



## Madencilikte Sürdürülebilir Rehabilitasyon Yaklaşımı: Lusatia Linyit Havzası Deneyimi

Alper Demirbugan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

E-Posta: [ademirbugan@gmail.com](mailto:ademirbugan@gmail.com)

*Gönderim 12.11.2019; Kabul 12.03.2020*

**Özet:** Global ölçekte ekonomik büyüme ve buna eşlik ve materyal kullanımı düzenli artış göstermektedir. Bu durum madencilik, çevresel etkileri ve rehabilitasyon faaliyetinin boyut ve öneminin giderek artan biçimde devam etmesi anlamına gelmektedir. Madenlerin rehabilitasyonu sürdürülebilir kalkınma kapsamında ele alınabilir. Maden ocakları çevresel varlıklar üzerinde önemli etkiye sahiptir. Madencilik faaliyeti sırasında arazi formları ve ekosistem servisleri bozulmaya uğrar. Doğaya yeniden kazandırma ile çevresel bozulma minimize edilirken bozulan arazinin ekolojik olarak verimli biçime dönüşümü amaçlanır. Rehabilitasyon uygulamasıyla madencilik çevrimi boyunca yeniden oluşan ekosistem servislerinden ve nihai kullanım biçiminden sağlanan toplumsal fayda akımları sürekli artış gösterir. Olumsuz çevresel etkilerin minimize edilmesinin yanı sıra mümkün olduğunca yüksek düzeyde çevresel aktif ve ekosistem faydası yaratılmaktadır. Madencilik zaman boyutu içinde sınırlı bir faaliyettir. Buna karşın rehabilitasyon faaliyeti ile çevresel, ekonomik ve sosyal faydanın, kapanmadan sonraki dönemde de sürdürülmesi sağlanır. Dolayısıyla, maden sahalarının rehabilitasyonu toplumsal kaynakların dönem içi ve dönemler arasında etkin dağılımı açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada önce maden sahalarının rehabilitasyonu ve sürdürülebilir kalkınma kavramları birbiriyle ilişkili olarak kuramsal olarak ele alınmaktadır. Daha sonra Doğu Almanya'daki Lusatia linyit bölgesindeki rehabilitasyon deneyimi incelenmektedir. Lusatia havzasında büyük ölçekli kömür madenciliği yine büyük ölçekli ve entegre bir 'su yönetimine' dayalı rehabilitasyon faaliyeti ile eş zamanlı olarak yürütülmektedir. Lusatia deneyimi sürdürülebilir rehabilitasyon için eşsiz bir örnek oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Maden rehabilitasyonu, Lusatia linyit havzası, Sürdürülebilirlik, Çevresel etki

## Sustainable Rehabilitation Approach in Mining: Lusatia Lignite District

*Received 12.11.2019; Accepted 12.03.2020*

**Abstract:** On global scale, economic growth and associated material use are steadily increasing. This means that the importance of mining and rehabilitation of mine sites will continue to increase. Rehabilitation of mine sites can be considered within the scope of sustainable development. Mines have a significant impact on environmental assets. Landforms and ecosystem services are degraded during mining. The rehabilitation of the mine sites is aimed to be re-operationalized the ecosystem services degraded during the mining cycle consisting of exploration, operation, washing and closure and transformed into efficient forms. With implementation of rehabilitation, social benefit streams from the ecosystem services and end-use patterns that have re-emerged throughout the mining cycle are constantly increasing. In addition to minimizing adverse environmental impacts, environmental active and ecosystem benefits are created as high as possible. Mining is a limited activity over time. On the other hand, environmental, economic and social benefits are maintained in the period after closure through rehabilitation. Therefore, rehabilitation of mine fields is important in terms of effective distribution of resources within and between periods.

In this study, firstly, the concepts of rehabilitation and sustainable development are discussed as related to each other, theoretically. Later example of Lusatia coal field in Eastern Germany is examined. Large-scale coal mining in the Lusatia basin is also carried out simultaneously with a rehabilitation activity based on integrated 'water management. The Lusatia experience is a unique example of sustainable rehabilitation.

**Key words:** Mine rehabilitation, Lusatia lignite region, basin, Sustainability, Environmental impact.

## GİRİŞ

OECD tarafından hazırlanan projeksiyonda (OECD-ENV-Linkages Central Baseline Scenario) 2011 -2060 yılları arasında global Gayrisafi Milli Hasılanın dört misli artacağı tahmin edilmiştir. 2060' da kişi başına düşen gelirin şu andaki OECD düzeyine (40 000 ABD\$) ulaşması öngörülmektedir. Bu gelişmeye paralel olarak, global materyal kullanımının 2011' de 79 GT.' dan 2060 yılında 167 GT.' a

\* İlgili E-posta/Corresponding E-mail: [ademirbugan@gmail.com](mailto:ademirbugan@gmail.com)

yükseleceği ön görülmektedir. Materyal kullanımının yarısından fazlası kum, kireçtaşı ve agrega gibi metal dışı minerallerden, yaklaşık %30' u ise fosil kökenli hammaddeler ve metallere olacaktır <sup>[1]</sup>. Global ölçekteki bu eğilim madencilik ve rehabilitasyonun boyutu ve öneminin giderek artacağı anlamına gelmektedir.

Maden sahalarının rehabilitasyonu 'ekosistem', 'doğal sermaye' ve 'sürdürülebilir kalkınma kavramlarıyla ilişkili olarak da ele alınabilir <sup>[2]</sup>. Ekosistem en genel anlamda çeşitli organizmalarla, onların cansız çevrelerinin oluşturduğu ve bir bütün olarak ele alınabilen birim olarak tanımlanabilir. Ekosistem servisleri maden yatakları ile birlikte doğal sermayeyi oluşturur. Ekosistem servisleri toplumsal refah için gerekli olan materyal ve enerji akımlarıdır. Madencilik faaliyetlerinin doğal sermaye ve ekosistem servisleri üzerinde yarattığı etkiler fayda ve maliyet unsurlarını, dolayısıyla refah düzeyini etkiler. Sürdürülebilir kalkınma ise, refah düzeyinin ekosistemin taşıma kapasitesi içerisinde kalacak şekilde iyileştirilmesidir. Madencilik, arazinin geçici bir kullanımıdır, ancak bu kullanımla ilgili etkiler arazi kullanım biçimleri üzerinde kalıcı değişikliklerine neden olmaktadır. Rehabilitasyon sürecinde madencilik faaliyetleri sırasında bozulan arazinin ekolojik ve sosyo ekonomik açıdan verimli bir arazi biçimine dönüştürülmesi amaçlanır. Demirbugan (2018, 2019a) tarafından belirtildiği üzere madenin kapatılması madencilikten çıkarılan sermayenin gelecek nesillere aktarılması için köprü ödevi görebilir <sup>[2,3]</sup>. Böylece günümüzde madencilik toplulukları ve ülkelerin sağladığı gelir gelecekte de sürdürülebilecektir. Dolayısıyla rehabilitasyon, sürdürülebilir kalkınma açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada önce sürdürülebilirlik ve rehabilitasyon kavramları açıklanmakta ve daha sonra Doğu Almanya'daki Lusatia linyit bölgesi deneyimi incelenmektedir. Lusatia deneyimi sürdürülebilirlik açısından dünyada eşsiz bir örnek oluşturmaktadır. Lusatia' da zaman süreci içinde madencilik ve rehabilitasyon faaliyetinin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesinde 'entegre su yönetimi' anahtar rol oynamaktadır.

## **SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE MADEN SAHALARININ REHABİLİTASYONU**

Demirbugan (2019b) tarafından başka yerde vurgulandığı üzere sürdürülebilir kalkınma, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun "Ortak Geleceğimiz" başlıklı raporunda "bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini de karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır <sup>[4, 5]</sup>. Başka bir tanımlama ile sürdürülebilir kalkınma doğal sermayeyi tüketmeden ve gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılayabilme olanaklarını da ellerinden almayan, ekonomi ile ekosistem arasındaki dengeyi koruyan bir kalkınma durumudur <sup>[6]</sup>. Sürdürülebilir kalkınma zaman boyutu içinde yaşam kalitesini iyileştirmeye ve çevreyi korumaya yönelik politika, eylem ve gelişme stratejilerinin birbiriyle ilişkili ve destekler biçimde bütünleştirilmesini gerektirir. Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının madencilik sektörüne uygulanması, yeni rezervlerin bulunmasına ilişkin teknolojinin geliştirilmesi ve uygulanması, daha temiz teknolojilerin kullanılması, atık minimizasyonu, maden yataklarının etkin biçimde işletilmesi ve rehabilitasyonu ve çevresel etkilerin minimizasyonuna ilişkindir. Sürdürülebilir madencilik çevre, ekonomi ve sosyal boyutlara dayalıdır. Bu bileşenler, Demirbugan (2019b) tarafından da açıklandığı üzere aşağıda özetlenmektedir <sup>[7,8]</sup>.

**Çevre Boyutu:** Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için madencilik faaliyeti sürecinde doğal kaynak stoğunun, yaşamı destekleyen ekosistem servislerin ve biyolojik çeşitliliğin korunması vurgulanmaktadır.

**Ekonomi Boyutu:** Madencilik faaliyeti ile maksimum refah artışı sağlanması ve korunması vurgulanmaktadır. Mineral kaynağının tüketilmesiyle oluşacak gelirin diğer üretken faaliyetlerde kullanılıyor olmasıdır. Gelirin beşeri ve ekonomik sermayenin yeniden yaratılması için kullanılması durumunu ifade eden sürdürülebilirlikle uyumlu olmasının altı çizilmektedir.

**Sosyal Boyut:** Madencilik faaliyeti sırasında karar verme sürecinde tüm aktörlerin yer almasını ifade eden yönetim (corporate governess) prensibinin uygulanması ve maliyet ve faydanın paydaşlar arasında eşit biçimde dağıtılması vurgulanmaktadır.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında bir madencilik projesinin ekonomik etkinliği sağlayabilecek, çevresel ve sosyal açılardan kabul edilebilir biçimde geliştirilmesi, işletilmesi, rehabilitasyonu ve kapatılması sürdürülebilir kalkınmaya katkı olarak kabul edilebilir.

Rehabilitasyonun içeriği ve kapsamına ilişkin bakış açısı önem taşımaktadır. Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında rehabilitasyon, çevresel bozulmayı en aza indiren bir maden kapatma yöntemi olmanın ötesinde bozulmuş arazi biçimini ekolojik olarak üretken bir duruma doğru geliştirmek için bir fırsat olarak ele alınmalıdır. Rehabilitasyon bir madenin yaşam döngüsünün ayrılmaz bir parçasıdır.

Günümüz madenciliği, bozulan arazi ve yaşam biçiminin bütünselliğinin korunabilmesi için rehabilitasyona bağımlı durumdadır. Günümüz madencilik pratiğinde sürdürülebilir rehabilitasyon uygulaması, ağırlıklı olarak progresif (düzenli gelişen rehabilitasyon) rehabilitasyon çerçevesinde ele alınmaktadır <sup>[3,4,9]</sup>. Progresif rehabilitasyon kapatma faaliyetinin madenin boyunca sürdürülmesi olarak da tanımlanabilir <sup>[10]</sup>.

Maden sahalarının rehabilitasyonu, madencilik faaliyetleri sırasında bozulan arazinin ‘düzenli olarak gelişen madencilik sonrası arazi kullanım biçimine (sequential post-mining land use)’ dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir.

Demirbugan (2018)’ de vurgulandığı üzere bir maden sahasının rehabilitasyonu üç temel hedefi gerçekleştirecek biçimde tasarlanır <sup>[2]</sup>. Bunlar;

Maden sahasına ilişkin arazi biçimleri, toprak ve kimyasal koşulların uzun dönemli süreklilik ve duyarlılığının sağlanması, ekosistemin, insanlar, fauna ve flora için yaşam alanı sağlayacak biçimde kısmen veya tamamen onarılması, alıcı ortamlar için kirliliğin önlenmesi’ dir.

Açık ocak madenciliği, cevher çıkarma ve büyük hacimli atık malzemenin işlenmesi faaliyetiyle bütünsellik içinde kapsamlı rehabilitasyon stratejilerinin uygulanmasını gerektirmektedir. Rehabilitasyon stratejileri madenin gelişme sürecinde malzeme dengesi üzerinde önemli yer tutar. Progresif rehabilitasyon kapatma aşamasındaki maliyetleri ve çevrimin son aşamalarında büyük miktarda malzemenin kullanılmasını azaltır.

## LUSATIA LİNYİT HAVZASI

Lusatia linyit bölgesi Ren havzası ve Merkezi Almanya ile birlikte Almanya’daki başlıca linyit bölgelerinden birisidir. Polonya sınırını oluşturan Neisse ve Brandenburg ve Saksonya eyaletlerinin sınırını oluşturan Elbe nehirleri arasında yer almaktadır. Lusatia kömür havzası zaman içinde geçirdiği dönüşümün kapsamı ve yaygınlığı açısından dünyada benzersiz bir rehabilitasyon örneğidir.

Doğu Almanya’daki linyit madenciliği 200 yıllık geçmişe sahiptir. Demirbugan (2019b, Demirbugan 2019c) tarafından belirtildiği üzere madenciliğin kapsamı, devletin siyasi ve ekonomik çıkarlarıyla yakından ilişkili olarak sürekli değişim göstermiştir <sup>[4,9]</sup>. 1980’lerin sonunda eski Doğu Almanya’daki politik değişiklikle bağlantılı olarak Lusatia’ daki geleneksel linyit madenciliği önemli değişim içine girmiştir. 1989 Leipzig çevresindeki bölgede 20 maden işletilirken, bu sayı 1991 yılına 11’e ve 1995’te 3 işletmeye düştü. Lusatia bölgesindeki yıllık linyit üretimi 1990-2016 döneminde 80 milyon ton’ dan 19 milyon ton’ a gerilemiştir. Aynı dönemde havzasındaki istihdam 90 000 kişiden 20 000 kişiye düşmüştür. Kömür işletmelerinin %85’ inin bir çırpıda kapanması madencilik sektörünü su yönetimi ve rehabilitasyona ilişkin çok büyük görevle karşı karşıya bırakmıştır. Bu görev federal hükümet tarafından üstlenilmiştir. Rehabilitasyona konu olan alan 85 000 ha.’dır. Bu büyüklük Soma havzasının yaklaşık 17 katıdır.

Doğu Almanya linyit endüstrisi aşağıdaki yapı kapsamında yer almaktadır <sup>[11]</sup>.

- Vattenfall Europe Mining AG: Lusatian bölgesinde linyit üretimi (ağırlıklı olarak elektrik üretimi için işletilmektedir).

- MIBRAG mbH: Leipzig bölgesinde linyit üretimi (ağırlıklı olarak elektrik üretimi için işletilmektedir.)

- ROMONTA GmbH: Leipzig bölgesinde linyit üretimi (çoğunlukla bitümlü kimyasal üretimi için işletilmektedir).

- LMBV mbH: 1989-1994 yılları arasında kapatılan linyit ocaklarının rehabilitasyonu ve su yönetimini üstlenen devlet kuruluşudur.

Demirbugan (2019b, 2019c)’ de belirtildiği üzere Lusatia’ daki arazi kullanım biçimleri son 30 yıl içinde madencilik ve rehabilitasyon faaliyetleri sırasında ekonomik, sosyal ve demografik faktörlerin de etkisiyle dramatik değişiklik geçirmiştir <sup>[4,9]</sup>. Madencilik öncesi ve sonrası alansal dağılım Tablo 1’ de verilmiştir <sup>[12]</sup>. Tarım alanları azalırken sulak alanlar büyük artış göstermiştir. Orman alanları aynı kalmıştır. Sulak alanlardaki artış ocak çukurlarının suyla doldurulması ve birbiriyle ilişkilendirilmesinden kaynaklanmaktadır.

**Tablo 1.** Lusatia' da Alan Kullanım Dağılımı <sup>[12]</sup>

	Madencilik Öncesi(%)	Madencilik Sonrası(%)
Orman	55	55
Tarım	25	10
Sulak alan	2	30
Diğer	18	5

Su yönetimi ve planlaması Lusatiada gerçekleşen madencilik ve rehabilitasyon uygulaması üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Demirbugan (2019b)' da vurgulandığı üzere Dünün ay yüzeyleri (moonscape)' birbiriyle seyahat edilebilir kanallarla bağlantılı göllere dönüşmektedir (Foto 1 ve 2) <sup>[4]</sup>.



**Foto 1:** Lusatia'dan 1991 yılında görünüm <sup>[3,13]</sup>



**Foto 2.** Göller ve su kanalları <sup>[13]</sup>

Leipzig kömür bölgesinde, rehabilitasyon ve işletme sürecinde madencilik ve rehabilitasyon kurumları arasında yakın işbirliği yapılmaktadır. Tüm linyit ocakları aynı su toplama havzasında (Weißelsterbecken) bulunduğu için madenler arasında suya ilişkin çok sayıda bağımlılık ve geçişli durumlar söz konusudur.

80'li yılların başında oluşturulan hidrolojik model (HGMS) 1990'dan sonra tüm madencilik bölgesini kapsamıştır. Bu model su ile ilgili tüm planlama ve operasyonların temelini oluşturmuştur. HGMS modelinin en önemli yönlerinden biri, terk edilmiş madenlerin su ile doldurulmasına ilişkin teknolojik çeşitliliklerin önerilmesidir. Nehir suyunun kalite ve miktar bakımından yetersiz olmasından dolayı, ocak çukurlarının üretim sırasında susuzlaştırma çalışmalarından çıkan suları su ile doldurması en iyi alternatif biçiminde ortaya çıkmıştır. Terk edilmiş madenlerle çalışan madenleri birbirine bağlayan 65 km uzunluğundaki bir boru hattı inşa edilmiştir. LMBV ve MIBRAG tarafından işletilmektedir. 1998' den 2015'e kadar yaklaşık 500 Milyon m<sup>3</sup>. su kömür üreten madenlerden terkedilmiş madenlere pompalanmıştır. Bu uygulama tüm ortaklara faydalı olmuştur. Kömür ve enerji üreticisi MIBRAG'a su yönetimi açısından, LMBV' ye hızlı ve düşük maliyetli sulak alanların gerçekleştirilmesi açısından topluma ise maden geri kazanımı ve bölgenin ekonomi, rekreasyon ve doğa koruma alanında kazandıdığı itibar açısından yardımcı olmuştur <sup>[11]</sup>.

Günümüzde Lusitai bölgesinde rehabilitasyon sahaları ve kömür ocakları bir arada bulunmaktadır. Linyit madenciliğinin su dengesi üzerindeki negatif etkilerinin minimize edilmesi, açık ocak madenciliğinin sürdürülebilirliği açısından zorunludur. Lusatia bölgesinde rehabilitasyon gerekli olan suyun çalışan madenlerden pompalanma hızı giderek azalmaktadır.

2015 yılında Lusatian linyit madenlerinin susuzlaştırılması için 420 Milyon m<sup>3</sup> ocak suyu pompalanmıştır. Burada da susuzlaştırma kuyular kullanılarak gerçekleştirilir. Jeolojik koşullara bağlı olarak Lusatia ocaklarında susuzlaştırma su seviyesi düşürüldükten sonra büyük toplama konileri oluşmaktadır. Vattenfall, yer altı su seviyesini, benzersiz bir uygulama olan derin sızdırmaz istinat duvarları(geçirimsiz bariyer, sealing wall) inşa ederek korumaya çalışmaktadır <sup>[11]</sup>. Yer altı suyunun düşürülmesinin sonucunda bir çelişki durumu ortaya çıkabilir. Bir yandan ocak susuzlaştırmasına ihtiyaç duyulurken öte yandan yüzey suyu ve kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Hidrolik bariyerler ocakların pompajından kaynaklanan su tablası üzerindeki etkilerin giderilmesine yönelik olarak oluşturulmuştur. Bu uygulamanın dünya da bir benzeri yoktur. Hidrolik bariyer uygulamasıyla bölgenin su dengesi daha az etkilenmekte ve daha az ferooksit problemiyle karşılaşmaktadır. Şu ana kadar ortalama 130 m. derinlikte ve 25 km. uzunlukta hidrolik bariyer inşa edilmiştir <sup>[11]</sup>.

Ocaklardan pompalanan su MWTP' lerde arıtma işlemine tabi tutulmaktadır. 2017 yılında Profen ocağı yakının da 120m<sup>3</sup>/dk kapasiteli bir MWTP işletmeye açılmıştır. Bu tesiste demir içeriği 10-40 mg./lt.' den 1.5 mg/lt.' ye düşürülmektedir <sup>[11]</sup>.

Yüzey suyu koşullarında bozulmadan kaçınabilmek için telafi edici önlemler gereklidir. MWTP' lerde arıtılan suyun nehirlere beslenmesi (eco-water) bunlar arasında sayılabilir. Bu çerçevede işletmeci, su arıtma, su arzı ve etki minimizasyonuna ilişkin önlemleri alır. Bu önlemler ana hatlarıyla aşağıdaki gibidir <sup>[11]</sup>.

- Eko-su için bağlantı hattının planlanması ve inşası. Etki telafisi
- Sızdırmazlık duvarlarının planlanması ve inşası. Etki minimizasyonu

Pompalanan suyun %21'i su dengesine katkıda bulunmak için doğrudan yüzey suyu kütlelerine geri gönderilir. Bu su iyi kalitede ve demir içeriği düşüktür. Kalan %79'u ocak suyu arıtma tesislerine (MWTP) yönlendirmektedir. Bu su şöyle dağıtılır. %48'i Spree Nehri ve Neisse Nehri'ne, bu miktarın küçük bir kısmı ekosisteme deşarj edilirken; %31'i linyit yakıtlı elektrik santrallerinde soğutma suyu ve servis suyu olarak kullanılmaktadır. Bölgede yer alan üç adet termik santralin soğutma suyu linyit ocağı kaynaklıdır <sup>[11]</sup>.

Lusatia linyit alanının adeta göller bölgesine dönüşmesi bölgenin geleceğinde turizmi ön plana çıkarmıştır. 2012' de 500000 kişi göller bölgesinde gecelemiştir. Suda yaşamak Geiresmalder See' de yüzen evler için marinanın inşa edilmesiyle gerçeğe dönüşmüştür.

Rehabilitasyon sürecinde tarımsal üretim, orman ve orman-tarım alanları oluşturulmuştur. Bu alanlarda istihdam ve gelir yaratılmaktadır.

## SONUÇLAR

Geçici bir alan kullanım biçimi olan madencilik faaliyeti bozulan arazinin ekolojik olarak dengeli ve verimli biçime dönüştürülmesi için fırsat sağlamaktadır. Esasen bir doğa onarım uygulaması olan rehabilitasyon ile çevresel bozulma minimize edilirken bozulan arazinin ekolojik olarak verimli biçime dönüşümü amaçlanır. Madencilik faaliyeti ve buna eşlik eden rehabilitasyon süreci doğal sermaye ve ekosistem servislerini ve dolayısıyla toplumsal refah düzeyini etkiler. Sürdürülebilir madencilik faaliyeti ve rehabilitasyonu, kaynakların etkin kullanımı açısından önem taşımaktadır.

Zaman süreci içinde madencilik faaliyeti işletme ömründen daha uzun bir zaman diliminde ele alınmalıdır. Aramadan kapatmaya kadar kömür madenciliği çevriminin bütün aşamaları boyunca düzenli gelişen rehabilitasyonun uygulanması ile sürdürülebilirlik koşulu sağlanmaktadır.

Doğu Almanya'daki Lusatia linyit bölgesinde geçtiğimiz otuz yıl içinde kömür üretimiyle eş zamanlı gerçekleşen rehabilitasyon deneyimi, kapsadığı alan, uygulanan teknik, alan kullanım biçimleri ve sosyo ekonomik değişimin boyutu açısından dünyada eşsiz bir örnektir. Lusatia bölgesinde büyük ölçekli linyit madenciliği yine büyük ölçekli su yönetimi ile birlikte gerçekleştirilmektedir. Bu durum progresif rehabilitasyon ve sürdürülebilirlik koşulunun gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir. Rehabilitasyon faaliyeti esas olarak 'bütünleşik su yönetimine' dayanmaktadır. Bu uygulamada çalışılan ocaklardan pompalanan su demir' den arıldıktan sonra doğal ekosistemin bir parçasını oluşturan nehirlere ve soğutma suyu olarak termik santrallere verilmektedir. Su atımı sırasında komşu alanlardaki yer altı su seviyesinin etkilenmemesi bir mühendislik uygulaması olan 'sızdırmazlık bariyerleri' ile sağlanmaktadır.

Rehabilitasyon sürecinde Lusatia bölgesinde birbiri ile bağlantılı göller, enerji ormanı ve tarım alanları gibi alan kullanım biçimlerinin payı artmıştır. Üretim ve turizme dönük bu alan kullanımı yeni istihdam olanakları ve çok yönlü sosyal fayda sağlayarak sürdürülebilir bir perspektif ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] OECD. (2018). *Global Material Resources Outlook to 2060*. Paris: OECD.
- [2] Demirbugan, A. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma ve Madenlerin Rehabilitasyonu , UNESAK 2018 Kongresi, Balıkesir Üniversitesi.
- [3] Demirbugan, A. (2019a). Sürdürülebilirlik ve Maden Sahalarının Rehabilitasyonu. *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*(26), s. 3-14.
- [4] Demirbugan, A. (2019b). *Maden Sahalarının Rehabilitasyonu: Kavramlar-Ekonomik Analiz-Örnekler*. (Yayın aşamasında) Ankara: MTA Genel Müdürlüğü.
- [5] World Commission on Environment. (1987). *Our Common Future and Development*. Oxford University Press.
- [6] Kışlalıoğlu, M., Berkes, F. (1994). *Ekoloji ve Çevre Bilimleri*. İstanbul : Remzi Kitapevi.
- [7] Reinford, T., ve Richards, R. (2008). Sustainable Development and The Industrial Minerals Sector: Integrating The Principles of Sustainable Development Within Jamaica's Industrial Minerals Sector. *Bussines*, 3 (1. *Finance and Economies in Emerging Economies*).
- [8] Bastida, E. (2002). *Managing Sustainable Development in Competitive Legal Frameworks for Mining: Argentina, Chile and Peru Expreinces*. U.K.: Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy, University of Dundee.
- [9] Demirbugan, A. (2019c). Kömür Sahalarının Rehabilitasyonu. Ulusal Tarım ve Çevre Bilimleri Kongresi, 5-6 Aralık 2019, Ankara.(Kabul edildi).
- [10] International Council on Mining and Metals (ICMM). (2019). *Integrated Mine Closure* . London: ICMM.
- [11] Struzina, M., Koch, T. (2016). Latest development in water management of Eastern-German Lignite industry. *Proceedings IMWA 2016, Freiberg*. Germany.
- [12] Vattenfall Europe AG. (2009). *The year 2009 in facts and figures*. Berlin.
- [13] Von Bismarck. (2014, 12 4). *NSW Mining*. Joint Government Agency for Coal Mine Rehabilitation, web sayfası: <http://www.nswmining.com.au/friedric-von-bismarc>, erişim tarihi: 12/10/2019.