

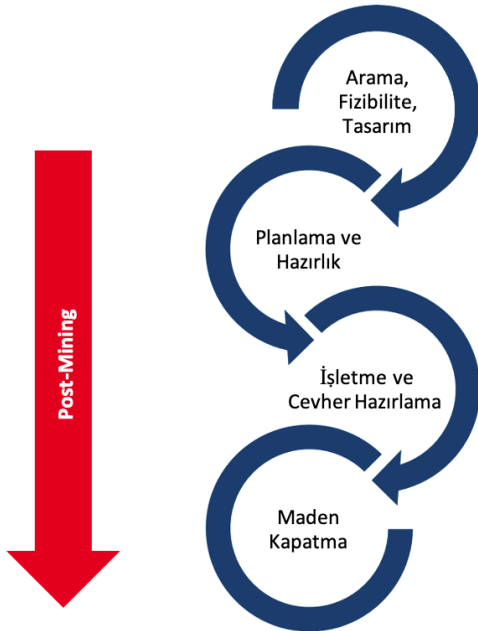
Post-Mining Tanımına Genel Bir Bakış ve Almanya Ruhr Bölgesi Örneği

Dr. Tansel Doğan,
Maden Mühendisi;
tansel.dogan@thga.de
Prof. Dr. Tobias Rudolph,
Jeolog;
Prof. Dr. Christian Melchers,
Jeolog;
Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet,
Yeraltı Jeodezi Mühendisi;
Prof. Dr. Ulrich Paschedag,
Maden Mühendisi
TH Georg Agricola Üniversitesi (THGA), Post-Mining Araştırma Merkezi (FZN)

1.Giriş

Dünya genelinde madencilik süreçleri, madencilik hakkı ve izinlerin verilmesi ile başlayan, arama ve üretim aşamaları ile devam eden ve madenin kapatılması ile sona eren bir yaşam döngüsüdür. Tüm bunları, yapılan madencilik faaliyetlerinin karmaşıklığına bağlı olarak, çok uzun bir süreye yayılan post-mining (madencilik sonrası) aşaması takip eder. Söz konusu aşama madencilik sonrası alanın emniyeti ve yeniden kullanımı gibi direkt aktivitelerin yanı sıra, eski madencilik faaliyetlerinin ve bu faaliyetler için kullanılan alan ve bölgenin uzun vadeli izlenmesini (geomonitoring) de içermektedir. Dolayısıyla post-mining terimi tek bir maden alanının basitçe kapatılmasının çok ötesine geçerek, bir bölge ve hatta ülkedeki supra-bölgesel ve bölgesel değişiklikleri tanımlamaktadır.

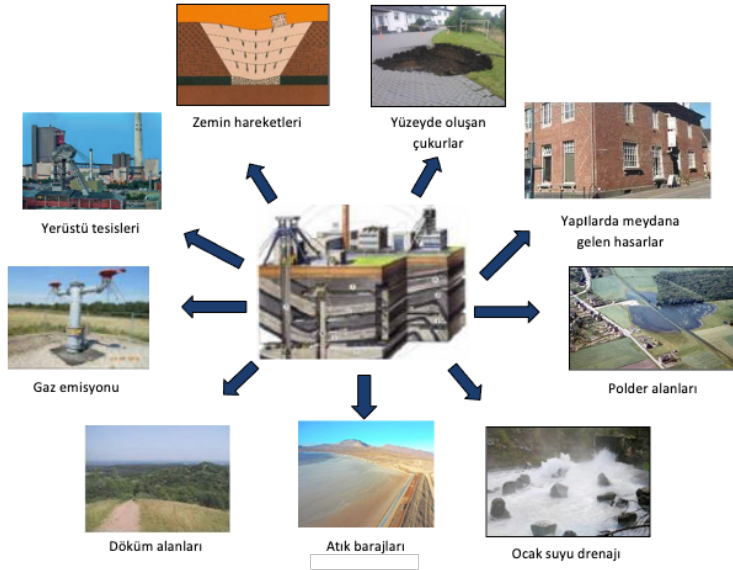
On dokuzuncu yüzyılda taşkömürü ve linyit üretimi birçok Avrupa ülkesinin sanayileşmesinin temelini oluştursa da mineral hammadde üretimi son on yılda Avrupa'da kalıcı olarak azalmış ve bu durumdan en büyük oranda metal ve taşkömürü madenciliği etkilenmiştir. 2004 yılında Fransa'da, 2015 yılında İngiltere'de son bulan taşkömürü madenciliği Almanya'da 2018 yılının sonunda üretimin sübvansiyonla edilerek gerçekleştiği ve geriye kalan son iki ocak olan İbbenbüren ve Prosper Haniel madenlerinin kapatılması ile sona ermiştir. Aynı zaman zarfında sübvansiyonların kaldırıldığı İspanya'da, Almanya'dan farklı olarak, bazı küçük ve özel şirketler taşkömürü madenciliği faaliyetlerine halen devam etmektedir¹. Çek Cumhuriyeti önümüzdeki 3 yıl içinde, Polonya ise 2049 yılına kadar taşkömürü madenciliğini sonlandırılmayı planlamaktadır.



Şekil 1. Maden yaşam döngüsü

2. Madencilik Sonrası Ortaya Çıkan Zorluklar

Dünya genelinde üretilen hammaddenin cinsine ve uygulanan madencilik faaliyetlerinin karmaşıklığına bağlı olarak yeraltı ve yerüstü maden ocaklarının gerek işletilmesi sırasında gerekse kapatılması sonucunda ortaya çıkan ve post-mining adı altında ele alınması gereken sorunlar genellikle aynıdır. Almanya'da özellikle post-mining konusu dikkate alınarak Maden İşleri Genel Müdürlüğü gibi denetim otoriteleri ve Jeolojik Etüt gibi uzman otoritelerin taşkömürü üretimi yapan maden firması ile yakın işbirliği içinde geliştirdikleri risk yönetim sistemi taşkömürü üretiminden kaynaklanan risklerin tanımlanmasını, izlenmesini ve gerekli önlemlerin tanımlanmasını sağlamaktadır. Tanımlanan riskler; yeraltı boşluklarının yüzeye olan mesafesi, galeri ve kuyular, zemin hareketleri (çökme ve yükselme), yapılarda meydana gelen hasarlar, yeryüzüne ulaşan metan gazı emisyonu, yeraltı ve yüzey suyu drenajı, ocak suyu drenajı, döküm alanlarının yeniden kullanımı, eski maden alanlarının rehabilitasyonudur. Bu makalede söz konusu riskler Almanya'da yeraltı taşkömürü madenciliğinin sona ermesi kapsamında 2015 yılında kurulan Post-Mining Araştırma Merkezi'nin 4 ana faaliyet alanı kapsamında değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Post-Mining faaliyet alanları² (sol alttan saat yönüne doğru): THGA, THGA, RAG, Kratzsch, DMT, Baglikow, EGLV, Bochum Belediyesi, BHP, Eftas

2.1 Ebedi Görevler ve Su Yönetimi

Oldukça karmaşık bir konu olan ve özelliğine bağlı olarak yüzeye yakın yeraltı suyu, ocak suyu ve sızıntı suyu gibi çok farklı tanımlamalara sahip olan yeraltı suyu, post-mining konusu dahilinde muhtemelen Almanya'nın en büyük sorunudur ve Alman Taşkömür İşletmesi (RAG) tarafından ebedi olarak üstlenilen bir görevdir. Ocak ve sızıntı suyu, geçirgen kaya katmanları ve çatlakları boyunca zemine sızan yağmur suyudur. Geçtiği yerlere göre çeşitli tuzlar ve mineraller içeren bu su, doğal olarak yükselip daha üst katmanlarda bulunan ve içme suyu olarak kullanılan yeraltı suyuna ulaşır karışmasını engellemek için ocaktan yeryüzüne pompalanmaktadır. Almanya'da içme suyunun korunması ocak suyunun kontrollü bir şekilde yükseldikten sonra drene edilmesinde en önemli önceliktir³.

Ebedi görevlerden bir diğeri olan polder alanlarının kontrolü son 150 yılda taşkömürü madenciliği sonucu topoğrafyası değişen Ruhr Bölgesi'ndeki yüzey sularının düzenlenmesini içermektedir. Madencilik faaliyetleri sonucu yeryüzünde meydana gelen alçalmalar (tasman) nedeniyle dere, çay gibi akıcı sular doğal akış yeteneklerini kaybetmiştir. Akış yönlerinin tersine akan bu dere ve çaylarda pompa istasyonları yardımıyla suyun orijinal akış yönü korunacak şekilde akması sağlanmaktadır. Ayrıca yeraltı su seviyesinin altında bulunan tasman alanlarının su ile dolması sonucu oluşan polder alanlarındaki su seviyesi pompalama ile düzenlenmektedir.

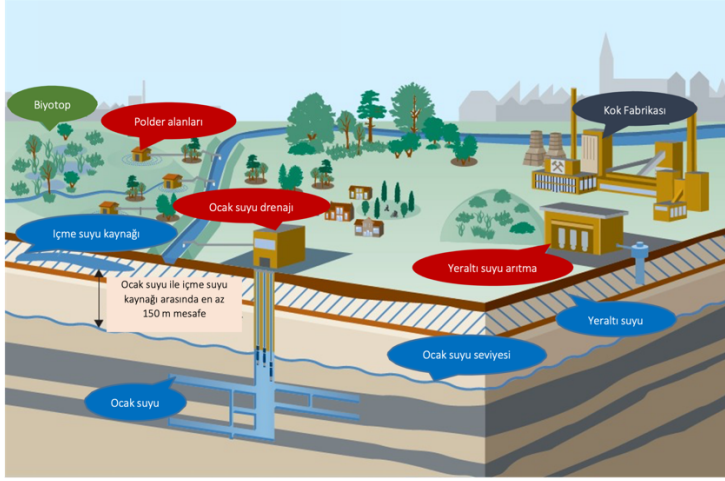
RAG, post-mining kapsamında özellikle kok fabrikaları olmak üzere eski maden sahalarında kirletici maddelerin toprağa ve dolayısıyla yeraltı suyuna karıştığı durumlarda yeraltı suyunun temizlenmesinden de sorumludur. Söz konusu işlemin devam etmesi gereken süre öngörülemediği için yeraltı suyunun arıtılma işlemi de RAG'ın üstlendiği ebedi görevlerden biridir⁴.

Kapatılan taşkömürü ocaklarındaki ocak suyunun enerji alanında kullanımı ve ocak suyundaki değerli minerallerin kazanılması da post-mining kapsamında ele alınan diğer önemli konulardır.

2 Goerke-Mallet, P., Melchers, C., Müterthies, A., 2016, Innovative Monitoring Measures in the Phase of Post-mining, IMWA 2016, Germany

3 Rudolf, T., Goerke-Mallet, P., Melchers, C., Paschedag, U., Kretschmann, J., 2021, Erfahrungsaustausch im Nachbergbau – Die Steinkohle als Grundlage für die E&P Industrie, Erdöl Erdgas Kohle (EEK), DVV Media Group GmbH

4 RAG Aktiengesellschaft, 2021, <https://www.rag.de/>



Şekil 3. Sona eren taşkömürü madenciliği sonucu RAG'ın üstlendiği ebedi görevler⁶ (kırmızı olarak gösterilmiştir.)

2.2. Geomonitoring

Dünyada birçok bölge eski madencilik faaliyetlerinden etkilenmiştir. Çoğunlukla belgelenmeyen madencilik ve cevher hazırlama faaliyetleri insanlar ve çevre için doğal bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, madencilik sonrası tüm temel süreçlerin gelecekte izlenebileceği teknik sistemlerin geliştirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu amaçla uzaktan algılama yöntemleri, sensörler ve robotiklerin beraber kullanılması ile söz konusu riskler modellenmekte ve/veya simüle edilmekte ve entegre bir risk yönetim sisteminde birleştirilmektedir. Ayrıca uzaktan algılama sonuçlarının yeraltı analizleriyle birleştirilmesi ile risk yönetimi için de oldukça büyük önem arz eden önemli ölçüde iyileştirilmiş yorumlar ve tahminler elde edilebilir.

Genellikle uzun süreler boyunca (onlarca yıldan yüzyıllara) gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinin en tipik sorunu bazı durumlarda birkaç kilometrekareye kadar uzanan arazi kullanımınıdır. Ancak bu uzun çalışma süresi boyunca zemin hareketleri veya madencilik faaliyetleri sonrası kuyuların doldurulmasında uygulanan çimentolama işlemleri sırasında ortaya çıkan teknik kurulum aksaklıkları gibi küçük bir alanda lokalize olan ve kısa sürede meydana gelen süreçler ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca yasal ve/veya teknik çerçevedeki değişiklikler kapsamında veya saha bütünlüğünü korumak amacıyla söz konusu doldurulmuş alanların yeniden iyileştirilmesi gerekebilmektedir. Arazinin madencilik sonrası kullanımını ne kadar karmaşıklaştırsa (örneğin kentsel alan), söz konusu iyileştirme o kadar maliyetli hale gelmektedir. Sahalardaki değişiklikleri anlamak ve izlemek için merkezi olmayan, düşük maliyetli sensörler geliştirilmektedir⁵.

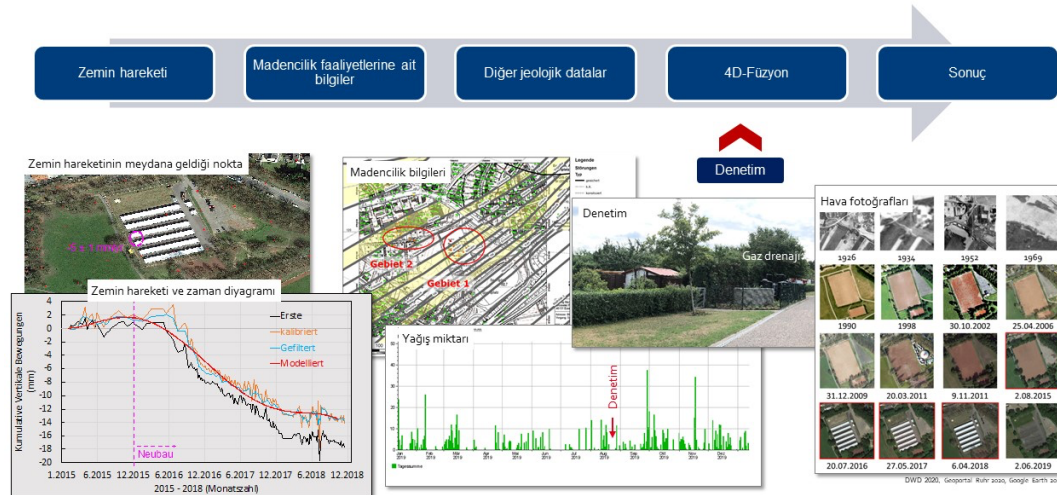
Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından hayata geçirilen Copernicus Programı kapsamında özel olarak geliştirilen Sentinel olarak adlandırılan 7 uydu serisi ile dünya farklı açılardan taranmakta ve böylelikle program dünya üzerindeki hemen hemen her noktayı kapsamaktadır. Sentinel uyduları, işlenmesi, kullanıcılara sunulması ve uzun süre saklanması gereken devasa miktarlarda veri üretmektedir. Bu program kapsamında uydu tabanlı sensörler tarafından üretilen bilgilerin yeryüzünde yerinde yapılan (in-situ) ölçümler ve bilgi birikimi ile birleştirilebilir olması monitoring işlemini yenilikçi yapmaktadır.

Post-Mining Araştırma Merkezi söz konusu teknikleri madencilik sonrası süreçlerin uzaktan algılanması ve izlenmesi kapsamında şu konularda kullanmaktadır:

- a) Radar verileri ile zemin hareketlerinin (çökme ve yükselme) izlenmesi
- b) Radar verileri, optik, multispektral ve hiperspektral veriler kullanılarak yeraltında meydana gelen süreçler nedeniyle yeryüzünde meydana gelen değişikliklerin izlenmesi
- c) Atmosferik gaz bileşiminin, özellikle metan ve karbondioksit gazlarının izlenmesi

⁵ Berg, B. v., Schmachtenberger, F., Gruchalla, B. v., Wollnik, F., Klaß, S., Koschare, A., Schnell, S., Schliebs, J., 2019, Mineberry – Remote Monitoring of Abandoned Shaft Openings, APCOM 2019, Poland

⁶ RAG Aktiengesellschaft, 2016, Aufgaben für die Ewigkeit: Grubenwasserhaltung, Poldermaßnahmen und Grundwassermanagement im Ruhrgebiet



Şekil 4. Uydu verilerinin yerinde sensör teknolojisi ile beraber kullanımındaki yenilik döngüsünün Ruhr Bölgesi'ndeki eski bir kuyu sahası örneği kullanılarak gösterimi⁷

2.3. Endüstriyel Mirasların Korunması ve Yeniden Kullanımı Kapsamında Malzeme Bilimleri

Endüstriyel gelişim, Almanya'da, özellikle Ruhr bölgesinde ve aynı zamanda ülkenin diğer bölgelerinde gerek toplum gerekse mimariyi biçimlendirici bölgesel bir öneme sahip olmuştur. 19. yüzyılın başlarında taşkömürü madenciliği nedeniyle endüstriyel etkiye sahip birçok şehirden oluşan şehirler topluluğu günümüzde 5 milyondan fazla nüfusa sahip bir metropolitan alan haline gelmiştir. Söz konusu alan içerisinde kömür madenciliği kapsamında gerek üretim ve cevher hazırlama gerekse nakliye ve altyapı için inşa edilen yapılar Almanya'daki kömür çağının mimari vurgusunu gözler önüne sermektedir. Essen'de bulunan ve UNESCO Dünya Mirası olan Zollverein Madeni ve Kok Fabrikası buna en güzel örneklerden biridir.

Madencilik faaliyetlerinin geride bıraktığı maden kuyuları, maden binaları, makine atölyeleri gibi endüstriyel miraslar günümüzde hem toplum tarafından gelecek nesiller için korunmak hem de üretim ve sanayi siteleri tarafından (yeniden) kullanılmak istenmektedir. Malzeme bilimi ile söz konusu mirasın korunması için malzeme odaklı çözümler sunulmaktadır. Aynı yaşta olmalarına rağmen çok farklı olan malzeme ve nesnelere yaşanan süreçleri araştırılıp anlaşılabilirdiğinde çürümeleri yavaşlatılabilir veya söz konusu nesne en iyi ihtimalle korunabilir. Bir üretim alanının ancak ilgili paydaşlar arasında fikir birliği varsa başarılı bir şekilde korunabileceği ve yeni amaçlar için kullanılabilmesi unutulmamalıdır. Ruhr Bölgesi'ndeki "Endüstri Kültürü Rotası" farklı paydaşların çıkarlarının uzlaştığı güzel bir örnektir. Ruhr bölgesindeki mevcut yaklaşımlar, eski faaliyet alanlarının madencilik kültürünün değerli ve kabul görmüş nesnelere başarılı bir şekilde dönüştürülebileceğini göstermektedir. Burada önemli olan diğer bir faktör de kamuoyunun söz konusu paydaşlar arasında olmasıdır.

2.4. Yeniden Etkinleştirme ve Dönüşüm

Madencilik faaliyet alanlarının teker teker veya toplu olarak kapatılması söz konusu bölgenin sosyo-ekonomik gelişimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Kapatılma işlemi sonrası yeni iş alanları yaratılmalı, eski maden alanları yeniden kullanılmalı ve söz konusu bölgede adil bir dönüşüme öncelik verilmelidir. Son otuz yılda bu geçiş sürecini oldukça güzel bir şekilde başaran Ruhr Bölgesi dünya genelinde madencilik faaliyetlerini sonlandıracak diğer bölgeler için örnek proje olabilir. "Yeniden Etkinleştirme ve Dönüşüm" kapsamında madencilik sonrası alan kullanımının etkileri sosyo-ekonomik açıdan araştırılmakta ve değerlendirilmektedir. Uzun vadede aktif olarak bir üretim bölgesi geliştirmek anlamına gelen sürdürülebilir dönüşüm bilgiye dayalı bir süreç olarak algılanabilir⁹. Bölgenin ekonomik, çevresel ve sosyal özelliklerine bağlı olarak uzun vadeli iyileştirmeler ve sonuçlar hedeflenmelidir.

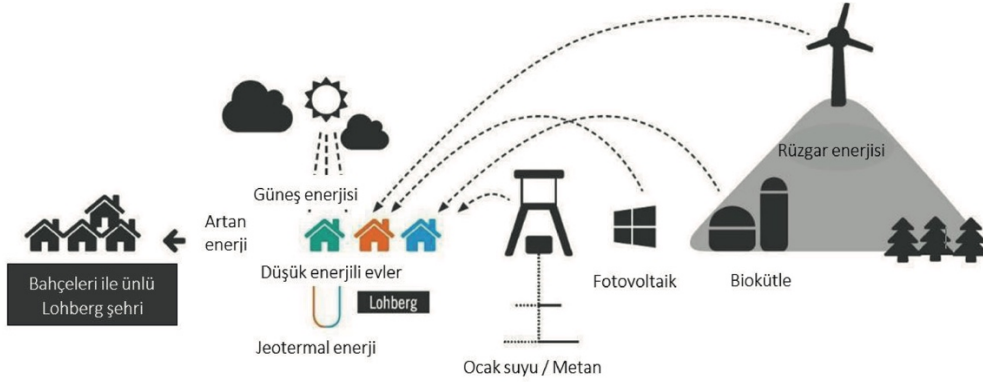
Madencilik faaliyetlerinin gerçekleştiği bölgeler için sürdürülebilir dönüşüm büyük önem arz etmektedir. Sadece bir toplantı ile bir madencilik faaliyetini yatırım yokluğu veya başka bir nedenle durdurup kapatma kararı alınabilir. Ancak böyle bir kararın bölgede etkisi bir nesil boyu sürebilir. Son yıllarda, Almanya'daki enerji endüstrisi yenilenebilir enerjiye doğru köklü bir değişim geçirmiştir ve bu değişim, madencilik sonrası eski işletme alanlarında yeni iş alanları yaratılmasına olanak sağlamıştır.

7 Rudolph, T., Goerke-Mallet, P., Janzen, A., Mütterthies, A., Pakzad, K., Spreckels, V., Teuwsen, S., Vehling, L., Yang, C. H., 2020, Bergbaumonitoring im südlichen Ruhrgebiet, GeoMonitoring 2020, doi.org/10.15488/9348

9 World Bank, 2006, Sustainable Land Management. Challenges, Opportunities, and Trade-offs, World Bank Publications, Washington D.C.



Şekil 5. UNESCO Dünya Mirası Zollverein Madeni Yerüstü Kompleksi⁸



Şekil 6. Lohberg Kömür Maden Alanı'nın sürdürülebilir dönüşümü¹⁰

3. Sonuç

İnsanlık tarihi kadar eski olan madencilik insanoğlunun yaşamı boyunca ihtiyacı olan hammaddelerin üretilmesi için hep devam edecektir. Zorunlu olarak zamana bağlı olarak yürütülen yeraltı ve yerüstü madencilik faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkisi çok daha uzun bir zaman dilimine yayılmakta veya bazen sonsuza kadar sürmektedir. Dolayısıyla eski ve mevcut madencilik faaliyetlerinin madencilik sonrası süreçlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik olarak kabul edilebilir bir şekilde planlanması, yürütülmesi ve izlenmesi gerekmektedir.

8 Zollverein, 2021, <https://www.zollverein.de/>

10 RAG Montan Immobilien GmbH, 2021, <https://www.rag-montan-immobilien.de/>

Madencilik faaliyetlerinin üretim aşamasından kapanışına sürdürülebilir geçişi sadece farklı madencilik ve post-mining uzmanlıklarının entegrasyonu ile mümkündür. Son otuz yılda bu geçiş sürecini kömür işletmesinin, maden otoritelerinin, sendikaların, üniversitelerin ve halkın beraber çalışması ile oldukça güzel bir şekilde başaran Ruhr Bölgesi madencilik faaliyetlerini sonlandıracak diğer ülkeler için örnek proje olabilir. RAG Vakfı'nın inisiyatifinde TH Georg Agricola Üniversitesi (THGA) bünyesinde 2013 yılında açılan Jeomühendislik ve Post-Mining Master Programı ve 2015 yılında kurulan Post-Mining Araştırma Merkezi bu ortak çalışmaların bir sonucudur. Master programı post-mining alanında uzmanlar yetiştirmekte, araştırma merkezi ise makale kapsamında değinilen 4 ana faaliyet alanında farklı uzmanlık alanlarına sahip araştırmacılarıyla çalışmalarını söz konusu paydaşlarla sürdürmektedir.

Bu makalenin yer aldığı 95. sayımıza buradan ulaşabilirsiniz:

<https://madencilikturkiye.com/wp-content/uploads/2018/09/Madencilik-Turkiye-Dergisi-Sayi-95-nsdu723eg2.pdf>