada vurgulanmaktadır (Norton, 1982; Mackie, 2009; Taştekin vd, 2015).

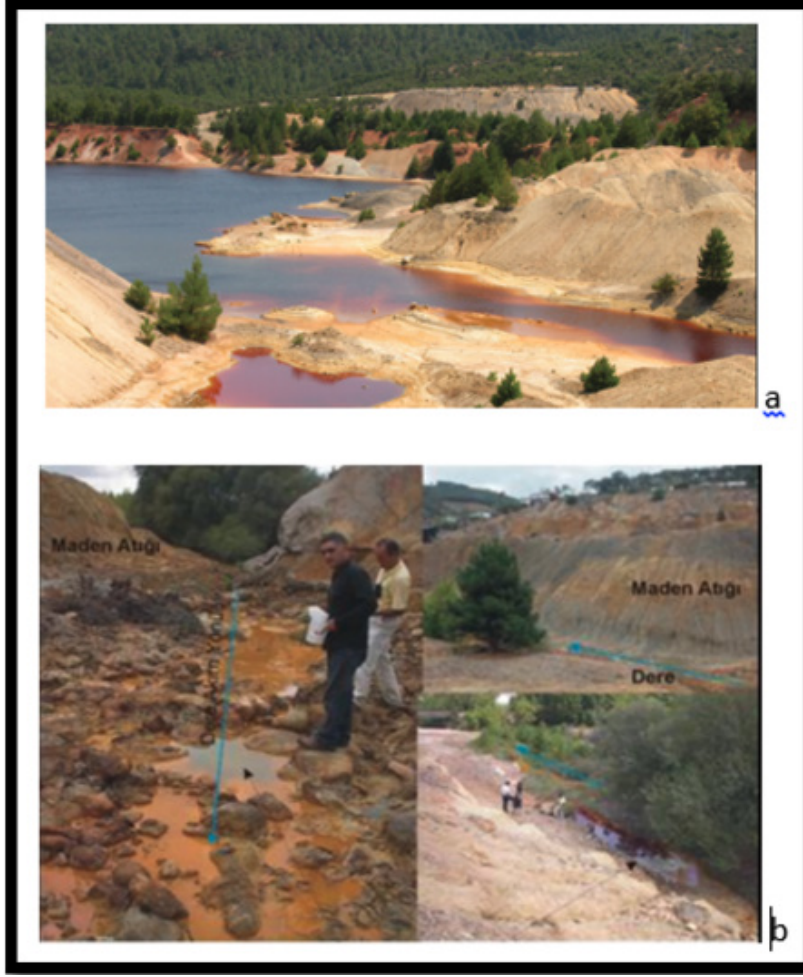
Ülkemizde genel olarak bakıldığında, yaygın olarak işletilen kömür damarları üzerindeki örtü tabakaları içerisinde killi kireçtaşları önemli yeraltı suyu bulduran litolojik birimdir. Birim kil ağırlıklı ve geçirimsizliği düşük olabileceği gibi karstik yapılara sahip ve oldukça geçirimli bir yapı da sunmaktadır. Killi kireçtaşının karbonatlı seviyesinin kalınlığı, kil tabakaların kalınlığı ve kırık ve çatlak sistemlerinde gelişen karstik yapıların varlığı ocak açılması sırasında su gelişini kontrol eden hidrojeolojik faktörlerdir. Tüm litolojik birimleri örten geçirimli alüvyonlar ocaklarda yeraltı suyu gelişini açısından dikkat edilmesi gereken birimlerdir. Alüvyon biriminin geçirimsizliği ve kalınlığı açık ocak işletmelerde su gelişlerinde önemli sorunlara neden olabilmektedir. İş güvenliği açısından, bu birimler içerisindeki yeraltı suyu seviyesinin kömür tabakasının alt kotuna kadar düşürülmesi için açılan kuyular ile drene edilmesi zorunlu hale gelmektedir. Ancak, yapılan susuzlaştırma çalışmalarında yeraltı suyu seviyesinin düşümüne bağlı olarak farklı çevresel riskleri de beraberinde getirmektedir. Yeraltı suyu seviyesinin düşürülmesi bazı alanlarda oturmalara veya obruk oluşumlarına neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada, karstik sistemlerde aşırı yeraltı suyunun seviyesinin düşürülmesine bağlı olarak obruk oluşumları gözlenmiştir. Kömür düzeyinin altında kil tabakasının kalınlığının değişkenlik sunması ve su çekimine bağlı olarak iç erozyonla obruk oluşumunun gerçekleştiği belirtilmektedir (Mahmutoğlu vd, 2017). Yurtdışında yapılan çalışmalarda, susuzlaştırma amaçlı açılan pompaj kuyularından veya geniş çaplı şaftlardan çekilen aşırı çekimlerin yarattığı seviye düşümlerine bağlı olarak, maden sahaları ve/veya yakın yerleşim alanlarındaki yapılara zemin oturmaları nedeni ile önemli hasarlar verdiği ortaya konulmuştur (Loupasakis vd, 2014).

Bazı kömür havzalarında (ör: Elbistan, Soma) karstik kireçtaşları ya taban kayasını oluşturmakta veya yanal olarak dokanak halindedir. Kireçtaşları karstik boşluklara sahip olduğu durumlarda kazı alanına yüksek debili yeraltı sularının akma olasılığı oldukça yüksektir. Bu bağlamda karstik sisteme çok sayıda sondaj ile yeraltı suyu çekimi yapılarak seviye kömür taban kotunun altında tutulmaya çalışılmaktadır. Elbistan sahasında yapılan çalışmada, kömür damarının alt

kısımındaki geçirimsiz kil tabakası kalınlığının ince olduğu, yanal olarak da bağlantılı olan kireçtaşlarından ocak içine su gelişinin olması veya şev duyarlılığını etkileyecek problemlerin olabileceği de belirtilmiştir (ODTM, 2009). Bu sonuçlar itibari ile bazı kömür sahalarında karsitik birimlerin varlığı büyük önem taşımaktadır. Her sahanın hidrojeolojik özelliğinin anlaşılması için kavramsal hidrojeolojik model, yeraltı suyu akım modeli ve su kimyası çalışmaları ile birimlerin madencilik çalışması süresinde yeraltı suyu hidrodinamik özellikleri net bir şekilde ortaya konulması, su probleminin çözümünde önemli rol oynamaktadır.

Diğer bir problemlerden biri ise madencilik faaliyetinin işletmeye geçmesi durumunda gerek yerüstü gerekse yeraltı suyu kalitesinde olası değişikliklerin izlenmesidir. Söz konusu değişiklikler, maden sahasının hidrolojik havzanın neresine olduğu ile yakından ilişkilidir. Maden sahasının bulunduğu bölgedeki oluşacak derelerin veya akarsuların akış miktarı, akaçlama ağı, yüzey ve yeraltı suyu etkileşimi, su kalitesinde ortaya çıkabilecek farklılaşmalara kadar geniş bir yelpazede oluşabilir. Ancak sahanın alansal ölçeği, yıllık üretim miktarları, cevherin tehlikeli veya tehlikesiz olması ve alanın geçirimsiz birim üzerinde yer alması, saha içerisinde uygun su yönetimi planlaması yapıp yapılmadığı dikkate alındığında, bu etkilerin sınırlı olması ancak alınacak önlemlere bağlı olduğunu söylemek gerekir.

Çevresel açıdan riskli olan maden sahasındaki litolojik birimlerde cevher veya kömür kaynaklı ufalanmış malzemenin yağışlı dönemde olası konsantrasyon artışlarına ek olarak, işletilmesi planlanan maden sahasından kaynaklı olarak su kalitesinde oluşabilecek en belirgin değişim, maden sahasının içinde bulunduğu drenaj yolundaki yerüstü sularında toplam katı madde ve askıda katı madde seviyelerinin yükselmesidir. Yüzeysel suların yıkadığı toksik elementler asidik maden suları ile çevreye veya en yakın su kaynağına geri dönüşü olmayan zararlar verebilmektedir. Plansız yüzeysel su yönetimi ve planlaması yapılmayan açık ocak işletmelerinde kontrolsüz yüzeysel drenaj, madencilik faaliyetlerinden dolayı toz haline gelen cevherli malzemelerin yüzeysel sularla düşük kotlara doğru akışa geçmelerine, bazen aşırı yağış suları ve taşkınlarla en yakın akarsuya karışma riskleri oldukça yüksektir (Şekil 4). Özellikle yüzeysel suların maden sahalarında depolanması ve bu esnada cevherli minerallerin suda çözünmesi yüzey su kaynaklarına kirlenme açısından olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu durum işletme sonrası sahanın rehabilite edilmeden terk edilmesi de benzer sorunlara ve çevresel sorunlara neden olmaktadır (Şekil 4). Yukarıdaki problemlere örnek olarak, Giresun Şebinkarahisar Kurşun atık havuzunun 2021 yılı Kasım ayında çökmesi ile 4500 ton atık ve atık suyunun Darabul Deresine karışması örnek olarak verilebilir. Bahsedilen problemler hem su kaynaklarına zarar vermekte hem de madencilik karşı olumsuz algıların oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 4’de görüleceği üzere her iki resimde işletilmiş ve terk edilmiş sahalardaki yüzeysel su kaynaklarının maden sahasından önemli oranda etkilendiği ve toksik elementler bakımından kirletildiği belirtilmektedir (Şimşek vd, 2012, Şanlıyüksel ve Baba, 2013). Bu sonuçlara neden olmamak için maden sahaları terk edilme şartlarına uygun olarak rehabilitasyon yapması önem taşımaktadır.



Şekil 4. Plansız terkedilme yapan maden sahalarında su kaynaklarının kirlenmesi (a: Şanlıyüksel ve Baba, 2013; b: Şimşek vd, 2012)

2.1. Maden Sahalarında Su Kaynaklarının Planlanması

Bir kömür ocağının arama, işletme ve sahayı terk etme dönemlerini içeren her aşaması su kaynaklarını yakından ilgilendirmektedir. Bu süre bazı alanlarda onlarca yıl almakta ve yüzey veya yeraltı suyu kaynağı bu süre boyunca miktar ve kalite açısından baskı altına kalmaktadır. Bazı ocaklarda verimli akiferle karşılaşılması durumunda, açılan ocak içerisine gelen yeraltı su miktarı günlük on binlerce metreküp suyu drene edilmesini zorunlu kılmaktadır. İşletme güvenliği açısından kömür damarının taban kotu altında tutulması için akiferden yüksek debili yeraltı suyunun çekimi yapılması gerektiğini daha önce ele alınmıştı. Maden sahasından drene edilecek yeraltı suyunun bir yönetim planının oluşturulması, yaşanan bölgesel su problemlerinde kullanımının sağlanması önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalarda, madencilik işletme dönemlerinde ortaya çıkan suyun azaltılmasına dönük iyi madencilik uygulamalar ve madencilik su yönetiminin belirlenmesi, su verimliliğinin artmasına ve olası çevresel risklerin azaltılmasına büyük rol oynayacağı belirtilmektedir (Zhang vd, 2014; Preene, 2015).

Açık ocak işletmelerde işletme en düşük taban kotuna yapılacak su toplama havuzları ve açık işletme çevresinde yapılacak kuşaklama kanalları ile yüzey suların toplama havuzunda toplanması ve buradan maden sahasında gerekli su kırma, eleme ve ocak içi ihtiyacı karşılanmalıdır (Şekil 5). Bu kuşaklama kanalları ile ocak içerisine gelen sularda aynı şekilde havuzlarda depolanması da sağlanmış olacaktır. Şekil 5'de sunulduğu üzere en düşük kotlarda yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklı suların depolanması ve buradan maden sahasında kontrollü drenaj koşullarının sağlanması ile miktar açısından korunmasını sağlayacak ve gelişmiş çevreye

salınmasının yaratacağı olumsuz etkileri minimize edecektir (Şekil 6). Maden sahasında kullanılmayan fazla suyun kalitesi de gözetilerek dönemsel sulama suyu olarak kullanımı, kömür santralleri var ise üretilen su miktarına göre santrale su sağlama, karstik sulardan drene edilen suların gerekirse içme suyu olarak bölgesel yönetimlerle görüşülerek kullanma suyu olarak kullanılması gibi seçenekler mutlaka değerlendirilmelidir. Yeraltısuyundan çekilen suyun değerlendirilmeden yüzeysel akarsulara drene edilmesi, yeraltı suyu miktarının korunması açısından büyük risk teşkil etmektedir.

Yüzeysel su kaynaklarının kontrol altına alınması saha içerisindeki suyun yönetiminde diğer en önemli aşamalarından birisidir. Maden sahasının bir nehir veya akarsuya yakın olması durumunda ise nehrin taşkın analizlerinin yapılarak olası risklerin değerlendirilmesi ve taşkın sınırları içerisinde madan kaynaklı malzemelerin depolanmasından kaçınılması gerekmektedir. Akarsuyun kanala alınması, akışı engelleyecek morfolojik yapıların düzenlenmesi olası taşkın risklerini minimize edecektir.

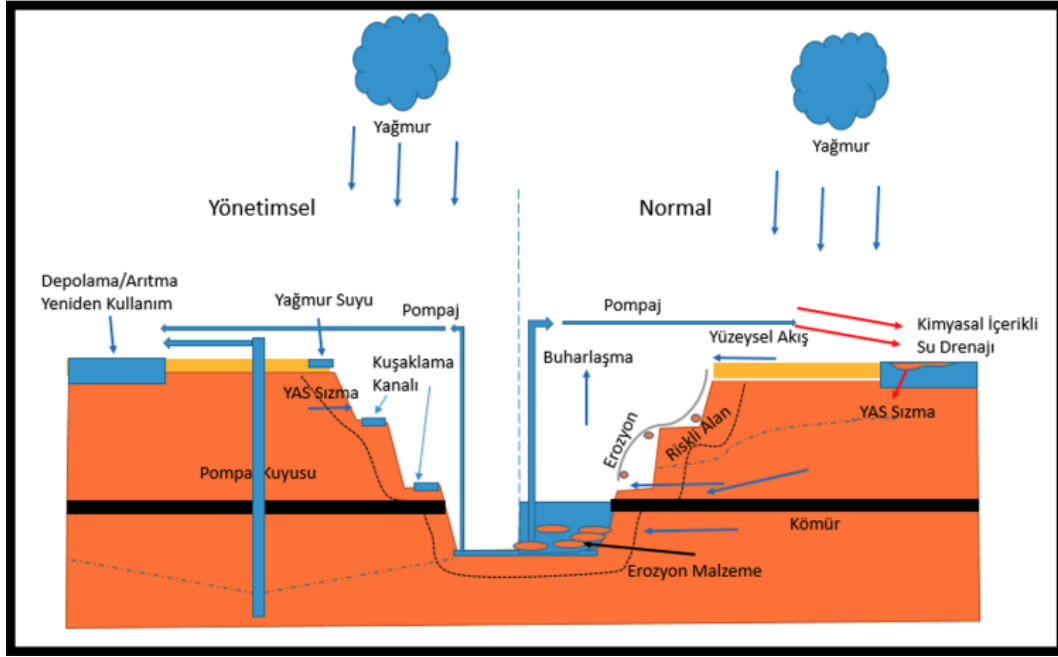


Şekil 5. Ocak içerisinde depolanan fazla suyun depolanması kanal ile drene edilmesi (ETİ, 2016)



Şekil 6. İşletme sahasında suların kontrollü drenaj koşulların ile drene edilmesi (ETİ, 2016; EÜAŞ, 2020)

Bir maden sahasında su yönetimi ve planlamasının diğer aşaması su kalitesinin korunmasıdır. İşletmede gerekli personel için içme suyu, kullanma ve sahada kesme, yıkama ve toz kalkmaması için sulama gibi günlük su tüketimlerini nasıl ve nerden sağlanacağı ortaya konulması gereken önemli sorunlar olduğu belirtilmektedir (Fleming, 2016). Maden sahasındaki su kaynakların geri kullanımının sağlanması için su ile ufalanmış ve su ile reaksiyona geçebilecek malzeme ile temasın en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle maden sahası içerisinde yüzey ve yeraltı suyu dolaşımının kuşaklama kanallarına alınması, olası partikül taşınımının önüne geçilmesi için çöktürme havuzlarının yapılması önem arz etmektedir. Madencilik faaliyetlerinin çevresel sorunlara neden olduğu bu tür kirleticilerin salınımının önüne geçilmesi su kaynaklarını korunması açısından zorunlu bir uygulama olarak ele alınmalıdır. Kullanılan suyun tekrar kullanımına dönük olarak gerekli arıtma sistemleri kurulmalıdır. Bu konu, 2018 yılında Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği raporunda kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018). Yapılacak su planlama yönetimi ile hem su tüketimi azalacak hem de kalite açısından kirlenme mekanizmalarının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca, maden sahalarında su yönetiminin oluşturulması ve su paydaşlarının yararlanma olanaklarının arttırılması, bölgesel ölçekli su kaynaklı sorunları minimize edecektir (Kemp vd, 2010).



Şekil 7. Açık işletme modelinde suyun kontrolü ve yönetilebilir şeması (INAP, 2009'dan değiştirilerek)

Şekil 7'de yüzey ve yeraltı su kaynaklarının planlı bir şekilde izlenmesi ve yönetilebilir hale getirilmesi için oluşturulan şema sunulmuştur. Şemada bir maden sahası içerisindeki kontrollü su yönetimi ile suların doğal ortama daha temiz salınımı ve yeniden kullanımı ile plansız bir şekilde ve kirletilmeye olanak sağlayan koşullar birlikte sunulmuştur. Saha içerisinde drene edilecek suların çevreye suyun kirletilmeden salınımının ve yeniden kullanımının sağlanması sürdürülebilir su kaynakları açısından sektöre önemli bir görev düşmektedir. Bunların yanında ömrü tamamlanmış maden sahalarının, su kaynaklarına zarar vermeyecek şekilde tüm önlemlerin alınarak terk edilmesi gerekmektedir. Plansız terk edilen sahaların yarattığı çevresel sorunlar Şekil 4'de sunulmuştur. İşletme sahalarında su kaynaklarının miktar ve kalite açısından izlenmesi, elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması, suyun ölçülebilir ve saha içerisinde yönetilebilir hale dönüştürülmesi artık bir zorunlu eylem haline gelmiştir.

2.2. Yeraltı Suyu İzleme Çalışmaları

Açık ocak işletmelerinde ocak içerisine debisi yüksek su gelişinin önlenmesi veya örtü tabakasındaki killi birimlerin su içeriğinin azaltılması için sondajlar açılarak yeraltı suyu seviyesi üretim kotunun altına düşürülmeye çalışılır. Bunun için belli mesafelerde su sondaj kuyusu açılarak yeraltı suyu çekimi yapılır. Elde edilen akiferin hidrolik parametreler ışığında akiferden ne kadar su çekilebileceği ve su tablasının istenilen seviyeye düşürülmesi için kaç adet kuyu, kuyu çekim miktarı, pompa seçimi gibi bir dizi teknik çalışmalar yapılır (Morton, ve Mekerck, 1993; MTA, 2013). Pompaj kuyuları yanı sıra, yeraltı suyu seviyesinin izlenmesi, çekilen su miktarının takip edilmesi, belli aralıklarla su kalitesinin kontrolü için seviye izleme ve örnekleme kuyuları açılır.



Şekil 8. a: Geçirimliği düşük birimlerde açılmış, b: karstik birimlerde açılmış kuyular (EÜAŞ, 2020)

Şekil 8’de Elbistan bölgesinde kil ağırlıklı Gıdya formasyonu ve karstik sistemde açılmış kuyular sunulmuştur. Ocak kapasitesine bağlı olarak açılan çok sayıda kuyunun izlenmesi (çekim değerleri, enerji sarfiyatları, yeraltı suyu seviyesinin izlenmesi) gerekmektedir. Bunun için bir izleme sistemi kurulmuştur. Üretim kuyularına pompa çekim değerlerini anlık kaydeden debi metreler konumlandırılarak gerek kuyu başında gerekse bir sistem odasından takip edilebilmektedir (Şekil 9). Pompaj kuyularından çekilen su miktarı saatlik, günlük, aylık veya yıllık bazda izlenmesi ile ister aylık ister yıllık su bütçesi yapılarak, planlamaya dönük önlemlerin alınmasında büyük yarar sağlayacaktır.



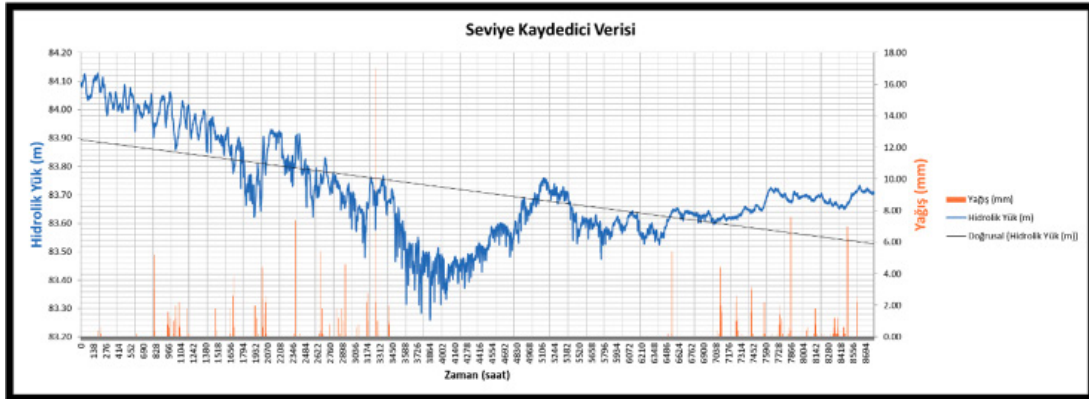
Şekil 9. Üretim kuyularına yerleştirilen debimetreler (EÜAŞ, 2020)

Üretim yapılan sahanın belli aralıklarla seviye izleme kuyuları açılarak otomatik seviye kaydediciler ile seviye anlık olarak izlenir (Şekil 10). Açılan gözlem kuyusunda manuel seviye ölçümü ve otomatik seviye kaydedicinin konumlandırılması ile seviyeler her iki şekilde de takip edilmektedir.



Şekil 10. Pompaj ve gözlem kuyularında debi ve seviyenin izlenmesi

Manuel seviye ölçümleri belli gün veya haftalarda kuyu başında ölçülebilmektedir. Bu yöntem arazi şartlarına bağlı olarak sistematik yürütülememektedir. Bunun için maden sahalarındaki yeraltı suyu seviyesinin otomatik seviye kaydediciler ile izlenmesi önerilmektedir. Seviye kaydediciler (1 sn, 10 sn, 1 dk, 30 dk, 1 s) istenilen zaman aralıklarında otomatik olarak yeraltı suyu seviyesini ölçerek kaydetmektedir. Seviye kaydedicilerden aylık veya 3 ayda bir sahaya giderek veriler bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Daha gelişmiş sistemler kuyu başına konumlandırılarak veriler doğrudan veri aktarıcılar ile sistem izleme odasına aktarımı yapılmakta ve anlık olarak seviyeler izlenebilmektedir. Bir seviye kaydedicinin bir yıllık izlem değerleri Şekil 11'de sunulmuştur. Örnek olarak sunulan seviye kaydediciden sağlanan seviye değişimlerinin yağışlı ve kurak dönemlerdeki salınımı ve seviyenin istenilen kotta sabit tutulup tutulmadığı kolaylıkla takip edilmektedir. Şekil 11'de yeraltı suyu seviyesinin kurak dönemde seviyenin düştüğü, yağışlı dönemlerde yükseldiği ancak yıllık bazda incelendiğinde düşme trendinde olduğu görülmektedir. İzleme kuyularından aylık veya üç aylık dönemlerde su örnekleri alınarak su kimyasını değişiminin de izlenmesi ve olası değişimler olduğu takdirde nedenleri araştırılmalıdır.



Şekil 11. Otomatik seviye ölçerler ile seviye değişiminin izlenmesi

3. Tartışma ve Sonuçlar

Açık maden işletmelerinde gerek yüzey suyu gerekse yeraltı suyu açısından ele alındığında işletme aşamalarında bir çok problemle karşılaşılmaktadır. Su kaynaklı problemlerin önlenmesi için su kaynaklarının ölçülebilir, izlenebilir ve yönetilebilir hale dönüştürülmesi gerekir. Aksi takdirde suyun yönetilebilir hale getirilmediği durumlarda, yüzey ve yeraltı suyunun miktar ve kalite açısından olumsuz etkilemektedir. Günümüzde su kaynaklarının azalma eğiliminde olduğu dikkate alındığında, her maden sahasında su kaynaklarının miktar ve kalite açısından mutlaka bir izleme ve yönetim planı oluşturulmalıdır. İşletme sahasında yüzey suyu drenaj kont-

rolünün sağlanması, sahaya düşen yağışlardan kaynaklı ve yeraltı suyu sızmalarından kaynaklı suların toz haline gelmiş malzeme ile temasını azaltmak için kuşaklama kanalları ile ocak içerisinde havuzlarda toplanması ve buradan drenajı sağlanmalıdır. Drene edilen suların öncelikle maden alanında yeniden kullanımı ve fazla suların ise çevredeki su paydaşlarının kullanımına dönük olanaklar araştırılmalıdır. Bazı kömür sahalarının örtü biriminde veya yanal olarak bağlantılı verimli akiferlerden çekilen yeraltı suları, tarımsal sulama, park-bahçe sulama veya termik santrallerin su ihtiyacında kullanılabilir şekilde planlanmalıdır. Kullanma planı olmadan yapılan çekimler sonucunda milyonlar metre küp mertebesindeki yeraltı suyunun derelere drene edilmesi ile büyük oranda kullanılabilir suyun kaybına ve stratejik öneme sahip yeraltı suyu kaynağının azalmasına neden olmaktadır. Sahadaki suyun yönetilebilir olması için, öncelikle kalite ve miktar açısından ölçülebilir duruma getirilmesi gerekir. Sahada suyun ölçülebilir ve izlenebilir hale getirilmesi için pompaj çekim değerleri, yeraltı suyu seviye değişimleri, açık ocaklardan drene edilen su miktarı, kuşaklama kanallarından akım miktarları izlemeye alınmalıdır. Kalite izleme açısından ise açılan gözlem kuyularından ve akar durumdaki yüzeysel sulardan örnekler ile suyun kalitesinin izlenmesi, su planlaması açısından yapılması gereken çalışmalardır. İzlenebilir ve yönetilebilir bir sistem kurularak, su kaynaklarının takip edilmesi, hem madencilik açısından olası riskleri minimize edecek, hem de suyun sürdürülebilirliği açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

Su kaynakları açısından diğer problemlerden biri ise açık ocak madencilik faaliyetlerinin yaratacağı su kirliliğidir. Yüzeysel suyun drenajının kontrol altına alınmaması ile toksik element içeren ufalanmış malzemeler, yağış anında kolaylıkla akışa geçecek ve maden sahasından ana drenaj ağına taşınacaktır. Bu durum, maden sahası içerisindeki ve etkileşimindeki su kaynaklarının kirlenmesine ve maden alanının bulunduğu hidrolojik havzayı kirletme riski taşıyacaktır. Bu kapsamda saha içerisinde yüzeysel drenaj ağının kontrol altına alınması ve kirletici özellikteki suların drene edilmemesi gerekmektedir. İşletme sahasındaki su kaynaklarının kontrollü drenaj koşullarının oluşturulması, yönetilebilir hale getirilmesi ise çevresel zararları minimize edecek ve yakın çevrede yaşayan insanların madencilığe bakış açılarını değiştireceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda görüleceği üzere, her sahanın jeolojik ve hidrojeolojik özelliğine göre farklı problemler ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle saha özelinde kapsamlı hidrolojik, hidrojeolojik çalışmalar, alanın kavramsal modelleri, yeraltı suyu akım modelleri ve kirletici taşınım senaryoları yapılarak olası senaryolara karşı eylem planları yapılmalıdır. Bütün bunlara ek olarak, maden sektörünün yakın çevredeki diğer su paydaşları ile ortaya çıkacak sorunlara dönük risklerden kaçınması, suyla etkileşimde olan tüm ekosistemi de içine alan bütüncül bir yaklaşımda yapılacak çalışmalar olası riskleri minimize edecektir. Bu çerçevede su paydaşları ile ortak yaklaşımların geliştirilmesi konusunda sektöre büyük rol düşmektedir.

4. Teşekkür ve Katkı Belirtme

Çalışmada kullanılan görseller daha önce saha çalışmalarının yapıldığı ETİ Maden Bor İşletmeleri Emet Sahası, Elbistan Kömür İşletmeleri sahasından elde edilmiştir. Saha çalışmalarında yardımcı olan işletme yönetimine ve ekibine teşekkür ederim.

5. Kaynaklar

- Berger, L., 2009. Death Underground: The Knox Mine Disaster. Pennsylvania Center of Book.
- Brawner, C.O., 1982. Control of Groundwater in Surface Mining. International Journal of Mine Water. IMWA, No. 1, March 1982.
- Çebi, F.H., 2016. Ekizköy (Muğla-Milas) Erken-Orta Miyosen Kömürlerinin Organik Jeokimyası ve Paleoiklim Şartları Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 40 (2)
- DSİ, 2014. Gediz Havzası Planlama Hidrojeolojik Etüd Raporu, DSİ İzmir Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- ETİ, 2016. Espey Bölgesi Yeraltı Suları Kalitesini Etkileyen Sebeplerin Araştırılması Ve Kontrollü Drenaj Koşullarının Belirlenmesi. Eti Maden İşletme Genel Müdürlüğü, Ankara
- EÜAŞ, 2020. Afşin Elbistan Kömür Havzası Sürdürülebilir Madencilik Faaliyetleri Ve Yatırımlarının Değerlendirilmesine Ait Kontrol Ve Denetim Raporu. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara
- Fleming, H., 2016. Water Management In The Mining Industry. CEO Water Mandate. Anglo-merikan.
- Gündüz, O., Şimşek, C., 2011. Influence of Climate Change on Shallow Groundwater Resources: The Link Between Precipitation and Groundwater Levels in Alluvial Systems. Climate Change and its Effects on Water Resources, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security 3.
- Gökmenoğlu, O., 2019. Afşin-Elbistan Kömür Üretim Sahasında Olası Drenaj Sorunlarının Hidrokimyasal ve İzotopik Tekniklerle İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisan Tezi.
- Gupta, S.K., Nikhil, K., 2016. Ground Water Contamination in Coal Mining Areas: A Critical Review. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS).
- Kemp, D., Bond, C.J., Franks, D.M., Cote, D., 2010. Mining, water and human rights: making the connection. Journal of Cleaner Production. 18;1553-1562
- Loupasakis, C., Angelitsa, V., Rozos, D., Spanou, N., 2014. Mining Geohazards—Land Subsidence caused by the Dewatering of Opencast Coal Mines: The case study of the Amyntaio coal mine, Florina, Greece. Nat Hazards. 70:675–691
- Liang, Z., Ren, T., Wang, N., 2017. Groundwater impact of open cut coal mine and an assessment methodology: A case study in NSW. International Journal of Mining Science and Technology 27(5)
- Mackie, C.D., 2009. Hydrogeological characterisation of coal measures and overview of impacts of coal mining on groundwater systems in the upper hunter valley of NSW, Sydney.

Mahmutoğlu, Y., Karagüzel, R., Şans, G., Erdoğan, M., Bozkurtoğlu, E., Akyüz, H.S., İşveren, T., Taştekin, C., Ata, E., 2017. Karst Susuzlaştırmasının Obruk Oluşumuna Etkisi: Afşin-Elbistan Linyit Sahası Örneği. MÜHJEO'2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 12-14 Ekim 2017, ÇÜ, Adana

MTA, 2013. Kahramanmaraş Afşin Elbistan Kömür Havzası Hidrojeolojik İnceleme Projesi Hurman Çayı Doğu Bölgesi Drenaj Raporu.

Morton, E., 2012. Yallourn coal mine flood worsens

Morton, K.L., Mekerck, M.A. 1993. A Phased Approach to Mine Dewatering. Mine Water and The Environment. 112;24-34.

Ngah, S.A., Reed, S.M., Sing, R.N., 1984. Groundwater Problems in Surface Mining in the United Kindom. International Journalof Mine Water. Volume 3, Pages 1-12.

INAP, 2009. International Network For Acid Prevention.

Norton, P.J., 1982. Advanced Dewatering and Control of Groundwater in Surface Coal Mining. 1st International Mine Water Congress, Budapest

ODTM, 2009. Afşin-Elbistan B Sahasında Akiferin Ocak Faaliyetlerine ve Şevlerine Etkisi. Palplaş İstinat Duvar Olasılıklarının Araştırılması, Ok Dış Ticaret Madencilik San.Tiç.A.Ş. Ankara

Preene, M., 2015. Techniques and Developments in Quarry and Surface Mine Dewatering. Pp. 194-206 in Hunger, E. and Brown, T.J. (Eds.)

Şanlıyüksel, Y.D., Baba, A., 2013. Türkiye’de asit maden göllerine Çan (Çanakkale) Havzası’ndan Güncel bir kaç örnek. Mavi Gezegen. Sayı 18.

Şimşek, C., Gündüz, O., Elçi, A., 2012. Terkedilmiş Balya (BALIKESİR) Pb-Zn Maden Atıklarının Ağır Metal ve Doğal Radyoaktivite İçeriği ve Çevre Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi. Cilt:2 Sayı:1 s.43-55.

SYGM, 2020. Kuzey Ege Nehir Havzası Yönetim Planının Hazırlanması Projesi Nehir Havza Yönetim Planı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara

Taştekin, C., Ata, E., Erkasap, M., Demir, H. 2015. Afşin – Elbistan Kömür Havzası Yeraltı Suyu Yönetimi Ve Susuzlaştırma Projeksiyonu. 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı 06-10 Nisan Ankara

Yusufoğlu, H., Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M.K., Beyazpirinç, M., Yıldız, H., 2005. Afşin-Elbistan Neojen Havzasının Tektonik Evrimi, Doğu Toroslar, Türkiye, 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, s. 264-265.

Van Krevelen, D.W., 1993. Coal: Typology-Physics-Chemistry-Constitution. U.S. department of Energy Office of Scientific and technical Information. Elsevier Scientific Publishers, Amsterdam.

Zhao Liang, Z., Ren, T., Ningbo, W., 2017. Groundwater Impact of Open Cut Coal Mine and An Assessment Methodology: A case study in NSW. *International Journal of Mining Science and Technology*. 27:861-866

Zhang, X., Gao, L., Barrett, D., Chen, Y., 2014. Evaluating Water Management Practice for Sustainable Mining. *Water*. 6; 414-433.

Wood, P.A., 1981. Hydrological Problems of Surface Mining. International Energy Agency, Coal Research, London. Report No. ICTIS-TR-17.