

## Aktif Maden Atık Barajlarının Bitkilerle Güçlendirilip Rehabilitasyonuna Dair Yeni Yaklaşım Önerisi

Mert Mehmet GÜLLÜ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Sinpaş Altınoran Sitesi Gölevleri 15/1 Çankaya, Ankara

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7350-091X>

\*Sorumlu yazar: mertgullu1982@gmail.com

### Derleme Makalesi

### ÖZ

#### Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 17.02.2022

Kabul tarihi: 06.12.2022

Online Yayınlanma: 05.07.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Atık Barajı

Fitoremediasyon

*Lemna minor*

Atık barajları; madencilik sektöründe kullanılan ve madenlerin zenginleştirilmesi sonucu ortaya çıkan atıkların depolandığı alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle atık barajları doğru zeminde doğru materyaller kullanılarak dizayn edilmelidir. Bu amaçla fitoremediasyon çözümlerinin geliştirilmesinin ana sebebi olan ekolojik dengeye zararları aza indirmenin yanı sıra, baraj inşaatı sırasında oluşan ve kaldırılan toprağın depolanacağı kısmı ayrı bir noktaya taşımadan olduğu ortamda bırakmak daha doğrudur. Çıkan malzemeyi kullanmayı da cazip hale getirmek; az maliyet ve zamandan kazanım sağlanması açısından önemlidir. Bunun için gerekli olan tatlı su bitkileri, yaşamsal özelliği ve ağır metallerin uzaklaştırılmasında sıklıkla kullanım alanı bulmaktadır. Bu konu kapsamında çalışılan sucul bitki türleri; su sümbülü (*Eichhornia crassipes*), kuru otu (*Hydrocotyle umbellata*) ve su mercimeği (*Lemna minor* L.)'dir. Bu makalede Türkiye ve dünyada meydana gelen çeşitli ekolojik tahribatların önlenmesi için tatlı su bitkilerinin atık barajlarının rehabilitasyonunda kullanılması yaklaşımı ortaya konmaktadır. Bu yöntemin kullanılmasının önemi; 1)Maliyeti 2) Ekolojik dengenin en az zarar görmesi 3) Çevrede oluşan tahribatın en alt düzeyde gerçekleşmesi ve 4)Sistemin durumdan en kısa zamanda ve en yüksek faydayla kurtarılması sonucu, zararın telafi edilmesi için gerekli olmasıdır.

## A New Approach to Strengthen and Rehabilitate Active Mine Tailings Dams with Plants

### Review Article

### ABSTRACT

#### Article History:

Received: 17.02.2022

Accepted: 06.12.2022

Published online: 05.07.2023

#### Keywords:

*Lemna minor*

Phytoremediation

Waste dam

Tailings dams are defined as areas used in the mining sector where the wastes generated as a result of the enrichment of minerals are stored. For this reason, tailings dams should be designed on the right ground, using the right materials. In addition to minimizing the damage to the ecological balance, which is the main reason for the development of phytoremediative solutions for this purpose, it is better to leave the part of the soil formed and removed during the construction of the dam in its environment without moving it to a separate point. It is also important to make it attractive to use the extracted material in order to save time and cost. Freshwater plants, which are necessary for this, are frequently used in the removal of heavy metals with their vital properties. One of the aquatic plant species studied on this subject is *Lemna minor* L. (Duckweed). *Lemna minor* L. (Duckweed) is a small, aquatic, monocotyledonous plant belonging to the Lemnaceae family with a unique taxonomy. Aquatic plants such as water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), dry grass (*Hydrocotyle umbellata*) and duckweed (*Lemna spec.*) are known to be effective in wastewater treatment. In this article, the approach of using freshwater plants in the rehabilitation of tailings dams to prevent various ecological damages occurring in Turkey and the world is presented. The importance of using this method; 1) Cost 2) Minimal damage to ecological

---

balance 3) It is necessary to minimize the damage to the environment and 4) It is necessary to compensate for the damage as a result of the recovery of the system from the situation as soon as possible and with the highest benefit.

---

**To Cite:** Güllü MM. Aktif Maden Atık Barajlarının Bitkilerle Güçlendirilip Rehabilitasyon Edilmesine Dair Yeni Yaklaşım Önerisi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(2): 1707-1712.

## 1.Giriş

Atık barajları, madencilik sektöründe kullanılan ve madenlerin zenginleştirilmesi sonucu ortaya çıkan atıkların depolandığı alanlar olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2021). Atık barajlarının ana yapılış amacı; içinde biriktirilen maddenin dış ortama sızmasını önlemektir. Bu yapılaşa uygun aynı zamanda doğru zemin ve doğru materyaller kullanılarak ilgili fiziksel ve kimyasal özellikler göz önüne alınacak şekilde dizayn edilmelidir (Atalay, 1994).

Kullanılan materyaller çıkartılan madenlere göre değişiklik göstermekle beraber atık barajlarında gerek kapasite artışı, gerekse başka bazı nedenlerle bazen tehlikeli durumların ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır.

Bu makalede verilen öneriler; barajın kurulumu aşamasında veya aktif halde kullanılırken barajların bitkilerle desteklemesine ve rehabilitasyonuna alternatif bir yöntem olarak sunulmaktadır. Yöntemin amacı hali hazırda kullanılan barajların üzerine su üstünde üreyebilen ve rehabilitasyon amacıyla bitkiler kullanılarak zararlı maddelerin kendi bünyelerinde absorbe edilmesiyle baraj içerisindeki atık suyun temizlenmesine yardımcı olmaktır.

Ayrıca tasarım aşamasında bitkiler ekilerek kökleri sayesinde dışarıdan bir koruma sağlanması da planlanmaktadır. Bu nedenle seçilebilecek bitkiler araştırıldığında uygunluğu düşünülen ve ülkemizde yetişen su mercimeği (*Lemna minor* L.) bitkisinin kullanılabilmesi hipotezi üzerinde durulmuştur.

## 2.Materyal ve Metot

*Lemna minor* L.(Su mercimeği); Lemnaceae familyasına ait kendine özgü bir taksonomisi ve sistematigi olan küçük, suda yaşayan, monokotiledonlar grubunda yer almaktadır. Lemna, Spirodela, Wollfia ve Wolffia olmak üzere dört cinsi vardır. Dünya çapında yaklaşık 40 türü rapor edilmiştir (Les ve ark., 2002). Lemna türlerinin basit bir yapısı ve morfolojisi olması, uygulamaya izin veren küçük boyutlu ve küçük hacimli test edilmiş numuneleri, hızlı büyüme oranı, yetiştirme ve taşıma kolaylığı ile yüksek derecede homojenlik ve hassasiyeti çok çeşitli kirleticilere karşı avantaj sağlamaktadır (Park ve ark., 2012).

Bu türün taksonlarının çok küçük, organlarının minyatür olması ve aynı zamanda kozmopolit olmalarından dolayı tanımlanmaları oldukça zordur. Dünyanın en küçük Angiospermlerinden bazıları bu familyada bulunur ve bu organizmalar gelişimleri sonunda en fazla 0,3 mm genişliğe ulaşabilirler (Landolt, 1986). Su mercimeği; göller, nehirler ve akarsular gibi hem durgun hem de akan tatlı suda yetişen serbest yüzen bir su bitkisidir. Bitkiler genellikle küçük körelmiş köklere sahiptir. Yuvarlak serbest yüzen taloidlerden oluşan kalın yeşil halılar, düzleştirilmiş yapraklara benzer yapılar

oluşturabilirler ve bir su yolunu kaplayacak şekilde hızla yayılabilirler. Bu bitkiler tipik olarak tomurcuklanarak çoğalırlar. Ara sıra küçük çiçekler açarlar. Azot ve diğer besin maddeleri açısından zengin olan suları tercih ederler. Toksinler dahil maddeleri sudan kolayca filtrelerler. Ayrıca ördekler ve ördeklerden daha büyük canlıların beslenmelerine ek besin olmanın yanında bazı su hayvanları için barınak görevi görürler (Gijzen ve Khondker, 1997). Küçük boyutlarına rağmen, su mercimeği önemli bitkilerdendir. Bunun gibi tatlı su bitkileri, özellikle gelişmekte olan önemli su ürünleri uygulamalarına sahip olan ülkelerde yaşamsal özelliği, ağır metallerin uzaklaştırılmasında sıklıkla kullanım alanı bulan ve bu konuda üzerinde fazlasıyla çalışmalar yapılan bitki türlerindedir (Skillicorn ve ark., 1993; Donald ve ark., 2002).

Atık su arıtmada su sümbülü (*Eichhornia crassipes*), kuru otu (*Hydrocotyle umbellata*) ve su mercimeği (*Lemna sp.*) gibi su bitkilerinin etkili olduğu bilinmektedir (EPA, 1988). Lemna türlerinin kullanıldığı atıksu arıtma sistemleri uygulamaları da olmuştur (EPA, 2006).

### 3. Tartışma

2014 yılında yapılan bir çalışmada; madenlerdeki barajların yeniden şekillendirilmesi ve barajlarda biriken ağır metal kalıntılarının ortadan kaldırılmasının gerekliliği belirtilerek bunun için öneriler sunulmuştur (Edraki ve ark., 2014). Reaktifler gibi yuzdürme kimyasalları, yüzey aktif maddeler, süzme maddeleri, oksitleyiciler, çözücü özütleyiciler ve diğer katkı maddeleri madencilik veya öğütme işlemlerinin sonucu kaynaklı herhangi bir organik veya yağlı atıklar geri dönüşümlerinde çevresel tehlike oluşturabilirler (Ritcey, 2005). Frank ve arkadaşları yaptıkları araştırmada da geçmişten gelen atık depolama tesislerinin etrafındaki çevresel etkilerin azaltılmasına karşın, uygulanan mevcut tekniklerin yeterli olmayacağı konusunda ve çeşitli modellemelere dayanan tahminlerle atıkların yönetimine dair bir dizi belli başlı önerilerde bulunmuşlardır (Franks ve ark., 2011).

Bunların dışında yavaş hareket eden oksidasyon cephesinin birleşik etkisi, ağır metallerin emilmesi ve büyük hacimli ayrışmamış atıklardaki metaloidler ve çözülmüş atıklar için suyun içinde yıllarca süren uzun taşınma süreleri, yeraltı suyundaki atık kaynaklı iyonlar, asidik metal açısından zengin atıkların salınması için gereken bir zamanın gecikmesine neden olabilmektedir (Ljungberg ve Öhlander, 2001). Ayrıca flotasyonun sonucu, kimyasallar arasındaki karmaşık, dinamik, fiziksel ve operasyonel değişkenlerin etkileşimlerinde belirlenmektedir. Örneğin flotasyondaki klasik problemlerin çoğu, su kimyasının; değiştirilmiş silikatların ve balçıkların olumsuz etkisi, kaba ve ince parçacıklar ve zor mineral ayrımları (ve çok sayıda diğerleri), büyük ölçüde çözümsüz kalmıştır (Nagaraj, 2010). Yapılan bazı çalışmalarda bu süreçte mikroorganizmalar ve mantarlar kullanılmış olup; nikel, bakır ve çinko gibi metallerin biyoliç yöntemiyle uzaklaştırılması denenmiştir (Sadia ve ark., 2013; Edraki ve ark., 2014).

2015 yılında yapılmış olan çalışmalarda *L. minör* türü tarafından uzaklaştırılan ağır metal oranları ve uzaklaştırma düzeyleri belirlenmiştir (Ustaoglu ve ark., 2015). Başlıca madenlerden bazılarının bertaraf edilmesinde bu tip yaklaşımların kullanılması, madenlerdeki atık barajlarının dünyada da

meydana gelen felaketlerin çevresel etkilerinin aza indirilmesi için önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. Fitoremediatif çözümlerin geliştirilmesinin ekolojik dengeye zararları aza indirmenin yanı sıra baraj inşaatı sırasında oluşturulan ve kaldırılan toprağın depolanacağı alanı ayrı bir noktaya taşımaya gerek olmadan, bulunduğu ortamda kalması, malzemeyi kullanmayı cazip hale getirmesi yönünden az maliyet ve zamandan kazanım sağlanması öngörülmektedir. Ayrıca atık geri dönüşümünde önemli bir adım olarak su mercimeğine odaklanma, fotosentez mekanizması tarafından yönetilen verimli, uygun maliyetli ve çevre dostu bir yöntemdir. Bu nedenle, su mercimeği tabanlı biyolojik iyileştirme modeli kirli havuzları geri kazanmanın etkili, ucuz ve basit bir yoludur.

Metal madenciliğinin yıkıcı etkilerini en aza indirmek için kullanılan geleneksel yöntemlerin çeşitli nedenlerle yeterli ve etkili olamayacağı, bunun yerine bitkilerin kullanılmasının gerekliliği bir kez daha yaşanan bazı dramatik olayların sonuçları ile ortaya konmuştur (Glotov ve ark., 2018).

Bu işlemler yapılırken hem üreticiye hem de daha önemlisi doğaya verilen zarar en aza indirilebilecektir. Örneğin; yapılacak olan açık ocak faaliyeti öncesinde belirlenen alanda saha hazırlama işlemleri yapılırken işlenecek olan toprak, ilgili alana kurulması planlanmış olan atık depolama tesis veya tesislerinin üst malzemesi olarak kullanılabilir. Yapı üzerinde bulunan toprağa dikilecek bölgeye özgü bitkiler ise olası bir felaket senaryosu meydana gelmesi durumunda yüzeyde oluşacak erozyonu engellemeye destek olabilecektir.

Bitkilerle yapılacak olan bu ağır metal temizliği sonrası, toplanan bitkiler kazanlarda yakılarak ısıtma sistemine güç sağlamada yararlanılabilecek bir potansiyele sahip olacaktır. Ayrıca temizlenmiş olan su analizleri de belli aralıklarla yapılarak uygunluğu tespit edilmesi halinde, gerek ilgili işletmede suyun ağır metallere çoğunlukla arındırılarak diğer çöktürme işlemleri yapıldıktan sonra çalışanlar tarafından içilebilmesi, içilebilecek durumda olmaması halinde ise bu sudan yararlanılması yani gerekirse ilgili proseslerde kullanılması ve bu sayede de suyun herhangi bir yere deşarj edilmesi ya da yeraltı sularına bir sızıntıyla ulaşabilmesi gibi tehlikeli durumların önüne geçilebilecektir.

Detaylandırmada barajın statik yapısı gereği kapasitesinin üzerinde yükleme olması ile barajın taşması veya daha kötü bir senaryo olarak çökmesi durumunda, su üzerinde bulunan bitkiler tarafından filtre edilen suyun ve oluşan erozyonun en az düzeyde olması sağlanmaya çalışılarak, herhangi bir şekilde doğanın kirletilmesini veya bu kirlenmenin en alt sınır değere indirilmesi sağlanmış olacaktır.

Ayrıca maden işletmesinin sonlanması durumunda barajın içindeki su, kabul edilebilir düzeyde kirlilik içerse dahi, kalan suyun deşarj edilmesi ya da barajın rehabilitasyonu sırasında kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir. Hali hazırda kullanılan barajların yine dış yüzeylerinin sarıcı bitkiler ile kaplanması ve kök sistemleri yardımıyla barajın dış kısımlarında köklerden oluşan bir ağ oluşturması, tıpkı heyelanlarda kullanılan taş kaymalarını önleyen çelik ağların görevine benzer şekilde kökleriyle bir ağ görünümü alacağı düşünülmektedir.

Peyzaj açısından da bu durum görüntü kirliliğinin ortadan kalkmasına, barajın dış görünüş ve ekolojik açıdan estetik görünmesine yardım edecektir. Bu aynı zamanda yine bir önceki durumda bahsedilen barajın rehabilitasyonu konusunda kolaylık da sağlayacaktır.

#### **4. Sonuç**

Tatlı su bitkilerinin atık barajlarında kullanılması yöntemi maliyet, ekolojik dengenin en az zararlı mevcut koşulları atlatması, buna bağlı olarak oluşabilecek tahribatların en asgari düzeyde ve zaman içerisinde telafi edilmesi için önemlidir (Hilson, 2000; Divya ve ark., 2012; Şaşmaz ve ark., 2015). Bu çalışmaların aktif olarak yürütüldüğü sahalarda denenerek laboratuvarlarda yapılmış olan kontrollü araştırmalarla ortaya konan verimliliklerinin ilgili ortamlarda da denenerek, gerek makalede önerilen tür olan *Lemna minor* (Su mercimeği) kullanımının genişletilmesi ve gerekli görülen hallerde başka fitoremediatif bitkilerde, maden alanlarında ve bölgelerin ekolojisi ile toprak yapısı ve jeolojisine göre farklılaştırılması önerilebilir.

#### **Teşekkür**

Nevzat KAVAKLI'ya desteğinden dolayı özel teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, anonim yorumculara yorumları için minnettarım.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

#### **Kaynakça**

- Atalay Ü. Atık Barajları. Madencilik Bülteni. 1997; 41-42.
- Donald H. Les., Daniel JC., Elias L., John DG., Rebecca TK. Phylogeny and systematics of Lemnaceae, the Duckweed Family. Systematic Botany 2002; 27(2): 221-240.
- Edraki M., Baumgartl T., Manlapig E., Bradshaw D., Franks DM., Moran CJ. Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: A review of alternative approaches. Journal of Cleaner Production 2014.
- Franks DM., Boger, DV., Cote CM., Mulligan, DR. Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes. Resources Policy 2011; 36: 114-122
- Gijzen HJ., Khondker M. An overview physiology. Cultivation and Applications of Duckweed. Report. Annex I. Literature Review. Dhaka: Duckweed (DWRP). 1997.
- Glotov VE., Chlachula J., Glotova LP., Little E. Causes and environmental impact of the gold-tailings dam failure at Karamken, the Russian Far East. Engineering Geology 2018
- Hilson G. Pollution prevention and cleaner production in the mining industry:an analysis of current issues, Journal of Cleaner Production 2000; 119-126
- <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/07/20150715-3.htm> (Erişim tarihi:20.12.2021)

- Landolt E. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae), volume 2. The family of Lemnaceae—a monographic study, volume 1. Zurich: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rubel, in Zurich (71Heft) 1986.
- Les DH., Crawford DJ., Landolt E., Gabel JD., Rebecca TK. Phylogeny and systematics Lemnaceae, the Duckweed Family. *Systematic Botany* 2002; 27: 221–240.
- Ljungberg J., Öhlander B. The geochemical dynamics of oxidising mine tailings at Laver, northern Sweden. *Journal of Geochemical Exploration*, 2001; 74: 57–72.
- Nagaraj D. Chemical aspects of sustainable mineral processing and a framework for research and technology transfer, In: *Proceedings of XXV International Mineral Processing Congress IMPC 2010*; 1: 91–100.
- Park JS., Brown MT., Han T. Phenol toxicity to the aquatic macrophyte *Lemna paucicostata*. *Aquatic Toxicology* 2012; 106–107, 182–188.
- Ritcey GM. Tailings management in gold plants, *Hydrometallurgy*, 2005; 78: 3-20.
- Sadia Ilyas., Chi R., Lee JC. Fungal bioleaching of metals from mine tailing, mineral processing and extractive metallurgy review: *An International Journal*, 2013; 34(3): 185-194.
- Singh D., Gupta R., Tiwari A. potential of duckweed (*Lemna minor*) for removal of lead from wastewater by phytoremediation. *Journal of Pharmacy Research* 2012; 5(3): 1578-1582.
- Şasmaz M., Arslan Topal El., Obek E., Şasmaz A., The potential of *Lemna gibba* L. and *Lemna minor* L. to remove Cu, Pb, Zn, and As in gallery water in a mining area in Keban, Turkey, *Journal of Environmental Management*, 2015.
- Skillicorn P., Spira W., Journey W. Duckweed aquaculture: a new aquatic farming system for developing countries. Washington, D.C.: The World Bank 1993.
- US Environmental Protection Agency (EPA). Design manual. Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment. Cincinnati (OH): Office of Research and Development, Center of Environmental Research Information 1988; 83 pp.
- US Environmental Protection Agency (EPA). Water quality standards review and revision. Washington (DC): EPA. 2006; p. 6.
- Ustaoglu D., Terzioğlu K., Türe H., Yılmaz E., Tunca E. Sucul ortamlardaki bakırın su mercimeği ile fitoremediasyonu. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, 2015, 5(2): 10-22.