



Doğal arıtım sistemi: Yapay yüzen ada teknolojisinin Türkiye'deki göl, gölet ve baraj göllerinde uygulanma potansiyeli

Mert MİNAZ, Ayşegül KUBİLAY

Cite this article as:

Minaz, M., Kubilay, A. (2021). Doğal arıtım sistem: Yapay yüzen ada teknolojisinin Türkiye' deki göl, gölet ve baraj göllerinde uygulanma potansiyeli. *Aquatic Research*, 4(4), 376-394. <https://doi.org/10.3153/AR21032>

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,
Su Ürünleri Fakültesi, Rize, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler
Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,
Isparta, Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

M.M. 0000-0003-1894-9807

A.K. 0000-0002-6043-2599

Submitted: 03.03.2021

Revision requested 31.05.2021

Last revision received 06.06.2021

Accepted: 29.06.2021

Published online: 05.09.2021

Correspondence: Mert MİNAZ

E-mail: mert.minaz@erdogan.edu.tr



© 2021 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Bu çalışmada bir fitoremedasyon stratejisi olan yapay yüzen ada (YYA) teknolojisinin Türkiye göl, gölet ve baraj göllerinde uygulanma potansiyeli incelenmiştir. Küresel ısınma ve buna bağlı olarak meydana gelen iklim değişikliği ile birlikte su kaynakları üzerine olan baskı her geçen gün daha da artmaktadır. Ayrıca artan çevre kirliliği, doğadaki canlılara doğrudan ve/veya dolaylı olarak zarar vermekte ve yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kapsamda ülkemizde bulunan göl, gölet ve baraj göllerinin olumsuz küresel ve çevresel koşullara karşı önem değeri son yıllarda artmıştır. İçme suyu kaynağı, tarımsal alanları sulama, rekreasyon amacıyla kullanımı ve içerisinde bulunan ekosistem dikkate alındığında göl, gölet ve baraj göllerinin iyileştirilmesi için yenilikçi, sürdürülebilir ve ekonomik çözüm önerileri gerekmektedir. Ülkemizde var olan doğal suların mevcut trofik durumu dikkate alındığında ötrofikasyon potansiyeline sahip birçok göl, gölet veya baraj gölü tespit edilmiştir. Bu organik kirlilik yükünü iyileştirmek için dünya üzerinde yaygın olarak uygulanan YYA teknolojisi oldukça ekonomik bir alternatif doğal arıtım sistemidir. Literatürde var olan çalışmalar YYA teknolojisinin genellikle laboratuvar ve pilot ölçekli uygulanmasına odaklanmıştır. İlerleyen süreçte YYA teknolojisinin gerçek ölçekli uygulanması hem bilimsel hem de ülke ekonomisi için önemli bir katma değer sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapay yüzen adalar, Fitoremedasyon, Ötrofikasyon, Trofik durum

ABSTRACT

Natural water treatment system: the potential of applying artificial floating island technology in lakes, ponds and dam lakes in Turkey

In this study, the implementation potential of artificial floating island (AFI) technology, which is a phytoremediation strategy, was investigated in Turkish lakes, ponds and reservoirs. The pressure on water resources is increasing ever with the global warming as well as the effect of climate change. In addition, increasing environmental pollution directly and/or indirectly harms the organisms thus has negative effects on their lives. In this context, the importance of lakes, ponds and dam lakes in Turkey against adverse global and environmental conditions has increased in recent years. Innovative, sustainable and economical solutions are required for the improvement of lakes, ponds and dam lakes, considering that these are main resources of drinking water, irrigation of agricultural lands, and recreational activities. Considering the current trophic state of natural waters in our country, many lakes, ponds or dam lakes have been identified with eutrophication potential. AFI technology, which is widely established globally to remediate such organic pollution load, is a highly economical alternative treatment system. Previous studies have generally focused on the laboratory and pilot scale implementation of AFI technology. In the future, full-scale establishment of AFI technology will provide significant added value for both the scientific and the national economy.

Keywords: Artificial floating islands, Phytoremediation, Eutrophication, Trophic state

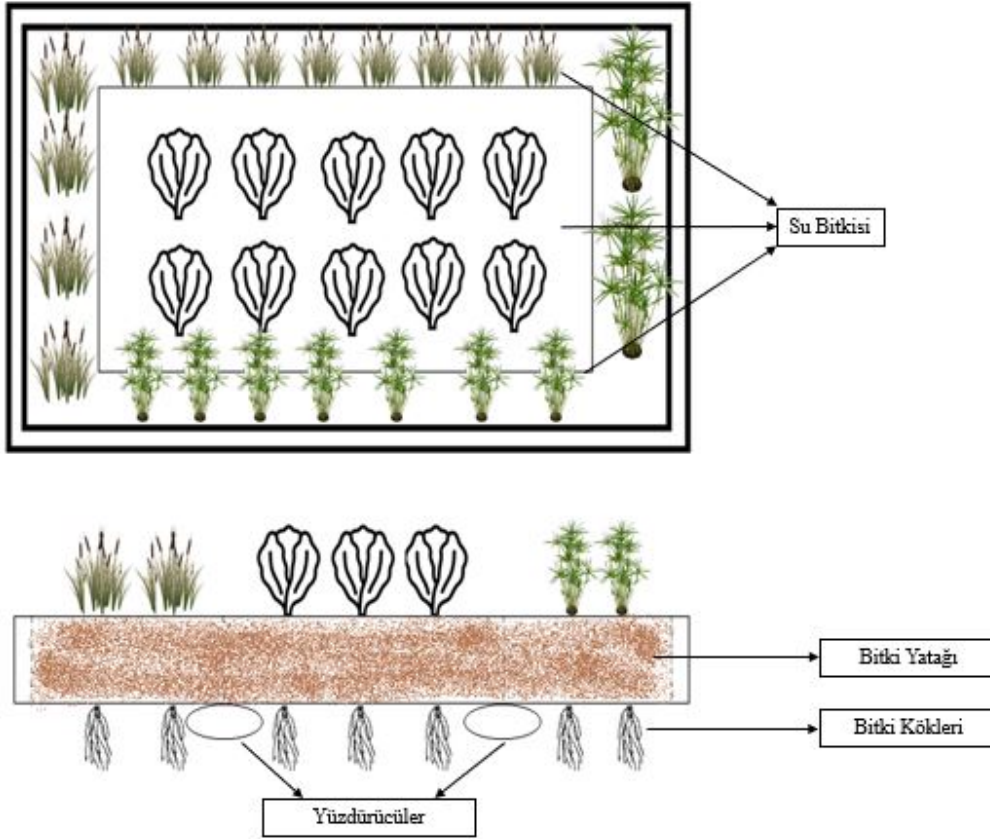
Giriş

Hayat için gerekli ve değerli olan su kaynakları, çeşitli nedenlerle günümüzde tehdit altındadır. Son dönemlerdeki nüfusun hızlı artışı, çarpık kentleşme, sanayileşme, gıda arzının artması su talebini ve su kirliliğini artırmıştır (Vadde vd., 2018). Artan nüfusun taleplerini karşılamak ve bunun yanında rekreasyon, sulama, su ürünleri yetiştiriciliği ve habitatların korunması için güvenilir ve temiz bir tatlı su temininin sürdürülebilirliği gereklidir. Fakat insan kaynaklı atıklardan dolayı hava, su ve toprağın kirlenmesi son yıllarda ciddi bir sorun haline gelmiştir (Şener vd., 2014). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF) tarafından yayınlanan son raporlara göre, dünya nüfusunun %90'ı içme suyu kaynağına ulaşımı olsa dahi, dünya çapında iki milyardan fazla insanın güvenli bir şekilde yönetilen içme suyu hizmetlerine erişimi yoktur (WHO, 2019; WHO/UNICEF 2019). Dünya Bankası raporuna göre ise 2030 yılında öngörülen kullanılabilir su talebinin, mevcut su arzına göre %40 oranında daha fazla olması beklenmektedir (World Bank, 2019). Tarımsal, endüstriyel ve kentsel faaliyetler, sucül ekosistemlerde hem besin hem de kimyasal kirliliğin önemli kaynaklarıdır (Ouyang vd., 2006; Chen vd., 2020). Doğal su kaynaklarının kirlenmesinde üretimin etkisi oldukça fazladır. Son dönemde COVID-19 pandemisi birçok ülkede uluslararası üretim ve ticaret zinciri olumsuz etkilenmiş, fakat buna karşın küresel çapta çevresel pozitif değişimler gözlenmiştir (Kanniah vd., 2021; Rupani vd., 2020; Shrestha vd., 2020; Wang ve Su, 2020). Fakat insan ihtiyaçlarının karşılanması için üretimin sürekli olarak devam etmesi de tartışılmaz bir gerçektir. Sürdürülebilir ve çevreci üretime ek olarak doğal kaynakların iyileştirilmesi politikası dikkate alınmalıdır (Colares vd., 2020).

Su kaynaklarının kirlenmesi, telafisi imkansız problemlerin oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Ahmet, 2006). Gelişen teknoloji ve endüstrileşmenin insan hayatını kolaylaştıran olumlu etkilerine karşın çevre üzerindeki olumsuz etkileri göz ardı edilemezdir (Sun vd., 2019). Çevre kirliliği 20. yüzyılda insanlığın en önemli sorunu olmuştur (Gönülol ve Obalı, 1986). Sosyo-ekonomik gelişmenin su kaynakları üzerindeki etkileri, özellikle su kirliliği göz önüne alındığında, özel bir ilgi odağı haline gelmiştir (Fan ve Fang, 2020). Su kirliliği canlıları yapısını direkt olarak etkilediği için kirliliğin tespit edilmesi temelde biyolojik bir olgudur. Sucül ortamlardan daha verimli bir şekilde yararlanmak ve bunların

sürekliliğini sağlamak için, su kaynaklarının sahip olduğu potansiyelin ve özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle sucül kaynakların fizikokimyasal özelliklerinin ortaya konması gerekmektedir (Yüce, 1999).

Göllerin biyolojik çeşitlilik, balıkçılık, rekreasyon, turizm ve hidrolojik döngüdeki rolü ekosistemdeki önemini ortaya koymaktadır (Dodson vd., 2000; Kristensen ve Hansen, 1994). Doğal ve yapay göller, insan ihtiyaçlarını karşılamak için toplam tatlı su kaynaklarının büyük bir bölümünü oluşturmaktadır (Beyhan ve Kaçıkçıoğlu, 2014). Kötü su kalitesi ötrofikasyona yol açabilir ve toplu balık ölümleri gibi, insanlar ve suda yaşayan canlılar üzerinde bir dizi olumsuz etkiye sahip olabilir (Flynn ve Suplee, 2011). Ötrofikasyona uğramış göletler, göller ve barajlarda meydana gelen siyanobakteriyel çiçeklenmeler, su kaynaklarının etkin kullanımı açısından ciddi sorunlara yol açmıştır (Nakai vd., 2008). Ötrofikasyon sonucu su kalitesindeki bozukluk, tarım ve sanayi gibi endüstrilerle ekonomik kalkınmayı olumsuz etkileyebilir (Liu vd., 2014; Ma vd., 2010). Doğal su kaynaklarında su kalitesinin iyileştirilmesi sadece su ekosistemini pozitif etkilemekle kalmaz, aynı zamanda insan tüketimi ve sulama için güvenli tatlı su arzını sağlar (Bui vd., 2020). Özellikle hastalık etkeni taşıyan içme suyu güvenliğinin havzadan tüketiciye kadar en aza indirilmesi için evsel suların arıtımı, güvenli depolama ve su kaynaklı patojenlerin azaltılması oldukça önemli bir mekanizmadır (Xiao vd., 2020). Dünya genelinde su kirliliğinin olumsuz çevre etkisini önlemek için birtakım sürdürülebilir uygulamalarla da tedbirler alınmaktadır. Bunlar arasında su ortamının yapay yüzen ada (YYA) teknolojisi ile arıtımı, ekonomik ve basit uygulanabilirliği açısından yaygın olarak kullanılmaktadır (Sun vd., 2009; Dotro vd., 2017). Bazı çalışmalarda YYA'ların, su kalitesinin bozulmasına karşı bir tampon görevi üstlendiği (Egertson vd., 2004; McGill vd., 2010), su içerisindeki besin konsantrasyonlarını azalttığı (Palombo vd., 2013) ve trofik değişimleri etkilediği bildirilmiştir (Pellicice ve Agostinho, 2006). Bu bilgiler ışığında YYA'lar, yaklaşık 40 yıllık geçmişe sahip ötrofik bir su arıtma teknolojisidir (Chang vd., 2017). Bu çalışmada, dünya genelinde uygulanan bir teknoloji olan yapay yüzen adaların Türkiye'deki göl, gölet ve baraj göllerinde uygulanma potansiyeli incelenmiştir.



Şekil 1. Yapay yüzen ada tasarımı

Figure 1. The design of artificial floating island

Yapay Yüzen Ada Teknolojisi

YYA'lar hedef su kaynakları üzerinde özellikle endüstriyel, su ürünleri yetiştiriciliği ve tarım arazisi atık sularının dekontaminasyonu ve ekolojik iyileştirmesi için sürdürülebilir bir teknolojidir (Nahlik vd., 2006; R. K. Hubbard vd., 2004). Genel bir tanımlama ile YYA'lar (Şekil 1), yüzen matlar, yüzen sulak alan bitkileri ve algler, biyofilmler, zooplanktonlar ve küçük omurgasızlar gibi ilgili ekolojik topluluklardan oluşan topraksız bir ekim yapısıdır (Hu vd., 2010; Sun vd., 2009). Wolverton ve McDonald, 1975 tarafından yapılan ilk çalışmada YYA'lar ile kirli sudan gümüş (Ag), kobalt (Co) ve stronsiyum (Sr) giderimi yapılmıştır. 40 yıllık geçmişi bulunan YYA'lar günümüzde geleneksel YYA'lar, kompleks YYA'lar ve taşınabilir YYA'lar olacak şekilde 3 farklı teknoloji olarak geliştirilmiştir (Chang vd., 2017).

YYA'ların dört ana işlevi olduğu bildirilmektedir: Bunlar, (1) su arıtma, (2) belirli hayvanlar için habitat sağlama, (3) kıyı

bölgesini koruma ve (4) peyzaj özelliklerinin iyileştirilmesidir (Nakamura ve Shimatani, 1997). Bunlara ek olarak Hoeger, (1988) tarafından biyolojik dezenfeksiyon etkisi de bildirilmiştir. Su üzerindeki bitkiler etkili bir rüzgâr kırılmasına, kök sistemleriyle kıyı bölgelerdeki akıntıları zayıflatmaya ve böylece toprak hareketini önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olur. Ağırlıkları ile dalgaların yörüngesel hareketini yavaşlatır, böylece YYA'lar ile kıyı arasında sakin bir su bölgesi oluşturur. YYA'lar habitat adaları olarak konuşlandırıldığında, belirli bir su kütleindeki birçok hayvan ve bitki türü için yaşam alanı görevi görür. Ada üzerinde su kuşları, memeliler ve sürüngenler için yaşam alanı oluştururken, ada altında balık yavruları ve balıklar için yaşam alanı, dönemsel olarak yumurtlama alanları oluşturur. Böcekler, böcek larvaları, kerevitler ve yumuşakçalar gibi çok sayıda omurgasız hayvanın yanı sıra tek hücreliler, bakteriler ve algler, besin zincirindeki ayrıştırıcılar, yırtıcılar ve diğer elementler de bu adalar üzerinde yerlerini alırlar. Bir peyzaj aracı olarak özellikle ötrofik göllerde alglerle kaplı su görüntüsünü ortadan

kaldırarak farklı tropikal çiçeklendirmeler ile görsel ihtiyaca cevap verir. En önemli işlevi olarak düşünüldüğünde ise yüzen adalara dikilen bitkilerin kök sistemleri, su kütlesine asılır ve büyük, üç boyutlu bir kök labirenti oluşturur. Bu ağ, yalnızca çözünmüş maddeleri doğrudan sudan uzaklaştırmakla kalmaz, aynı zamanda mekanik olarak yüzen parçacıkları filtreler ve tutar. YYA'lar, özel olarak tasarlanmış deneysel alanlara veya enstrümantasyonlara ihtiyaç duymadıklarından atık suyu arıtmak için uygun maliyetli yöntemlerdir. Böylece proses enerjisinde %80'e ve malzeme girdisinde %50'ye kadar tasarruf sağlayabilir (Luederitz vd., 2001). Türkiye'de özellikle ağır metal içeren atıksuların iyileştirilmesi için uygulanan biyoremediasyon çalışmaları mevcuttur (Ayas vd., 2019; Nassouhi vd., 2018; Tatar, 2014). Ekvatorda arsenik ve demir içeriği bulunan bir rezervuarda yapılan iyileştirme çalışmasında 3,6 m² kapasiteli YYA kullanılmıştır (Largo vd., 2020). Çalışma sonucunda YYA'nın sudaki ve sedimentteki areseniği sırasıyla %97 ve %84 oranında azalttığı gözlenirken, demir ise sedimentte ortalama %87 oranında giderilmiştir. Ayrıca çalışma sonunda makrofitlerin hayatta kalma oranı ise %92 olarak bulunmuştur. Ek olarak, rizosfer, faaliyetleri ile su arıtma sürecini geliştiren sayısız bakteri barındırır. Biyolojik dezenfeksiyonu üzerine çok fazla çalışma bulunmamasına rağmen büyük sümbül (*Scirpus zacustris*) bitkisinin özellikle ilkbahar ve yaz aylarında salgılamış olduğu mikrobiyal maddeler, sazlarla bitkilendirilen alanlarda *koliiform* ve *Salmonella* gibi patojenleri etkisiz hale getirmektedir. Daha da önemlisi, kirlenmiş deniz kırlangıcı ve deniz martılarının, bu tür yerlerde yuva yapmaya başladıktan sonraki günler içinde *Salmonella* enfeksiyonlarından kurtulmaları mümkündür (Hoeger, 1988). Bununla birlikte yanlış seçilen ve yönetilen YYA'lar, istilacı türler nedeniyle yerel tarım, su ürünleri yetiştiriciliği ve biyolojik çeşitlilik üzerinde istenmeyen etkilere neden olabilir (Vera vd., 2010). Ayrıca, çürümüş, uzun süre ıslatılmış yüzen malzemeler de bir kirlilik kaynağı olabilir (Yeh vd., 2015).

Yapay Yüzen Adaların Tasarımında Kullanılan Malzemeler

YYA'lar üç katmanlı olarak inşa edilir. Bunlar; ada üzerinde bulunan bitkilerin yaprağı ve gövdesini içeren bölge, adanın yüzmesini sağlayan yüzdürücü ekipmanlar ve su içerisindeki mikro ve makro canlılarla etkileşim halinde olan kök sistemleridir (Chang vd., 2017). YYA tasarımında öncelikle yüzdürücü bir iskelet sistem ve suya dayanıklı bitkiler, gerekli görüldüğü takdirde ise bir bitki yatağı ve su yüzeyinde sabit noktada kalmasını sağlayacak çapa veya iple kıyıya bağlama sistemi bulunur. Bitki yatağı kullanımı çok yaygın olmasa da kullanılması durumunda genellikle kokopit kullanılan çalışmalar bulunmaktadır (Billore vd., 2009; Van Acker vd., 2005). Genellikle toprak ikamesi olarak kullanılan kokopit,

su tutma özelliği ile bitkinin sürekli olarak su ile temasını sağlarken aynı zamanda bitkinin sabit kalmasını da sağlamaktadır (Billore vd., 2009). Yüzdürücü iskelet olarak bir çok farklı tasarım söz konusudur (Alberto vd., 2021). Geleneksel sistemlerde genellikle PVC borular veya koruge drenaj boruları kullanılırken bunların dışında strafor, plastik dubalar, yüzdürücü matlar, bambular, polietilen yüzdürücüler ve su şişeleri kullanılmaktadır. Fakat kullanılan bu yüzdürücülerin son dönemlerde önem seviyesi oldukça fazla olan mikroplastik kirliliğine katkı sağlayabileceği gerçeğine dikkat edilmelidir. Su ortamında yaşayan canlılar için endokrin bozucu etkiye sahip fenolik grupların canlılar üzerinde birikimi (Faheem vd., 2016; Molina vd., 2018; Nane vd., 2021) YYA'ların olumsuz etkileri olmamalıdır. Bu kapsamda farklı üreticiler tarafından çevre dostu ve daha dayanıklı sistemler (BioHaven ve Tech-IA) üretilmiştir. BioHaven adaların gövdeleri, oldukça gözenekli ve çevresel faktörlere dirençli üç boyutlu bir matris sağlamak için iç içe geçmiş ve bağlanmış ince (0,007 inç çaplı) polimer şeritleri içerir (Stewart vd., 2008). Ayrı polimer şeritleri, mikrobiyal biyofilmler tarafından kolonizasyon için ideal bir substrat sağlar ve matris ayrıca su, nehir kenarı ve kara bitkilerinin kökleri için mükemmel bir büyüme ortamı sağlar. Tech-IA, ise yüksek mekanik, kimyasal, biyolojik şartlara ve hava koşullarına dayanıklı, geri dönüştürülebilir ve toksik olmayan bir formül olan etilen vinil asetatın yapılmıştır (Alberto vd., 2021). Bitkilerin sabitlenebilmesi için ızgara sistemi bulunan bu tasarımlar dikdörtgen şeklinde sekiz bölme içermektedir. YYA'ların tasarımında kullanılan malzemelerin listesi Tablo 1'de gösterilmektedir.

Yapay Yüzen Adaların Tasarımında Kullanılan Bitkiler

YYA sistemlerindeki bitki türleri, büyüme hızı ve kök türleri gibi spesifik biyolojik özellikleri nedeniyle farklı kirletici uzaklaştırma kapasitelerine sahiptir (Chang vd., 2017). Doğal suların trofik durumunu ortaya koyan organik kirleticiler genellikle azot ve fosfordur. YYA teknolojisi için kullanılan bitkilerin de daha çok bu kirleticiler için etkinliği önem arz etmektedir. Ortaya çıkan çok sayıda su bitkisi türü, doğada yüzen adalar oluşturma potansiyeline sahiptir ve bunların çoğu, su kalitesini iyileştirmek amacıyla kendi kendine büyüyebilir (Chen vd., 2016). *Scirpus validus*'un kullanıldığı bir sistemde toplam azotun (TN) giderimi başarılı bulunurken, *Canna generalis* kullanılan sistemde ise büyük ölçüde nitrat azotu giderimi görülmüştür (Zhang vd., 2014). Bir başka çalışmada ise toplam fosfor (TP) ve TN giderimi için *Ipomoea aquatica* bitkisi kullanılmıy YYA teknolojisi önerilmiştir (Chen vd., 2010). Tech-IA yüzer sistemlerle *Poaceae*, *Asteraceae*, *Cyperaceae*, *Iridaceae* ve *Thypaceae* ailelerine ait 28 farklı bitki türünün büyüme performansları ve uyurlanabilirliği incelenmiştir (Alberto vd., 2021).

YYA sistemlerinde kullanılan bitkilerin kökleri lifli veya kalın olabilir (Lai vd., 2011). Kök gelişimi, bitki türü, bitki yaşı, besin konsantrasyonları, suyun redoks koşulları ve bazı durumlarda destekleyici hasırlar veya sallar gibi birçok faktörden etkilenir. Yağmur suyu arıtımı üzerine yapılan bir çalışmada, *Carex dipsacea*, *Carex virgata*, *Cyperus ustilatus*, *Eleocharis acutis* ve *Schoenoplectus tabernaemontani* için ortalama kök uzunlukları 24 ve 48 cm arasında, *Juncus edgariae* için maksimum 87 cm olarak bildirilmiştir (Tanner & Headley, 2008). Farklı bitki türlerinin araştırıldığı bir çalışmada *Calamagrostis epigejos*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia* ve *Juncus maritimus*'un kök gelişimleri dikkat çekmiştir (Pavan vd., 2015). Bir başka çalışmada ise benzen, metil tert-butil eter ve amonyum içeren bir kirli su için YYA tenolojisi uygulanmış ve *P. australis*'in kök uzunluğu üç yıl içinde 25 cm'ye ulaşmıştır (Chen vd., 2012). Literatürde genellikle kullanılan bitkiler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Yapay Yüzen Adalar ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Laboratuvar Ölçekli Çalışmalar

Nakai vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada YYA'lar üzerinde kullanılan Afrika ararotu (*C. generalis*) ve Japon şemsiyesi (*Cyperus alternifolius*) bitkilerinin anti-siyanobakteriyel alelokimyasalları serbest bırakıp bırakmadığı incelenmiştir. 3 anti-siyanobakteriyel fenolik bileşik (VA, PCA ve GA), *C. alternifolius*'un alelopatik etkisine katkıda bulunabilse dahi, bunların kültür çözeltisindeki görünen miktarları, *Micrococcus aeruginosa*'nın büyüme inhibisyonuna neden olmak için yeterli olmadığı gözlenmiştir. Pekin'de yapılan bir başka çalışmada ise YYA'lar için dört farklı bitki kullanılmıştır (Yao vd., 2011). Bunlar; *S. validus*, *Lythrum salicaria*, *Iris wilsonii* ve *Typha minima* olarak belirlenmiştir. Bitkilere ait büyüme performansları da incelenen çalışmada en yüksek kök büyümesini *T. minima* gerçekleştirmiştir. Bitkilerin su üzerindeki büyümesi su altındakinden daha yüksek bulunmuştur. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) tüm gruplar için net bir eğilim göstermese dahi *T. minima* bulunan grupta zamana bağlı azalma göstermiştir. TP, TN ve PO₄ tüm gruplarda zamana bağlı azalan trend göstermiştir. Laboratuvar ölçekli yapılan diğer bir çalışmada iki adet geleneksel YYA sistemine ek olarak iki adet geliştirilmiş YYA sistemi kullanılmıştır (Kong vd., 2019). Geleneksel YYA sistemi PVC boru ile yüzdürülen kutu sistemlerinden oluşurken geliştirilmiş YYA sistemlerinin bitki yataklarını luffa süngeri ve mısır koçanı oluşturmaktadır. Çalışma sonunda bitki gelişimi açısından en çok mısır koçanı kullanılan sistemdeki bitkilerin büyüdüğü buna karşılık geleneksel sistemdeki bitkilerin ise net bir gelişim göstermediği gözlenmiştir. Ayrıca su kalitesi incelendiğinde

geliştirilmiş YYA'nın TP, TN ve nitrat gideriminin sırasıyla %92,8, %90,3 ve %96 olarak geleneksel gruptan yüksek olduğu bildirilmiştir. Çin'de Shahu Gölü'nden alınan su numunelerinin farklı seyreltme oranları uygulanması ile elde edilen farklı kirlilik konsantrasyonlarına sahip numuneler üzerinde YYA teknolojisinin etkisi incelenmiştir (Chen vd., 2020). Ham göl suyuna ek olarak 5, 7 ve 9 kat seyreltilmiş numuneler üzerinde *I. aquatica*'nın statik testi uygulanmıştır. Toplam 60 gün süren çalışmanın sonunda YYA teknolojisinin TN konsantrasyonunu anlamlı derecede azalttığı ve su kalitesini iyileştirdiği gözlenirken su ıspanağının büyüme performansı da olumlu yönde etkilenmiştir. Benzer bir çalışmada göl suyu ve musluk suyu karışımı olan bir ötrofik numune üzerinde dört farklı süs bitkisi (*Spathiphyllum floribundum*, *Hydrocotyle sibthorpioids*, *Chlorophytum comosum*, *Peperomia obtusifolia*) içeren YYA teknolojisinin etkisi incelenmiştir (Zhang vd., 2021). Sonuçlar tüm süs bitkilerinin hayatta kalma oranlarının yüksek olduğunu ve biyokütlelerinin zamana göre arttığını göstermiştir. Toplam organik karbon ve amonyum giderim veriminin sırasıyla %85 ve %97 olduğu belirtilmiştir. Bitkiler arasındaki giderim ve büyüme performansı incelendiğinde ise *H. sibthorpioids*'in diğer gruplara göre daha faydalı olduğu gözlenmiştir.

Atıksular üzerine yapılan laboratuvar ölçekli bir çalışmada yüksek konsantrasyona sahip biyogaz ve düşük konsantrasyona sahip çökeltme havuzlarından gelen atıksuyun üç farklı bitki (çavdar otu, hindiba ve tere) içeren YYA'lar ile arıtımı incelenmiştir (Huang vd, 2021). Düşük konsantrasyona sahip atıksuların arıtımı için çavdar otu grubunun diğer gruplara göre daha yüksek KOİ, TN ve TP giderdiği gözlenmiştir. Benzer şekilde yüksek konsantrasyona sahip atıksu için biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), KOİ, TN ve bulanıklık çavdar otu grubunda anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Bitkiler arasında büyüme performansı incelendiğinde çavdar otunun hindiba ve tereye göre anlamlı olarak daha iyi geliştiği görülmüştür. Sonuç olarak çavdar otu YYA teknolojisi olarak atıksuların arıtımı için dikkat çekicidir. Güney Brezilya'da yapılan bir başka çalışmada ise mezozom YYA teknolojisinin üniversite atıksu kalitesini iyileştirme potansiyeli incelenmiştir (Bauer vd., 2021). Bitki olarak *Typha domingensis* kullanıldığı yüzen adanın fizikokimyasal, besinsel ve ağır metal açısından etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar YYA'nın giriş suyu ile karşılaştırıldığında çıkış suyunda su kalitesini arttırdığını göstermiştir. Fakat TP ve çinko parametrelerinde çıkış suyunda anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Pilot Ölçekli Çalışmalar

Tayvan'daki Lize Gölü'nden alınan su ile doldurulan bir tank ve üniversite yurdundan gelen atıksu ile doldurulan bir başka tank üzerine kurulan YYA sistemi için su kalitesini temsil

eden biyolojik indikatör türler incelenmiştir (Chang vd., 2014a). Sonuçlar YYA'ların su katmanlaşmasını ve alg büyümesini önlediğini ve suyun homojenleşmesine katkı sağladığını göstermiştir. Aynı göl ve atıksudan alınan benzer bir çalışmada üç aylık izleme sonucunda su kalitesi üzerindeki etkiler incelenmiştir (Chang vd.; 2014b). YYA'lar göl suyu için iletkenliği %30 azaltırken, çözünmüş oksijeni (ÇO) 2,8 kat arttırmıştır. Atık su üzerinde ise iletkenliği %34 azaltacak ve ÇO'yu 982 kat arttıracak şekilde olumlu etki göstermiştir. Devamındaki çalışmada ise YYA, göl suyu ve atıksuda sırasıyla TN'yi %66,6 ve %100; TP'yi %74,4 ve %62,2; PO⁴'ü %64 ve %71; KOİ'yi %100 ve askıda katı maddeyi ise %80 ve %86 oranında gidermiştir (Lu vd., 2015). Su ürünleri çıkış sularının iyileştirilme motivasyonu ile Brezilya'da yapılan bir çalışmada tilapia yetiştiricilik çıkış suyunun YYA ile arıtımı hedeflenmiştir (Osti vd., 2020). YYA üzerinde bitki olarak *Eichhornia crassipes* kullanılmıştır. Yarı yoğun yetiştiricilik yapılan balık kültüründen gelen atıksuyun TN ve TP konsantrasyonları üzerinde YYA sistemlerinin pozitif etkisi dikkat çekmiştir.

Amonyum, nitrat ve nitrit giderimleri için de YYA'ların etkisi dikkat çekmiştir. Bir başka çalışmada iki farklı su bitkisi (*L. salicaria* ve *I. wilsonii*) kullanılarak 40 günlük bir deneme ile su kalitesi izlenmiştir (Liu vd., 2016). Sonuçlar, *L. salicaria* bulunan grubun KOİ, TN ve TP için sırasıyla %75, %57 ve %71 giderim yaptığını, *I. wilsonii* için ise sırasıyla %60, %49 ve %58 giderim yaptığını göstermiştir. Çin'in Yangcheng Gölü'nde Çin mitten yengecinin (*Eriocheir sinensis*) yetiştirilmesi sırasında kirlilik kontrolünü ve yerinde biyoremediasyonu test etmek için pilot ölçekli bir çalışma yapılmıştır (Ni vd., 2018). Bu çalışmada YYA'lar ile birlikte su altına inen biyolojik filtreler kombin edilmiştir. Toplam beş farklı su bitkisinin (*L. salicaria*, *Thalia dealbata*, *Pontederia cordata*, *Iris tectorum*, *I. wilsonii*, ve *Canna warszewiczii*) bulunduğu iyileştirme bölgesinde su kalitesi yetiştirme bölgesine göre hafif bir iyileşme göstermiştir. Biyofiltrede oluşan biyofilm, organik kirleticilerin ve azotun uzaklaştırılmasında büyük rol oynamıştır.

Gerçek Ölçekli Çalışmalar

Çin'in Honghu Şehri'nde bulunan bir nehir üzerinde su kalitesini arttırmak için yedi farklı bitkiden (*Oenanthe javanica* (O), *Gypsophila* sp. (G), *Rohdea japonica* (R), *Dracaena sanderiana* (D); shrubs: *Gardenia jasminoides grandiflora* (Gg), *Gardenia jasminoides prostrata* (Gp), ve *Salix babylo-nica* (S)) oluşan YYA teknolojisi uygulanmıştır (Zhu vd., 2011). 130 günlük çalışmanın sonunda bu türler arasında bitkilerin kuru ağırlıkları sırasıyla S>G>O>D>Gg>Gp>R şeklinde olmuştur. Bitki gövdesindeki N konsantrasyonu için O>D>G>Gp>S>R>Gg ve P konsantrasyonu için ise R>

Gp>O>Gg>G>S>D gibi bir ilişki gözlenmiştir. Bitki biyokütle artışı ile N ve P birikimleri arasında pozitif doğrusal bir ilişki gözlenmiştir. Bu durum bitki hasatının su içerisindeki N ve P yükünü azaltan bir göstergedir. Benzer şekilde Çin'de Taizhou Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen bir çalışma ile beş farklı su bitkisini (*C. generalis*, *S. validus*, *Alternanthera philoxeroides*, *C. alternifolius* ve *Thalia geniculata*) içeren on beş YYA kurulmuştur (Zhang vd., 2014). Sırasıyla *A. philoxeroides* veya *C. alternifolius* ekilen YYA'larda BOİ₅, KOİ, TP ve amonyumun daha fazla uzaklaştırıldığı gözlenmiştir. *S. validus* ekilen adalarda, TN'nin ve *C. generalis* ekilen adada ise nitratın büyük ölçüde uzaklaştırıldığı bildirilmiştir. Hindistan'da bulunan Khipra Nehri üzerinde kurulan YYA'nın toplam katı (TS), amonyum, nitrat ve BOİ üzerine etkileri incelenmiştir (Billore vd., 2009). 200 m² YYA üzerine bölge için yerel bir bitki olan *Phragmites karka* dikilmiştir. Çalışmanın sonunda TS için %55-60, amonyum için %45-55, nitrat için %33-45 ve BOİ için ise %40-50 arasında iyileşme olduğu bildirilmiştir. Aynı nehir üzerinde benzer bir senaryo ile kurulan bir başka çalışma daha gerçekleştirilmiştir (Prashant ve Billore, 2020). Çalışmanın sonunda YYA teknolojisinin TS'yi %46, bulanıklığı %51, toplam Kjeldahl azotunu %37 ve BOİ'yi %39 iyileştirdiği gözlenmiştir. Ayrıca YYA, su içerisinde bulunan makro omurgasızlar için ilave yüzen bir niş oluşturmuştur. Hindistan'ın Mula ve Mutha nehirleri bölgede bulunan arıtıma tabi tutulmamış atıkların deşarj noktasıdır (Kamble ve Patil, 2012). Bu kirliliğin önüne geçilebilmesi için sürdürülebilir bir teknoloji olan YYA'lar önerilmiştir.

Brezilya'da bulunan bir üniversitenin 400 m²'lik kentsel rezervuarında gerçekleştirilen çalışmada üç farklı YYA (32,5 m², 4,7 m² ve 40 m²) sistemi kurulmuştur (Rocha vd., 2021). Geçici olarak bulanıklık, elektriksel iletkenlik ve toplam, sabit ve uçucu çözünmüş katılar azalma eğilimi göstermiştir. Çalışma alanı üzerindeki 13 örnekleme noktası dikkate alındığında toplam çözünmüş katılarda, uçucu çözünmüş katılarda ve elektriksel iletkenlikte azalma gözlenmiştir. Ek olarak KOİ ve TP gibi istatistiksel eğilimleri göstermeyen değişkenlerde ara sıra önemli azalmalar görülmüştür. Endonezya'da Maninjau Gölü'nde bulunan bir ağ kafes yetiştiricilik sisteminden göle karışan organik kirlilik yükünü azaltmak için YYA teknolojisi uygulanmıştır (Henny vd., 2020). *Echinodorus palaefolius* bitkisi bulunan YYA sisteminin organik kirlilik ve klorofil-a konsantrasyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada YYA teknolojisinin ötrofikasyon potansiyelini azaltan bir doğal arıtım stratejisi olduğu belirtilmiştir.

Türkiye’deki Doğal Su Kaynakları İçin YYA Potansiyeli

Küresel iklim değişikliği dünya genelinde su kütlelerini olumsuz etkilerken kullanılabilir su kaynaklarının kirlilik yükünü de arttırmaktadır. Azalan su miktarı nedeniyle güncel olarak Türkiye’de kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.519 m³tür. Yıllara göre azalan su miktarı ile Türkiye, mevcut dönem içerisinde “su azlığı” çeken bir ülke konumuna gelmiş ve ilerleyen süreçlerde ise “su kıtlığı” çekme potansiyeline sahiptir (Aksay vd., 2005). Toplam 25 su havzası bulunan Türkiye’nin 2 tanesi (Fırat ve Dicle) toplam su akış hızının %30’unu oluşturmaktadır (Aküzüm vd., 2010). Bu dengesiz su dağılımı sonucu su problemi çeken diğer bölgelerde doğal su kaynaklarının kirlilik kontrolü dikkat çekmektedir. Bu amaçlar yenilikçi, sürdürülebilir, ekonomik ve ekolojik doğal arıtım sistemleri geliştirilmelidir.

Kullanılabilir doğal su kaynakları içerisinde önemli bir paya sahip göller sürekli akımlı tam karışımli reaktörlerdir. Göllerde evsel atık suların deşarjı, tarımsal arazilerden gelen yüzeysel sular ve hayvancılık gibi antropojenik faaliyetler sonucu ötrofikasyon oluşmaktadır (Jeppesen vd., 1998). Ötrofikasyon, su kalitesini olumsuz etkilerken suda yaşayan canlılarının ve su kuşlarının yok olmasına neden olmaktadır (Scheffer vd., 1993). Çünkü ötrofikasyon suyun bulanıklığını artırırken ışık geçirgenliği ve çözünmüş oksijen miktarını azaltmaktadır. Bir su ortamının ötrofikasyon açısından ele alınması için öncelikle trofik durumun tespit edilmesi gereklidir (Topkara, 2011). Trofik durum indeksini belirlemek için, üç indeks değişkeni (secchi diski, klorofil-a ve toplam fosfor) arasındaki ilişkiler kullanılır. Bu faktörler doğrultusunda göllere ait trofik durum oligotrofik, mezotrofik, ötrofik veya hiperötrofik şeklinde sınıflandırılmaktadır (Carlson ve Simpson, 1996). Ek olarak su kaynağı içerisinde bulunan fitoplankton ve zooplankton kompozisyonları takip edilerek trofik durum açıklanabilir.

A grubu sulak alan ve SİT alanı kapsamında Türkiye’nin en büyük tatlı su kaynağı olan Beyşehir Gölü üzerinde iki farklı dönemde trofik durum belirleme çalışması yapılmıştır. Türkiye için oldukça önemli bir tatlı su kaynağı olan Beyşehir Gölü için 1985-1986 yılları arasında yapılan ölçümler sonucu gölün oligotrofik yapıda olduğu ve içme suyu veya su ürünleri açısından temiz ve uygun olduğu tespit edilmiştir (Altındağ ve Yiğit, 2004). Fakat 2007 yılında yapılan Ankara Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen bir proje doğrultusunda 0,40 ila 6,43 mg/L arasında değişen fitoplankton biyokütlesine dayanarak gölün mezotrofik yapıda olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Demir, 2008). Buradan yola çıkarak zamana bağlı göl kalitesinin bozulduğu, yeniden yapılacak çalışmalar ile trofik durumun takip edilmesi gerektiği dikkat

çekmektedir. Göller bölgesinde yer alan ve Türkiye’nin ikinci en büyük tatlı su gölü olan Eğirdir gölü üzerinde trofik durumun incelenmesi adına yapılmış çalışmalar mevcuttur (Şener vd., 2010; Cicek vd., 2017; Bulut ve Kubilay, 2018). Eğirdir gölü içme suyu, tarım arazilerinde sulama suyu, turizm ve rekreasyon olmak üzere farklı amaçlarla kullanılan oldukça önemli bir tatlı su kaynağıdır. Bundan dolayı göl üzerinde farklı dönemlerde yapılan trofik durum incelemesi daha da dikkat çekmektedir. Şener vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada gölün %47’lik bir bölümünün ötrofik olduğu gözlenmiştir. Fitoplankton taksonları ile yapılan diğer çalışmada ise su kalitesinin iyi olduğu gözlenmesine rağmen N ve P bakımından zengin göllerde yaşayan taksonların olması bentik üzerinde bir yoğunluk olabileceğini düşündürmektedir (Cicek vd., 2017). Gölün oligotrofik özellikte olduğu belirlenmiş olmasına rağmen çeşitli değişkenler için mezotrofik düzeyde olduğu da belirtilmiştir. Bulut ve Kubilay, (2018) tarafından yapılan çalışmada, Eğirdir Gölü’nde TP, seki disk derinliği, klorofil-a ve TN analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları Eğirdir Gölü’nün trofik durumunun Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği ve OECD trofik indekslerine göre mezotrofik karakterde olduğunu göstermiştir. İçme suyu kaynağı olan Eğirdir Gölü’ndeki azot ve fosfor düzeylerinin günümüzde normal seviyelerinde seyrediyor olmasına rağmen ileriki süreçlerde dikkatle takip edilmesi gerekmektedir (Bulut ve Kubilay, 2019). Türkiye’nin önemli bir milli parkı olan Abant Gölü heyelan sonucu oluşan doğal bir set gölüdür (Tosun, 2014). Yıl içerisinde çok fazla ziyaretçi alan Abant Gölü’nde tespit edilen bentik makroorganizma faunasında ötrofik göllerde bulunan indikatör türlere rastlanmıştır (Tereshenko, 2019). Gölün genel trofik durumunun mezotrofik olduğu belirlenmiştir. Türkiye’deki birçok göl için yapılmış trofik durum belirlenmesi çalışmaları Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2’ye göre Türkiye’de bulunan ve mevcut çalışma içerisinde incelenen göl, gölet ve baraj göllerinin yaklaşık %54’ü hipertrofik, ötrofik veya ötrofik olma durumu içerisindedir. Göllerin yaklaşık olarak %22’si oligotrofik karaktere sahiptir. Genel anlamda göllerdeki bu yüksek organik nitrüt birikimi, ötrofikasyon oluşumuna sebep olabilir. Bu olumsuz şartların oluşmasını önlemek için sürdürülebilir, ekonomik ve ekolojik çözüm önerileri gerekmektedir. Bu amaçla agronomik ve mühendislik teknolojisi olan YYA’ların kullanılması, ötrofikasyon potansiyeline sahip göllerin iyileştirilmesine destek sağlayacaktır.

Tablo 1. YYA çalışmalarında çoğunlukla kullanılan malzeme ve bitkiler (Alberto vd., 2021)**Table 1.** Materials and plants mostly used in the AFI studies (Alberto vd., 2021)

	Yüzen Mat	Yüzen Çayır/Sazlık	Plastik Malzeme	PVC Borular	Polietilen Yüzdürücü	Bambu	Strafor Köpük	Tech-IA	BioHaven
<i>Canna</i> spp..	Sun vd. (2009)		Chang vd. (2012)	Saeed vd. (2014); Zhao vd. (2012)	Zhang vd. (2016)	Zhao vd. (2012)	Hartshorn vd. (2016); White ve Cousins (2013)		
<i>Carex</i> spp.	Borne vd. (2014)		Van de Moortel, (2011); Van De Moortel vd. (2010)	Winston vd. (2013)	Ladislav vd. (2013); Van Acker vd. (2005)			de Stefani vd. (2011); Pappalardo vd. (2017); Winston vd. (2013)	Tanner ve Headley (2008)
<i>Iris pseudacorus</i>			Van de Moortel, (2011); Van De Moortel vd. (2010)		Van Acker vd. (2005)		Hartshorn vd. (2016); Keizer-Vlek vd. (2014)	Barco ve Borin (2020); De Stefani (2012); Mietto vd. (2013); Pappalardo vd. (2017); Pavan vd. (2015)	
<i>Juncus effusus</i>			Chang vd. (2012); Van de Moortel, (2011); Van De Moortel vd. (2010)	Hubbard vd. (2004); Winston vd. (2013)	Ladislav vd. (2013)		Ebrahimi, (2015); Hartshorn vd. (2016); White ve Cousins, (2013); Winston vd. (2013)	de Stefani vd. (2011); Pappalardo vd. (2017)	Chang vd. (2013)
<i>Lolium</i> spp.	Li vd. (2012)				Xian vd. (2010)				
<i>Lythrum salicaria</i>			Van De Moortel vd. (2010)					Pappalardo vd. (2017)	
Mikroplar									Stewart vd. (2008)
<i>Oenanthe javanica</i>	Zhou ve Wang (2010)						Yang vd. (2008)		
<i>Phragmites australis</i>	Rehman vd. (2018); Saleem vd. (2019)	Garbett, (2005); Lakatos vd. (2014), (1997); Revitt vd. (2001); Richter, (2004)	Revitt vd. (1997)	Saeed vd. (2014)	Tara vd. (2019); Van Acker vd. (2005)			Barco ve Borin, (2020); de Stefani vd. (2011); De Stefani, (2012); Mietto vd. (2013); Pavan vd. (2015)	
<i>Phragmites karka</i>				Billore vd. (2008)		Billore vd. (2008)			
<i>Pontederia cordata</i>				Winston vd. (2013); Zhao vd. (2012)		Zhao vd. (2012)	Winston vd. (2013)		Chang vd. (2013)
<i>Typha</i> spp.			Boutwell, (2002); Di Luca vd. (2019)	Hubbard vd. (2004)	Shahid vd. (2019); Van Acker vd. (2005)		Keizer-Vlek vd. (2014)	de Stefani vd. (2011); De Stefani, (2012); Pavan vd. (2015)	
<i>Vetiveria zizanioides</i>						Zhao, Yang, vd. (2012)	Boonsong ve Chansiri (2008)		

Tablo 2. Türkiye’de trofik durum çalışması yapılan göl, gölet ve baraj gölleri**Table 2.** Lakes, ponds and dam lakes for which trophic state studies were conducted in Turkey

Göl	Metot	Trofik Durum	Referans
Sarımsaklı Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik	Sezen (2008)
Kemer Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Mezotrofik	Özyalin ve Ustaoglu (2008)
Sarımsaklı Baraj Gölü	Seki Disk, Zooplankton Kompozisyonu	Ötrofik	Aydin ve Ahiska (2009)
Kralkızı Baraj Gölü		Oligomezotrofik	
Dicle Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Oligomezotrofik	Varol (2010)
Batman Baraj Gölü		Mezotrofik-Ötrofik	
Üçpınar Baraj Gölü	Zooplankton Kompozisyonu	Ötrofik	Ertosun vd. (2010)
Afşar Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik	Ayvaz vd. (2011)
Almus Gölü	Toplam P, Seki Disk	Mezotrofik	Polat ve Özmen (2011)
Çambaşı Göleti	Carlson Trofik İndeks	Oligomezotrofik	Topkara (2011)
Gaga Gölü	Carlson Trofik İndeks	Oligomezotrofik	Taş (2011)
Karamuk Gölü	Seki Disk	Hipertrofik	Kıvrak (2011)
İznik Gölü	Zooplankton Kompozisyonu	Oligotrofik	Apaydin Yağci ve Ustaoglu (2012)
Yeniçağa Gölü	Zooplankton Kompozisyonu	Ötrofik	Döver (2012)
Cerneke Gölü	Zooplankton Kompozisyonu	Ötrofik	Can ve Taş (2012)
Büyük Akgöl Gölü	Fitoplankton Kompozisyonu	Hipertrofik	Şahin vd. (2013)
Işıktepe Baraj Gölü	Toplam P	Ötrofik	Küçükyılmaz vd. (2014)
Küçük Lota Gölü	Fitoplankton Kompozisyonu	Oligotrofik	Kasaka (2014)
Süloğlu Baraj Gölü	Zooplankton Kompozisyonu	Oligomezotrofik	Güher ve Çolak (2015)
Bayındır Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik	Erdoğan (2015)
Burdur Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik	Kocasari vd. (2015)
Saklıgöl Gölü			
Gökçeova Göleti	Fitoplankton Kompozisyonu	Oligotrofik	Sömek ve Ustaoglu (2016)
Kartal Gölü			
Karagöl Gölü			
Demirköprü Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik-Hipertrofik	Erdogus (2016)
Kovada Gölü	Trofik Seviye Sınıflaması	Ötrofik	Şener ve Şener (2016)
Ikizdere Baraj Gölü	Toplam P, Seki Disk, Fitoplankton Kompozisyonu	Oligomezotrofik	Akar (2017)
Cerneke Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik	Cüce ve Bakan (2017)
Uzunçayır Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Oligotrofik	Kutlu vd. (2017)
Çiğ Gölü	Carlson Trofik İndeks	Mezo-ötrofik	Karakaya (2018)
Taşmanlı Göleti	Göl Trofik Diatom İndeksi	Ötrofik	Gümüş ve Gönüloğlu (2018)
Ulugöl Gölü	Carlson Trofik İndeks	Mezotrofik-Ötrofik	Taş vd. (2018)
Mamasın Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Hipertrofik	Işık (2018)
Karkamış Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Mezotrofik	Tepe vd. (2018)
Suat Uğurlu Baraj Gölü	Carlson Trofik İndeks	Ötrofik	Orak (2019)
Balık Gölü	Carlson Trofik İndeks	Hipertrofik	Ariman ve Koyuncu (2019)
İznik Gölü	Carlson Trofik İndeks	Mezotrofik	Ozbayram vd. (2020)
Manyas Gölü		Hipertrofik	
Karagöl Gölü	Carlson Trofik İndeks	Oligotrofik	Taş ve Hamzaçelebi (2020)
Dedeyolu Göleti	Zooplankton Kompozisyonu	Oligotrofik	Salır (2020)

Dünya üzerindeki tüm canlılar için en temel ihtiyaçlardan biri olan kullanılabilir su kaynakları birçok doğal ve antropojenik nedenlerden dolayı kirlenmektedir. Artan dünya nüfusu ve küresel iklim değişikliği, su kaynaklarının azalmasına ve buna bağlı olarak kirlilik yüklerinin artmasına neden olmaktadır. Dünya genelinde bu problemlerin üstesinden gelecek yenilikçi ve sürdürülebilir çözüm önerileri aranmaktadır. Bu kapsamda incelenen yapay yüzen ada teknolojisi organik atıkların su bitkileri tarafından kullanıldığı bir fitoremedasyon tekniğidir. YYA teknolojisi sadece su içerisindeki organik atıkların tüketimi değil aynı zamanda su ortamında doğal yaşam alanı oluşturma, görsel zenginlik kazandırma ve kıyı şeridini koruma gibi farklı biyolojik ve fiziksel avantajlara da sahiptir. Tüm bu avantajları dikkate alındığında literatürde bulunan birçok laboratuvar, pilot ve gerçek ölçekli uygulaması ile faydalı sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak incelendiğinde laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmaların, gerçek ölçekli çalışmalara göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. İlerleyen dönemlerde bilimsel anlamda gerçek ölçekli çalışmalara yoğunlaşılması gerektiği dikkat çekmektedir.

Sonuç

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili ve doğal su kaynaklarının bulunduğu bir ülke olmasına rağmen gelecekte su kıtlığı çekme riski ile karşı karşıyadır. Bu riski minimum seviyeye indirmek için öncelikle mevcut su kaynaklarının korunması ve yerinde artırılması gerekmektedir. Mevcut çalışmada da gösterildiği gibi Türkiye’de bulunan göl, gölet ve baraj göllerinin büyük bir bölümünün trofik durumu hipertrofik, ötrofik ve ötrofik olma yolundadır. Bu kapsamda doğal sulardaki organik yükün azaltılması için biyoteknolojik çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada su kalitesini iyileştirmek için yurt dışında birçok örneği bulunan YYA teknolojisi önerilmiştir. Gerçek ölçekli çalışmalar incelendiğinde genellikle Çin ve Hindistan gibi nüfus yoğunluğunun fazla olduğu ülkelerde yapıldığı görülmektedir. Bunun temel sebebi insan kaynaklı etkiler sonucunda doğal suların direkt ya da dolaylı olarak kirlenmesi ve küresel iklim değişikliğinden kaynaklı kullanılabilir su kaynaklarının azalmasıdır. Türkiye’nin gelecek projeksiyonu, trofik durumu kötüye giden doğal su kaynaklarının iyileştirilmesine odaklanacaktır. Bu kapsamda YYA teknolojisinin daha küçük su kütleleri olan göletler üzerinde pilot ve gerçek ölçekli olarak araştırılması önem arz edecektir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik kurul izni: Yazarlar, bu çalışmanın etik izin gerektirmediğini beyan etmişlerdir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Atalık, A. (2006). *Küresel Isınma, Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri.* https://www.zmo.org.tr/resimler/ek-ler/ce6d3c8830d27ec_ek.pdf (Erişim tarihi: 27.04.2021)

Akar, A. (2017). *İkizdere Baraj Gölü Fitoplanktonunun Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın. 115s.

Aksay, C.S., Ketenoğlu, O., Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. S. Ü. Fen Fakültesi Dergisi, 25, 29-41. Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z. (2010). Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 67-74.

Alberto, B., Stefano, B., Maurizio, B. (2021). Plant species for floating treatment wetlands: A decade of experiments in North Italy. *Science of the Total Environment*, 751(141666). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141666>

Altındağ, A., Yiğit, S. (2004). Beyşehir Gölü Zooplankton Faunası ve Mevsimsel Değişimi. GÜ, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(3), 217-225. <https://doi.org/10.17152/gefd.11415>

Apaydin Yağci, M., Ustaoglu, M.R. (2012). Zooplankton fauna of lake İznik (Bursa, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 36(3), 341-350. <https://doi.org/10.3906/zoo-1001-36>

Arıman, S., Koyuncu, S. (2019). Su Kirliliği Açısından Hassas Alanların İzlenmesi: Kizilirmak Deltası-Balık Gölü. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(4), 705-714. <https://doi.org/10.21923/jesd.531195>

Ayas, Z. S., Bahtiyar, F., Yakan, C., Dagdas, E. (2019). Atıksulardaki Ağır Metallerin Su Mercimeği ile Giderimi

Üzerine Güncel Çalışmaların İncelenmesi. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24, 109-117.

Aydin, D., Ahiska, S. (2009). Determination of trophic situation of Sarımsaklı Dam Lake (Kayseri-Turkey). *African Journal of Biotechnology*, 8(22), 6295–6300. <https://doi.org/10.5897/ajb09.1316>

Ayvaz, M., Tenekecioglu, E., Koru, E. (2011). Afşar baraj gölü'nün (Manisa-Türkiye) trofik statüsünün belirlenmesi. *Ekoloji*, 47(81), 37-47. <https://doi.org/10.5053/ekoloji.2011.816>

Barco, A., Borin, M. (2020). Ornamental plants for floating treatment wetlands: Preliminary results. *Italian Journal of Agronomy*, 15(2), 109-120. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1602>

Bauer, L.H., Arenzon, A., Molle, N.D., Rigotti, J.A., Borges, A.C.A., Machado, N.R., Rodrigues, L.H.R. (2021). Floating treatment wetland for nutrient removal and acute ecotoxicity improvement of untreated urban wastewater. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-03124-x>

Beyhan, M., Kaçıkoc, M. (2014). Evaluation of water quality from the perspective of eutrophication in Lake Eğirdir, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 225(7), 1994(2014). <https://doi.org/10.1007/s11270-014-1994-x>

Billore, S.K., Prashant, Sharma, J.K. (2009). Treatment performance of artificial floating reed beds in an experimental mesocosm to improve the water quality of river Kshipra. *Water Science and Technology*, 60(11), 2851-2859. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.731>

Boonsong, K., Chansiri, M. (2008). Domestic Wastewater Treatment using Vetiver Grass Cultivated with Floating Platform Technique. *Journal of Technology*, 12, 73-80.

Borne, K.E., Fassman-Beck, E.A., Tanner, C.C. (2014). Floating Treatment Wetland influences on the fate of metals in road runoff retention ponds. *Water Research*, 48(1), 430-442. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.056>

Boutwell, J.E. (2002). *Water Quality and Plant Growth Evaluations of the Floating Islands in Las Vegas Bay, Lake Mead, Nevada.* https://www.lvwash.org/assets/pdf/resources_wqresearch_islands.pdf (Erişim Tarihi: 08.01.2021)

Bulut, C., Kubilay, A. (2018). Eğirdir Gölü su kalitesinin trofik durum indeksleriyle belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 14(4), 324-338. <https://doi.org/10.22392/egirdir.415073>

Bulut, C., Kubilay, A. (2019). Eğirdir Gölü (Isparta/Türkiye) su kalitesinin mevsimsel değişimi Seasonal change of water quality in Eğirdir Lake (Isparta/Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 13-23. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2019.36.1.02>

Can, Ö., Taş, B. (2012). Ecological and Socio-Economic Importance of Cernek Lake and Wetland in the Ramsar Area (Kizilirmak Delta, Samsun). *TÜBAV Bilim Dergisi*, 5(2), 1-11.

Carlson, R.E., Simpson, J. (1996). *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods.* North American Lake Management Society. <https://www.nalms.org/product/a-coordinators-guide-to-volunteer-monitoring/> (Erişim Tarihi: 02.01.2021)

Chang, N. Bin, Xuan, Z., Marimon, Z., Islam, K., Wanielist, M.P. (2013). Exploring hydrobiogeochemical processes of floating treatment wetlands in a subtropical stormwater wet detention pond. *Ecological Engineering*, 54, 66-76. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.019>

Chang, N. B., Islam, M. K., Wanielist, M. P. (2012). Floating wetland mesocosm assessment of nutrient removal to reduce ecotoxicity in stormwater ponds. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9(3), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s13762-012-0061-7>

Chang, Y., Cui, H., Huang, M., He, Y. (2017). Artificial floating islands for water quality improvement. *Environmental Reviews*, 25(3), 350-357. <https://doi.org/10.1139/er-2016-0038>

Chang, Y.H., Ku, C.R., Lu, H.L. (2014). Effects of aquatic ecological indicators of sustainable green energy landscape facilities. *Ecological Engineering*, 71, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.051>

Chang, Y.H., Ku, C. R., Yeh, N. (2014). Solar powered artificial floating island for landscape ecology and water quality improvement. *Ecological Engineering*, 69, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.015>

Chen, H., Chen, A., Xu, L., Xie, H., Qiao, H., Lin, Q., Cai, K. (2020). A deep learning CNN architecture applied in smart

near-infrared analysis of water pollution for agricultural irrigation resources. *Agricultural Water Management*, 240, 106303.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106303>

Chen, H., Deng, M., Lu, J. (2020). Study on the Purification of TN in Different Concentration Waters by Artificial Floating Bed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 440(052053).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/440/5/052053>

Chen, J. Z., Meng, S. L., Hu, G. D., Qu, J. H., Fan, L. M. (2010). Effect of *Ipomoea aquatica* cultivation on artificial floating rafts on water quality of intensive aquaculture ponds. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 26(2), 155-159.

Chen, Z., Cuervo, D.P., Müller, J.A., Wiessner, A., Köser, H., Vymazal, J., Kästner, M., Kuschik, P. (2016). Hydroponic root mats for wastewater treatment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 15911-15928.

<https://doi.org/10.1007/s11356-016-6801-3>

Chen, Z., Kuschik, P., Reiche, N., Borsdorf, H., Kästner, M., Köser, H. (2012). Comparative evaluation of pilot scale horizontal subsurface-flow constructed wetlands and plant root mats for treating groundwater contaminated with benzene and MTBE. *Journal of Hazardous Materials*, 209–210, 510-515.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.01.067>

Cicek, N.L., Ertan, Ö.O., Erdoğan, Ö., Didinen, H., Boyacı, Y.Ö., Kara, D., Zeybek, M., Diken, G. (2017). Distribution of phytoplankton and its relationship with physicochemical parameters in Lake Eğirdir (Isparta/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 10(3), 150-162.

Colares, G.S., Dell'Osbel, N., Wiesel, P.G., Oliveira, G.A., Lemos, P.H.Z., da Silva, F.P., Lutterbeck, C.A., Kist, L.T. Machado, Ê.L. (2020). Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis. *Science of the Total Environment*, 714, 136776.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136776>

Cüce, H., Bakan, G. (2017). Sığ sularda nutrient seviyelerine sediman kalitesinin etkisinin konumsal olarak değerlendirilmesi: Cernek Gölü örneği. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(5), 546-555.

De Stefani, G., Tocchetto, D., Salvato, M., Borin, M. (2011). Performance of a floating treatment wetland for in-

stream water amelioration in NE Italy. *Hydrobiologia*, 674(1), 157-167.

<https://doi.org/10.1007/s10750-011-0730-4>

De Stefani, Giovanna. (2012). *Performance of floating treatment wetlands (FTW) with the innovative Tech-IA® system.* University of Padua.

Demir, N. (2008). *Beyşehir Gölü'nün Trofik Durumunun İncelenmesinde Fitoplankton Topluluklarının Kullanımı.* Proje No: 20070711001HD, Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Ankara.

<http://hdl.handle.net/20.500.12575/66796> (Erişim Tarihi: 15.02.2021)

Di Luca, G.A., Mufarrege, M.M., Hadad, H.R., Maine, M.A. (2019). Nitrogen and phosphorus removal and *Typha domingensis* tolerance in a floating treatment wetland. *Science of the Total Environment*, 650, 233-240.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.042>

Dodson, S.I., Arnott, S.E., Cottingham, K.L. (2000). The Relationship in Lake Communities Between Primary Productivity and Species Richness. *Ecology*, 81(10), 2662-2679.

[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2662:TRILCB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2662:TRILCB]2.0.CO;2)

Dotro, G., Molle, P., Nivala, J., Puigagut, J., Stein, O. (2017). *Treatment Wetlands.* 1st ed. IWA Publishing, London, UK 9781780408767.

<https://doi.org/10.2166/9781780408774>

Döver, G. (2012). *Yeniçağa (Bolu) Gölü Zooplanktonik Organizma Türleri ve Mevsimsel Dağılımı.* Ankara University.

Ebrahimi, P.S. (2015). *Control of Eutrophication in Anzali Wetland by Artificial Floating Islands.* Sharif University of Technology.

Egertson, C.J., Kopaska, J.A., Downing, J.A. (2004). A century of change in macrophyte abundance and composition in response to agricultural eutrophication. *Hydrobiologia*, 524(1), 145-156.

<https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000036129.40386.ce>

Erdoğan, S. (2015). Bayındır Baraj Gölü (Ankara) Rotifera Faunasının Taksonomik ve Limnoekolojik Yönden İncelenmesi [Ankara University]. In Institute of science and technology.

<https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0625>

- Erdogus, M. (2016).** *Demirköprü Baraj Gölünün Bazı Fizikokimyasal Parametrelerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. 78s.
- Ertosun, B., Altındag, A., Ahiska, S. (2010).** The determination trophic status of Ucpinar Dam Lake (Uşak, Turkey). In *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(3), 491-495.
<https://doi.org/10.3923/javaa.2010.491.495>
- Faheem, M., Jahan, N., Lone, K. (2016).** Histopathological effects of bisphenol-A on liver, kidneys and gills of Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton, 1822). *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(2), 514-522.
- Fan, Y., Fang, C. (2020).** A comprehensive insight into water pollution and driving forces in Western China—case study of Qinghai. *Journal of Cleaner Production*, 274, 123950.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123950>
- Flynn, K., Suplee, M.W. (2011).** *Using a computer water quality model to derive numeric nutrient criteria: Lower Yellowstone River*. WQP/BDM/STECH-22. Helena, MT: Montana Dept. of Environmental Quality.
<http://deq.mt.gov/wqinfo/standards/NumericNutrientCriteria.mcp.x> (Erişim Tarihi: 05.02.2021)
- Garbett, P. (2005).** An investigation into the application of floating reed bed and barley straw techniques for the remediation of eutrophic waters. *Water and Environment Journal*, 19(3), 174-180.
<https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2005.tb01584.x>
- Gönüloğlu, A., Obalı, O. (1986).** Phytoplankton of Karamık Lake (Afyon), Turkey. 4, 105-128. <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12575/62080/14434.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Güher, H., Çolak, Ş. (2015).** Zooplankton (Rotifera, Cladocera, Copepoda) faunası. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 16(1), 17-24.
- Gümüş, F., Gönüloğlu, A. (2018).** Epilithic Diatom-Based Ecological Assessment in Taşmanlı Pond (Sinop, Turkey). *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 19(1), 71-76.
<https://doi.org/10.23902/trkjinat.339417>
- Hartshorn, N., Marimon, Z., Xuan, Z., Cormier, J., Chang, N. Bin, Wanielista, M. (2016).** Complex interactions among nutrients, chlorophyll-a, and microcystins in three stormwater wet detention basins with floating treatment wetlands. *Chemosphere*, 144, 408-419.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.023>
- Henny, C., Jasalesmana, T., Kurniawan, R., Melati, I., Suryono, T., Susanti, E., Yoga, G.P., Rosidah, Sudiono, B.T. (2020).** The effectiveness of integrated floating treatment wetlands (FTWs) and lake fountain aeration systems (LFAS) in improving the landscape ecology and water quality of a eutrophic lake in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 535(012018).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/535/1/012018>
- Hoeger, B.S. (1988).** *SCHWIMMKAMPEN Germany's artificial floating islands*. 304-306.
- Hubbard, R.K., Gascho, G.J., Newton, G.L. (2004).** Use of floating vegetation to remove nutrients from swine lagoon wastewater. *Transactions of the ASAE*, 47(6), 1963-1972.
<https://doi.org/10.13031/2013.17809>
- Hu, G.J., Zhou, M., Hou, H.B., Zhu, X., Zhang, W.H. (2010).** An ecological floating-bed made from dredged lake sludge for purification of eutrophic water. *Ecological Engineering*, 36(10), 1448-1458.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.06.026>
- Huang, X., Liu, Z., Xue, J., Luo, Y., Zhang, C., Wang, Q., Leng, A., Zhu, Z., Wang, C. (2021).** Purifying eutrophic wastewater from geese farm with plant floating bed in winter. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(2), 1171-1180.
<https://doi.org/10.15244/pjoes/125771>
- Işık, M. (2018).** Ötrofikasyon ve su kalitesi problemleri-Aksaray Örneği. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(1), 37-44.
<https://doi.org/10.1002/2014JD021471>
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J.P., Mortensen, E., Hansen, A.M., Jørgensen, T. (1998).** Cascading trophic interactions from fish to bacteria and nutrients after reduced sewage loading: An 18-year study of a shallow hypertrophic lake. *Ecosystems*, 1(3), 250-267.
<https://doi.org/10.1007/s100219900020>
- Kamble, R., Patil, D. (2012).** Artificial Floating Island: Solution to River Water Pollution in India. Case Study: Rivers in Pune City. 41, 136-140. Kanniah, K.D., Zaman, N.A.F.K.,

Kaskaoutis, D.G., Latif, M.T. (2020). COVID-19's impact on the atmospheric environment in the Southeast Asia region. *Science of the Total Environment*, 736, 139658.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139658>

Karakaya, B. (2018). *Çiğ Gölü (Mesudiye, Ordu) 'nün Ekolojik Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kasaka, E. (2014). Küçük Lota Gölünün (Hafik/SİVAS) Fiziksel-Kimyasal Özellikleri ve Fitoplankton Toplulukları. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 35(2), 42-53.

<https://doi.org/10.17776/csj.04425>

Keizer-Vlek, H.E., Verdonschot, P.F.M., Verdonschot, R.C.M., Dekkers, D. (2014). The contribution of plant uptake to nutrient removal by floating treatment wetlands. *Ecological Engineering*, 73, 684-690.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.081>

Kıvrak, E. (2011). Karamuk Gölü (Afyonkarahisar) fitoplankton komunitasinin mevsimsel değişimi ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 28(1), 9-20.

Kocasari, F.S., Gulle, I., Kocasari, S., Pekkaya, S., Mor, F. (2015). The occurrence and levels of cyanotoxin nodularin from nodularia spumigena in the alkaline and salty Lake Burdur, Turkey. *Journal of Limnology*, 74(3), 530-536.

<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2015.1097>

Kong, L., Wang, L., Wang, Q., Mei, R., Yang, Y. (2019). Study on new artificial floating island removing pollutants. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17), 17751-17761.

<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05164-4>

Kristensen, P., Hansen, H. O. (1994). *European Rivers and Lakes - Assessment of their Environmental State*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/87-90198-01-8> (Erişim Tarihi: 05.02.2021)

Küçükylmaz, M., Örnekci, G.N., Uslu, A.A., Özbey, N., Şeker, T., Birici, N., Yıldız, N., Koçer, M.A.T. (2014). Işıktepe Baraj Gölü (Maden, Elâzığ) kıyı bölgesi fizikokimyasal su kalitesi üzerine ilk bulgular. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 55-63.

<https://doi.org/10.17693/yunusae.vi.235397>

Kutlu, B., Serdar, O., Aydın, R., Danabaş, D. (2017). Uzunçayır Baraj Gölü'nün (Tunceli) Carlson indeksine göre

trofik durumunun belirlenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 83-92.

Ladislav, S., Gérente, C., Chazarenc, F., Brisson, J., Andrès, Y. (2013). Performances of two macrophytes species in floating treatment wetlands for cadmium, nickel, and zinc removal from urban stormwater runoff. *Water, Air, and Soil Pollution*, 224(2), 1-10.

<https://doi.org/10.1007/s11270-012-1408-x>

Lai, W.L., Wang, S.Q., Peng, C.L., Chen, Z.H. (2011). Root features related to plant growth and nutrient removal of 35 wetland plants. *Water Research*, 45(13), 3941-3950.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.05.002>

Lakatos, G., Kiss, M.K., Kiss, M., Juhász, P. (1997). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Hungary. *Water Science and Technology*, 35(5), 331-336.

[https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00087-5](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00087-5)

Lakatos, G., Veres, Z., Kunderát, J., Mészáros, I. (2014). The management and development of constructed wetlands for treatment of petrochemical waste waters in Hungary: 35 years of experience. *Ecology and Hydrobiology*, 14(1), 83-88.

<https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2014.01.007>

Largo, K.M.F., Depablos, J.L.R., Espitia-Sarmiento, E.F., Moreta, N.M.L. (2020). Artificial floating island with vetiver for treatment of arsenic-contaminated water: A real scale study in high-andean reservoir. *Water (Switzerland)*, 12(3086), 1-13.

<https://doi.org/10.3390/w12113086>

Li, H., Hao, H., Yang, X., Xiang, L., Zhao, F., Jiang, H., He, Z. (2012). Purification of refinery wastewater by different perennial grasses growing in a floating bed. *Journal of Plant Nutrition*, 35(1), 93-110.

<https://doi.org/10.1080/01904167.2012.631670>

Liu, J.L., Liu, J.K., Anderson, J.T., Zhang, R., Zhang, Z.M. (2016). Potential of aquatic macrophytes and artificial floating island for removing contaminants. *Plant Biosystems*, 150(4), 702-709.

<https://doi.org/10.1080/11263504.2014.990535>

Liu, J., Liu, J., Zhang, R., Zou, Y., Wang, H., Zhang, Z. (2014). Impacts of aquatic macrophytes configuration modes on water quality. *Water Science and Technology*, 69(2), 253-261.

<https://doi.org/10.2166/wst.2013.573>

- Lu, H.L., Ku, C.R., Chang, Y.H. (2015). Water quality improvement with artificial floating islands. *Ecological Engineering*, 74, 371-375.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.013>
- Luederitz, V., Eckert, E., Lange-Weber, M., Lange, A., Gersberg, R.M. (2001). Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 18(2), 157-171.
[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(01\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(01)00075-1)
- Ma, Q., Yu, X. G., Lv, G. A., Liu, Q. J. (2010). Comparative study on dissolved N and P loss and eutrophication risk in runoff water in contour and down-slope. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8, 1042-1048.
- McGill, B.M., Sutton-Grier, A.E., Wright, J.P. (2010). Plant Trait Diversity Buffers Variability in Denitrification Potential over Changes in Season and Soil Conditions. *PLoS ONE*, 5(7), e11618.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011618>
- Mietto, A., Borin, M., Salvato, M., Ronco, P., Tadiello, N. (2013). Tech-IA floating system introduced in urban wastewater treatment plants in the Veneto region- Italy. *Water Science and Technology*, 68(5), 1144-1150.
<https://doi.org/10.2166/wst.2013.357>
- Molina, A.M., Abril, N., Morales-Prieto, N., Monterde, J.G., Lora, A.J., Ayala, N., Moyano, R. (2018). Evaluation of toxicological endpoints in female zebrafish after bisphenol A exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 112, 19-25.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.12.026>
- Nahlik, A. M., Mitsch, W. J., Schiermeier, W. H., River, O. (2006). Tropical treatment wetlands dominated by free-floating macrophytes for water quality improvement in Costa Rica. *Ecological Engineering*, 28(3), 246-257.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.07.006>
- Nakai, S., Zou, G., Song, X., Pan, Q., Zhou, S., Hosomi, M. (2008). Release of anti-cyanobacterial allelochemicals from aquatic and terrestrial plants applicable for artificial floating islands. *Journal of Water and Environment Technology*, 6(1), 55-63.
<https://doi.org/10.2965/jwet.2008.55>
- Nakamura, K., Shimatani, Y. (1997). Water purification and environmental enhancement by artificial floating island. *6th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference*, April, 888-895.
- Nane, İ.D., Görmez, Ö., Minaz, M., Nazıroğlu, M., Diler, Ö., Özmen, Ö. (2021). Bisfenol S'nin Japon balığı (*Carassius auratus*) gonad ve visceral organları üzerine toksik etkileri. *Acta Aquatica Turcica*, 17(1), 129-135.
<https://doi.org/10.22392/actaquat.767061>
- Nassouhi, D., Eegönül, M. B., Fikirdeşici, Ş., Karacakaya, P., Atasagun, S. (2018). Ağır metal kirliliğinin biyoremediasyonunda bazı su içi ve yüzücü sucul makrofitlerin kullanımını. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(2), 148-165.
<https://doi.org/10.22392/egirdir.371340>
- Ni, Z., Wu, X., Li, L., Lv, Z., Zhang, Z., Hao, A., Iseri, Y., Kuba, T., Zhang, X., Wu, W. M., Li, C. (2018). Pollution control and in situ bioremediation for lake aquaculture using an ecological dam. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2256-2265.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.185>
- Orak, T.G. (2019). *Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün (Samsun) Su Kalitesi ve Trofik Seviyesinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu. 140s.
- Ouyang, Y., Nkedi-Kizza, P., Wu, Q.T., Shinde, D., Huang, C.H. (2006). Assessment of seasonal variations in surface water quality. *Water Research*, 40(20), 3800-3810.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.030>
- Ozbayram, E.G., Koker, L., Akçaalan, R., Aydın, F., Ertürk, A., Ince, O., Albay, M. (2020). Contrasting the water quality and bacterial community patterns in shallow and deep lakes: Manyas vs. Iznik. *Environmental Management*.
<https://doi.org/10.1007/s00267-020-01357-7>
- Özyalin, S., Ustaoglu, M. R. (2008). Kemer Baraj Gölü (Aydın) net fitoplankton kompozisyonunun incelenmesi. *E.U. Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 25(4), 275-282.
- Palombo, C., Chirici, G., Marchetti, M., Tognetti, R. (2013). Is land abandonment affecting forest dynamics at high elevation in Mediterranean mountains more than climate change? *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 147(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2013.772081>
- Pappalardo, S.E., Ibrahim, H.M.S., Cerinato, S., Borin, M. (2017). Assessing the water-purification service in an integrated agricultural wetland within the Venetian Lagoon

drainage system. *Marine and Freshwater Research*, 68(12), 2205.

<https://doi.org/10.1071/MF16083>

Pavan, F., Breschigliaro, S., Borin, M. (2015). Screening of 18 species for digestate phytodepuration. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(4), 2455-2466.

<https://doi.org/10.1007/s11356-014-3247-3>

Pelicice, F. M., Agostinho, A. A. (2006). Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, 15(1), 10-19.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2005.00121.x>

Polat, F., Özmen, H. (2011). Determination of the trophic level of almus dam lake and research its phosphorus carrying capacity. *Ekoloji*, 59(78), 53-59.

<https://doi.org/10.5053/ekoloji.2011.789>

Prashant, Billore, S.K. (2020). Macroinvertebrates associated with artificial floating islands installed in River Kshipra for water quality improvement. *Water Science and Technology*, 81(6), 1242-1249.

<https://doi.org/10.2166/wst.2020.219>

Rehman, K., Imran, A., Amin, I., Afzal, M. (2018). Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 349, 242-251.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.02.013>

Revitt, D.M., Shutes, R.B.E., Llewellyn, N.R., Worrall, P. (1997). Experimental reedbed systems for the treatment of airport runoff. *Water Science and Technology*, 36(8-9), 385-390.

[https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00569-6](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00569-6)

Revitt, D.M., Worrall, P., Brewer, D. (2001). The integration of constructed wetlands into a treatment system for airport runoff. *Water Science and Technology*, 44(11-12), 469-476.

<https://doi.org/10.2166/wst.2001.0868>

Richter, K.M. (2004). *Constructed wetlands for the treatment of airport de-icer*. Doktora Tezi, University of Sheffield, Department of Civil and Structural Engineering, Sheffield, UK. 253s.

Rocha, E.G., Feitosa, P.H.C., de Amorim Coura, M., Barbosa, D.L. (2021). Temporal and spatial trends of a floating

islands system's efficiency. *Journal of Environmental Management*, 277(111367).

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111367>

Rupani, P.F., Nilashi, M., Abumalloh, R.A., Asadi, S., Samad, S., Wang, S. (2020). Coronavirus pandemic (COVID-19) and its natural environmental impacts. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-12.

<https://doi.org/10.1007/s13762-020-02910-x>

Saeed, T., Al-Muyeed, A., Afrin, R., Rahman, H., Sun, G. (2014). Pollutant removal from municipal wastewater employing baffled subsurface flow and integrated surface flow-floating treatment wetlands. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 26(4), 726-736.

[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(13\)60476-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(13)60476-3)

Şahin, P.A., Yüce, A.M., Soylu, E. (2013). Büyük Akgöl (Sakarya) fitoplankton kompozisyonu ve mevsimsel değişimleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 9(2), 14-21.

Saleem, H., Arslan, M., Rehman, K., Tahseen, R., Afzal, M. (2019). *Phragmites australis* — a helophytic grass — can establish successful partnership with phenol-degrading bacteria in a floating treatment wetland. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 11791186.

<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.01.014>

Saler, S. (2020). Dedeyolu Göleti (Elazığ-Türkiye) Zooplanktonu. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 143-154.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0141>

Saviolo Osti, J.A., do Carmo, C.F., Silva Cerqueira, M. A., Duarte Giamas, M.T., Peixoto, A.C., Vaz-dos-Santos, A.M., Mercante, C.T.J. (2020). Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by *Eichhornia crassipes*. *Aquaculture Reports*, 17(100324).

<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100324>

Scheffer, M., Hosper, S.H., Meijer, M.L., Moss, B., Jeppesen, E. (1993). Alternative equilibria in shallow lakes. *In Trends in Ecology and Evolution*, 8(8), 275-279.

[https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90254-M](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90254-M)

Şener, Ş., Davraz, A., Karagüzel, R. (2014). Assessment of trace metal contents in water and bottom sediments from Eğirdir Lake, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 71(6), 2807-2819.

<https://doi.org/10.1007/s12665-013-2659-6>

Şener, Ş., Şener, E. (2016). Kovada Gölü'nün (Isparta Kovada Gölü'nün (Isparta) Hidrojeokimyasal İncelemesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4(2), 49.

<https://doi.org/10.21923/jesd.92987>

Şener, Ş., Şener, E., Davraz, A., Karagüzel, R., Bulut, C. (2010). Eğirdir Gölü Su Kalitesine Yönelik Ön Bulgular: Yerinde Ölçümlerin Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 72-83.

<https://doi.org/10.19113/sdufbed.70687>

Sezen, G. (2008). *Sarımsaklı Baraj Gölü (Kayseri) Fitoplanktonu ve Su Kalitesi Özellikleri*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Shahid, M.J., Tahseen, R., Siddique, M., Ali, S., Iqbal, S., Afzal, M. (2019). Remediation of polluted river water by floating treatment wetlands. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(3), 967-977.

<https://doi.org/10.2166/ws.2018.154>

Shrestha, A.M., Shrestha, U.B., Sharma, R., Bhattarai, S., Tran, H.N.T., Rupakheti, M. (2020). Lockdown caused by COVID-19 pandemic reduces air pollution in cities worldwide.

<https://doi.org/10.31223/osf.io/edt4j>

Sömek, H., Ustaoglu, M.R. (2016). Yaz aylarında Batı Anadolu'nun bazı dağ göllerinin (denizli-muğla) fitoplankton kompozisyonu ve trofik durum indeksi değerleri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(2), 121.

<https://doi.org/10.12714/egejfas.2016.33.2.05>

Stewart, F.M., Mulholland, T., Cunningham, A.B., Kania, B.G., Osterlund, M.T. (2008). Floating islands as an alternative to constructed wetlands for treatment of excess nutrients from agricultural and municipal wastes – results of laboratory-scale tests. *Land Contamination Reclamation*, 16(1), 25-33.

<https://doi.org/10.2462/09670513.874>

Sun, S., Gao, L., He, S., Huang, J., Zhou, W. (2019). Nitrogen removal in response to plants harvesting in two kinds of enhanced hydroponic root mats treating secondary effluent. *Science of the total environment*, 670, 200-209.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.182>

Sun, L., Liu, Y., Jin, H. (2009). Nitrogen removal from polluted river by enhanced floating bed grown canna. *Ecological Engineering*, 35(1), 135-140.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.016>

Tanner, C.C., Headley, T. (2008). Floating treatment wetlands— an innovative solution to enhance removal of fine particulates, copper and zinc. *The Nzwawa Journal*.

Tara, N., Arslan, M., Hussain, Z., Iqbal, M., Khan, Q. M., Afzal, M. (2019). On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 217, 541-548.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.258>

Taş, B. (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. *The Black Sea Journal of Sciences*, 1(3), 43-61.

Taş, B., Hamzaçelebi, E.Ş. (2020). Assessment of algal diversity and hydrobiological preliminary results in a high-mountain lake (Karagöl Lake, Giresun Mountains, Turkey). *Review of Hydrobiology*, 13(1-2), 11-38.

Taş, B., Sahin, H., Yarılgaç, T. (2018). Ulugöl'de (Ulugöl Tabiat Parkı, Ordu) hidrofıtların artışı üzerine bir ön inceleme. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1), 111-120.

<https://doi.org/10.29278/azd.440704>

Tatar, S.Y. (2014). *İkincil Arıtma Çıkış Suyuna Adapte Edilen Lemna minör L. ile Lemna gibba L. 'da Ağır Metal Akümülyasyonu ve Oksidatif Stres Düzeyinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ. 157s.

Tepe, R., Karakaya, G., Sahin, A.G., Sesli, A., Küçükylmaz, M., Aksagan, A. (2018). Karkamış Baraj Gölü Trofik Durumu. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 2(1), 1-3.

Tereshenko, E.T. (2019). *Abant Gölü (Bolu) Bentik Makro-omurgasız Faunası ve Dağılımı*. In Institute of science and technology. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 187s.

Topkara, S. (2011). *Çambaşı Göleti (Kabadüz, Ordu) Fitoplanktonu ve Trofik Yapısının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu. 118s.

Tosun, S. (2014). Doğada gizemli bir gerdanlık: Abant Gölü Turbalığı. *Abant Mudurnular Bülteni*, 7, 32-38.

- Vadde, K.K., Jianjun, W., Long, C., Tianma, Y., Alan, J., Raju, S. (2018). Assessment of water quality and identification of pollution risk locations in Tiaoxi river (Taihu watershed), China. *Water*, 10, 183.
<https://doi.org/10.3390/w10020183>
- Van Acker, J., Buts, L., Thoeye, C., De Gueldre, G. (2005). Floating plant beds: BAT for CSO treatment. *International Symposium on Wetland Pollutant Dynamics and Control*, 186-187.
- Van de Moortel, A.M.K. (2011). *Constructed floating wetlands for combined sewer overflow water treatment*. Ghent University.
<https://biblio.ugent.be/publication/1108288> (Erişim Tarihi: 05.02.2021)
- Van De Moortel, A.M.K., Meers, E., De Pauw, N., Tack, F.M.G. (2010). Effects of vegetation, season and temperature on the removal of pollutants in experimental floating treatment wetlands. *Water, Air, and Soil Pollution*, 212(1-4), 281-297.
<https://doi.org/10.1007/s11270-010-0342-z>
- Varol, M. (2010). *Dicle Nehri ve Üzerindeki Baraj Göllerinin Fiziksel, Kimyasal ve Algolojik Özellikleri*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Vera, L. M., Davie, A., Taylor, J. F., Migaud, H. (2010). Differential light intensity and spectral sensitivities of Atlantic salmon, European sea bass and Atlantic cod pineal glands ex vivo. *General and Comparative Endocrinology*, 165(1), 25-33.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.021>
- Wang, Q., Su, M. (2020). A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment—A case study of China. *Science of the total environment*, 728, 138915.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138915>
- White, S. A., Cousins, M.M. (2013). Floating treatment wetland aided remediation of nitrogen and phosphorus from simulated stormwater runoff. *Ecological Engineering*, 61, 207-215.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.020>
- WHO, (2019). Results of Round II of the WHO International Scheme to Evaluate Household Water Treatment Technologies. *World Health Organization*, Geneva, Switzerland.
- WHO/UNICEF, (2019). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: Special focus on inequalities. *United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization*, New York, USA.
<https://www.unicef.org/reports/progress-on-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2019> (Erişim Tarihi: 08.04.2021).
- Winston, R.J., Hunt, W.F., Kennedy, S.G., Merriman, L.S., Chandler, J., Brown, D. (2013). Evaluation of floating treatment wetlands as retrofits to existing stormwater retention ponds. *Ecological Engineering*, 54, 254-265.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.023>
- Wolverton, B.C., McDonald, R.C. (1975). *Water hyacinths and alligator weeds for removal of lead and mercury from polluted waters*. <https://ntrs.nasa.gov/citations/19750014865> (Erişim Tarihi: 30.12.2020)
- World Bank, (2019). Working together for a water-secure for all. *World Bank*, Washington, DC.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/962901566309738776/Working-Together-for-a-Water-Secure-World.pdf> (Erişim Tarihi: 08.04.2021)
- Xian, Q., Hu, L., Chen, H., Chang, Z., Zou, H. (2010). Removal of nutrients and veterinary antibiotics from swine wastewater by a constructed macrophyte floating bed system. *Journal of Environmental Management*, 91(12), 2657-2661.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.036>
- Xiao, R., Duan, Y., Chu, W. (2020). The effectiveness of household water treatment and safe storage in improving drinking water quality: a disinfection by-product (DBP) perspective. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 69(8), 785-806.
<https://doi.org/10.2166/aqua.2020.052>
- Yang, Z., Zheng, S., Chen, J., Sun, M. (2008). Purification of nitrate-rich agricultural runoff by a hydroponic system. *Bioresource Technology*, 99(17), 8049-8053.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.040>
- Yao, K., Song, S., Zhang, Z., Xu, J., Zhang, R., Liu, J., Cheng, L., Liu, J. (2011). Vegetation characteristics and water purification by artificial floating island. *African Journal of Biotechnology*, 10(82), 19119-19125.
<https://doi.org/10.5897/AJB11.2964>
- Yeh, N., Yeh, P., Chang, Y.H. (2015). Artificial floating islands for environmental improvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 616-622.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.090>

Yüce, A. (1999). *Kovada Gölü ve Kanalı Algerinin Taksonomik ve Ekolojik Yönünden İncelenmesi*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. 188s.

Zhang, C.B., Liu, W.L., Pan, X.C., Guan, M., Liu, S.Y., Ge, Y., Chang, J. (2014). Comparison of effects of plant and biofilm bacterial community parameters on removal performances of pollutants in floating island systems. *Ecological Engineering*, 73, 58-63.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.023>

Zhang, L., Zhao, J., Cui, N., Dai, Y., Kong, L., Wu, J., Cheng, S. (2016). Enhancing the water purification efficiency of a floating treatment wetland using a biofilm carrier. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(8), 7437-7443.

<https://doi.org/10.1007/s11356-015-5873-9>

Zhang, Z., Liu, Y., Hu, S., Wang, J., Qian, J. (2021). A New type of ecological floating bed based on ornamental plants experimented in an artificially made eutrophic water body in the laboratory for nutrient removal. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 106, 2-9.

<https://doi.org/10.1007/s00128-020-03086-3>

Zhao, F., Xi, S., Yang, X., Yang, W., Li, J., Gu, B., He, Z. (2012). Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. *Ecological Engineering*, 40, 53-60.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.12.012>

Zhao, F., Yang, W., Zeng, Z., Li, H., Yang, X., He, Z., Gu, B., Rafiq, M.T., Peng, H. (2012). Nutrient removal efficiency and biomass production of different bioenergy plants in hypereutrophic water. *Biomass and Bioenergy*, 42, 212-218.

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.04.003>

Zhou, X., Wang, G. (2010). Nutrient concentration variations during *Oenanthe javanica* growth and decay in the ecological floating bed system. *Journal of Environmental Sciences*, 22(11), 1710-1717.

[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60310-7](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60310-7)

Zhu, L., Li, Z., Ketola, T. (2011). Biomass accumulations and nutrient uptake of plants cultivated on artificial floating beds in china's rural area. *Ecological Engineering*, 37(10), 1460-1466.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.03.010>