



Araştırma Makalesi

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

Gözde Nur DEMİR¹, Hasan Ali İRİK², Furkan Ömer KANARYA^{3*}

ÖZ

Kırsal alanlarda evsel atık suların arıtılması için düşük maliyetli yapay sulak alanlar kullanılmaktadır. Ancak, bu sistemlerde rutin bakım, izleme ve değerlendirme faaliyetleri gerçekleştirilmediğinden, özellikle filtre malzemelerinden kaynaklı sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, vermikülit ve zeolitin yalın halde ve farklı oranlardaki karışımlarının (%75-%25, %50-%50, %25-%75) filtre malzemesi olarak kullanımının fosfor ve azot giderimine etkisi laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Farklı derişimlerde (10, 25 ve 50 ppm) ve hidrolik bekletme sürelerinde (3, 6, 12, 24 ve 48 saat) yapılan ölçümler, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, vermikülitin fosfor gideriminde zeolitten daha etkili olduğunu, azot gideriminde ise her iki malzemenin de etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Doğal arıtma, Fosfor kirliliği, Azot kirliliği, Filtre malzemesi

Determination of Phosphorus and Nitrogen Removal Performances of Vermiculite and Zeolite from Wastewater

ABSTRACT

Low-cost constructed wetlands are used to treat domestic wastewater in rural areas. However, since routine maintenance, monitoring and evaluation activities are not carried out in these systems, problems are encountered, especially due to filter materials. This study aimed to assess the efficient of vermiculite and zeolite as filter materials (75%-25%, 50%-50% and 25%-75%) for phosphorus and nitrogen removal under laboratory conditions. Different concentrations (10, 25 and 50 ppm) and hydraulic retention times (3, 6, 12, 24 and 48 hours) were tested per Water Pollution Control Regulation. Results showed vermiculite was more effective than zeolite for phosphorus removal, while both materials were effective for nitrogen removal.

Keywords: Natural treatment, Phosphorus pollution, Nitrogen pollution, Substrate material

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-7277-1555, 0000-0002-3141-0948, 0000-0002-8920-4186

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 18.07.2024

Kabul Tarihi: 03.10.2024

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye.

² Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye.

³ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.

*E-posta: furkankanarya@yahoo.com

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

Giriş

Su, canlı yaşamındaki en önemli unsurdur. Besin maddesi olarak kullanılmasının yanı sıra içerisinde bulunan çeşitli mineral ve bileşikler sayesinde insan vücudunda bütün biyokimyasal faaliyetlerin gerçekleşmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dünya nüfusunun hızla artmasıyla endüstriyel, evsel ve tarımsal su istekleri de artış göstermektedir (Akın ve Akın, 2007; Westall ve Brack, 2018; Armağan ve Işık, 2022). Dünyada endüstriyel ve evsel atık su arıtımı için farklı teknolojiler tercih edilmektedir. Bu teknolojiler kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerden meydana gelirken arıtım giderlerine bağlı olarak yöntem tercihi yapılmaktadır.

Türkiye'nin yıllık kullanılabilir su varlığı 112 milyar m³ olup ülke nüfusu 84 milyon civarındadır (DSİ, 2024). Bu iki değer birbirine oranlanması sonucunda yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1330 m³ olarak elde edilmektedir. Uluslararası Su Yönetim Enstitüsü'nün belirlediği rakamlar doğrultusunda kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su varlığı 1000 ile 1700 m³ arasında olan ülkeler su azlığı çeken ülkeler konumundadır. Buda su zengini değil aksine su azlığı yaşayan ülkeler arasında olduğumuzu göstermektedir (IWMI, 2024). Bu nedenle su kaynaklarının yeniden kullanımı oldukça önemlidir. Atık sulardaki temel kirlenici elemanlar; azot, fosfor, patojen organizmalar, iz organikler ve ağır metaller olarak gruplandırılmaktadır (USEPA, 1988). Fosfor ve azot kirliliği, ötrofikasyona sebep olarak yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı gerektirdiğinden, müsilaja neden olarak su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu tür su kaynakları içme suyu olarak tüketilemezler. Buna ek olarak suda yaşam faaliyeti gösteren canlılar için de tehdit oluşturmaktadır (Eugenia Valsami, 2004; EEA, 2006).

Tüm bu sorunların önüne geçebilmek amacıyla arıtma sistemlerinin kullanılmaya başlanması hız kazanmıştır. Özellikle kırsal alanlarda yatırım maliyetlerinin düşük olması sebebiyle doğal arıtma sistemleri (yapay sulak alanlar) tercih edilmeye başlanmıştır. Doğal arıtma sistemleri konvansiyonel sistemlere nazaran son yıllarda uygulanması tercih edilen, enerji

ihtiyacı düşük, yatırım ve işletme maliyetleri daha az, işletim koşulları basit, çamur üretimi oldukça az olan doğal atık su arıtma sistemleridir (Uzun ve ark., 2021).

Doğal sulak alanları temsilen oluşturulan yapay sulak alanlar atık suları arıtabilmek için bünyelerinde filtre materyalleri (bitki ve toprak) bulundurlar (EPA, 1993). Bu materyaller atık sularda bulunan kirlenici unsurları absorbe ederek veya bitki besin elementi olarakta kullanılan kirlenicileri bünyelerinde bulundurdıkları bitkiler aracılığı ile alarak su kaynaklarını alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce arıtmaktadırlar. Doğal arıtma yapıları olarakta bilinen yapay sulak alanlar (Du Bowry ve Reaves, 1994; Kadlec ve Knight, 1996; Rivera ve ark., 1997), kırsal alanlarda tarımsal atık suların ve tarım alanlarından yıkanarak yer altına sızan sular (Dombush, 1989; Trautmann ve ark., 1989) ile evsel atık suların arıtılmaları amacıyla inşa edilmiş yapılarıdır (Cooper ve ark., 1997; Schreijer ve ark., 1997).

Su kaynaklarının korunması için özellikle azot ve fosfor kontrolü oldukça önem arz eden konular arasındadır. Hem azot hem de fosfor bitkiler için önemli besin elementi olmalarının yanı sıra aşırı kullanımlarında ise yer altı sularına karışarak su kaynaklarının kullanılmaz hale gelmesine sebep olmaktadır (Henze ve Comeau, 2008). Bunun yanında arıtılmaları da maliyetli teknolojiler gerektirmektedir. Konvansiyonel arıtma sistemlerine oranla yapay sulak alanlar daha az maliyetlidir ancak daha geniş alanlarda aynı işlemleri yerine getirmektedir. Bu alanlar, atık sularda ki azot ve fosfor üzerinde yetiştirilen bitkilerle ve bünyelerinde bulundurdıkları filtre materyalleri sayesinde adsorbe ederek atık suları arıtmaktadırlar.

Vermikülit, magnezyum silikatın 750-1000 °C aralığında ısıtılıp genleşmesi ve ayrıştırılması suretiyle elde edilen bir materyaldir. Bu süreçte minerallerinde ki suyu kaybeden vermikülit ilk durumdaki hacminin 20 katına kadar ulaşabilir. Bu nedenle hava-su ilişkisi iyileşirken poroziteside artış göstermiş olur. Özellikle temas ettiği anyonları absorbe ederek çözünemez bileşikler haline getirir (Karaman ve ark., 2012). Zeolitler, iyon değişikliği yapabilme ve adsorpsiyon gibi özellikleri sayesinde

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

endüstriyel alanlarda kendisine oldukça fazla kullanım alanı oluşturmıştır. Yine aynı özellikleri sebebiyle kirlilik kontrolünde de kullanım hızı her geçen gün artmaya devam etmiştir. Atık sularda bulunan kirletici parametreleri temizlemesinin yanı sıra serbest koşullarda bulunan kötü kokuları da bünyesine hapsedebilme özelliğine sahip alüminyum silikat kökenli bir materyaldir.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda, atık sulardan azot ve fosfor giderimi için turba toprağı, kum, çakıl, yüksek fırın cürufu, kömür fırını cürufu, kireç taşı, çeltik kavuzu, pumis, zeolit ve vermikülit gibi farklı filtre malzemelerine odaklanılmıştır (Kanarya, 2018; Uzun ve ark., 2021; Aşık, 2022; Atıcı, 2023; Berkkan, 2023; Keskin, 2023; Timoçin, 2023). Bu çalışma zeolit ve vermikülit materyallerinin atık sulardan azot ve fosfor giderimi performansını tespit edebilmek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, yapay sulak alanları temsilen pilot ölçekli olarak kolon denemeleri şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada standart olarak iç çapı 3 cm ve uzunluğu 60 cm olarak cam malzemeden üretilen kolonlar kullanılmıştır (Şekil 1). Kolonlarda filtre materyali olarak 100 cm³ hacimde zeolit, vermikülit ve bunların farklı oranlarda karışım oranları kullanılmıştır.

Kolonların içerisinde filtre malzemesinden kaynaklı tıkanmanın önlenmesi amacıyla 1 mm gözenek çapına sahip porlar bulunmaktadır. Çalışmada ticari işletmelerden temin edilen filtre materyalleri, Çizelge 1'de verilen yüzdesel oranlarda karıştırılmıştır.

Çizelge 1. Malzeme karışım oranları

Çalışma Konusu	Zeolit (%)	Vermikülit (%)
100Z	100	0
100V	0	100
75Z25V	75	25
50Z50V	50	50
25Z75V	25	75



Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı kolon deneme düzeneği

Filtre Malzemeleri

Zeolit

Zeolit, adsorban ve katalizör olarak kullanılan mikro gözenekli, alümino-silikat kökenli minerallerdir (Öz, 2012). Zeolit, alkalilerin uzaklaştırılmasında dikkat çekmiş ve sulardan iyon değiştirme ile kasyonları uzaklaştırma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 2011; Türkman ve ark., 2001). Zeolitte bulunan gözenekli yapı molekülleri ve kirleticileri tutma özelliğine sahiptir (Jawahar ve ark., 2016). Çalışmada kullanılan zeolit (Çizelge 2), Manisa-Gördes bölgesinde bulunan madenlerden temin edilmiştir.

Vermikülit

Vermikülit fillo-silikat kökenli bir mineraldir (Toksoy, 1997). Çalışmada Serakulit marka Fine çeşidi vermikülit (Çizelge 3) kullanılmıştır.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

Çizelge 2. Zeolitin Kimyasal Bileşenleri

Kimyasal Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
%	71.29	13.55	1.15	3.50	1.96	0.70	0.60

Yöntem

Çalışmada iki farklı filtre materyaline (zeolit - vermikülit) ve bu materyallerin karışımlarına, MKP ile KNO₃ kullanılarak oluşturulan stok çözeltiden seyreltilerek 10, 25 ve 50 ppm derişimde fosfor ve azot içeren çözeltiler hazırlanmıştır. Kullanılan çözeltilerin derişimlerine tamamlanan çalışma öncesinde yürütülen ön denemeler sonucunda karar verilmiştir. Hazırlanan çözeltiler dijital kontrol ünitesine sahip peristaltik pompa vasıtası ile 5 ml/dk akış hızında uygulanmıştır. Çalışma süresince kolonların çıkış kısımlarından 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde numuneler alınmıştır. Alınan numuneler pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot ve toplam fosfor analizlerine tabi tutulmuştur. Çalışma 3 tekerrürlü olarak sürdürülmüştür. Zeolit ve vermikülit materyalleri 1 ve 2 mm gözenek çapına sahip eleklerde eleme işlemi gerçekleştirilerek arada

kalan malzeme saf su ile yıkandıktan sonra kullanılmıştır.

pH ve EC Tayini

Alınan her numune filtre kağıdından süzölmüştür. Numuneye ait pH ve EC değerleri Hanna marka HI-5522 model pH ve EC metre kullanılarak ölçölmüştür.

Toplam Fosfor Analizi

Elde edilen numunelere ait fosfor miktarları standart yöntem 4500-P C'ye göre Biotek Powerwave HT marka spektrofotometre kullanılarak 882 nm dalga boyunda okumalar gerçekleştirilerek belirlenmiştir (Dickman ve Bray, 1940).

Toplam Azot Analizi

Elde edilen numunelere ait toplam azot miktarı, 10 ml numune üzerine 0.2 ml ISA (Ionic Strenght Adjuster) çözeltisi ilave edilerek karışım sağlandıktan sonra Hanna marka HI-5522 model iyon metre ve HI-4113 model iyon probu (ISE – Ion Selective Electrode) kullanılarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Vermikülitin Kimyasal Bileşenleri

Kimyasal Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
%	37	16	13	6	4	16	0.3

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

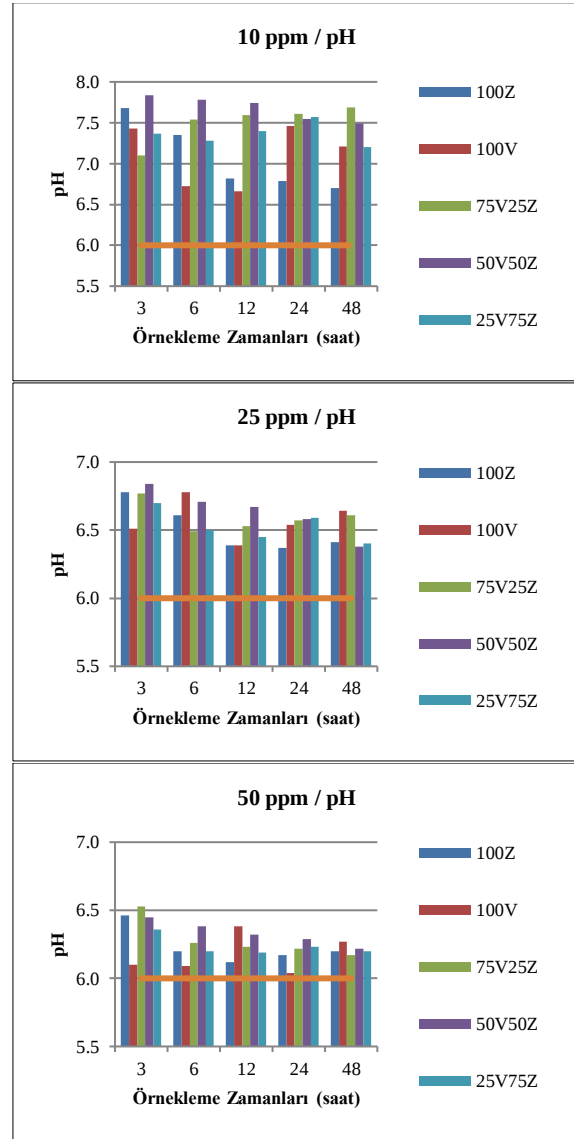
Bulgular ve Tartışma

Yürütülen çalışma sonucunda elde edilen pH değişimleri Şekil 2’de, EC değişimleri Şekil 3’te, toplam fosfor içeriği değişimleri Şekil 4’te ve toplam azot içeriği değişimleri Şekil 5’te verilmiştir.

Farklı derişimlerde hazırlanan çözeltilerin (10, 25 ve 50 ppm) pH değerleri sırasıyla 5.70, 5.41 ve 5.03 olarak tespit edilmiştir. Farklı zamanlarda alınan örneklerin pH değerleri de ölçülmüştür. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için pH değerlerinin 6 ila 10 arasında olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Çizelge 4) tüm uygulamalarda bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince pH değerleri 3. saat sonunda 6.10 (50 ppm, 100V) ile 7.84 (10 ppm, 50V50Z), 6. saat sonunda 6.09 (50 ppm, 100V) ile 7.78 (10 ppm, 50V50Z), 12. saat sonunda 6.12 (50 ppm, 100Z) ile 7.74 (10 ppm, 50V50Z), 24. saat sonunda 6.047 (50 ppm, 100V) ile 7.61 (10 ppm, 75V25Z) ve 48. saat sonunda 6.17 (50 ppm, 75V25Z) ile 7.49 (10 ppm, 50V50Z) arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 2’den anlaşılaçağı üzere farklı derişimlerde uygulanmış olan azot ve fosfor içeren yapay atık su çözeltilisinin pH değerlerine etkisinin, bekletme sürelerine göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişiklikler, hazırlanan çözeltilerin materyal ile teması sonrasında materyallerin pH değerleri daha yüksek olduğundan dolayı yükseliş geçmiş olup sonrasında azalma eğiliminde olmuştur. Çalışma esnasında materyalde yıkamaya maruz kaldığından pH değerlerinde düşüş ve artışlar tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen pH değişimi Kanarya (2018) ile Uzun ve ark. (2021) tarafından elde edilen sonuçlar sonuçlarda da olduğu üzere atık suyun materyalle teması sonrası pH değerlerinde artış gözleendiği, sürece bağılı olarak artış ve azalışlar konusunda da benzerlik göstermiştir.

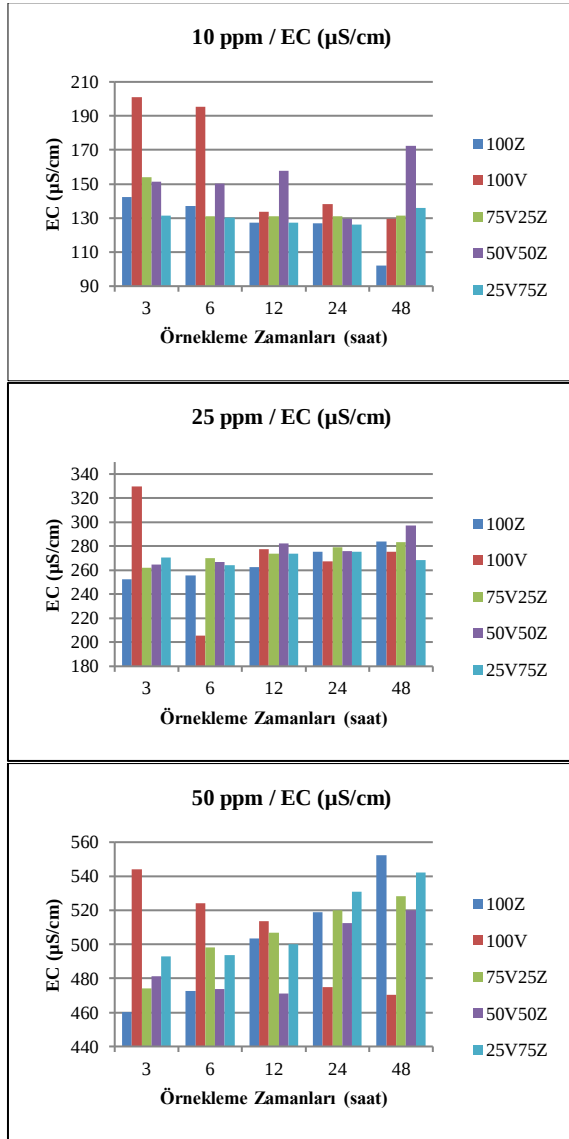


Şekil 2. Çalışma esnasında pH değişimleri

Farklı derişimlerde hazırlanan çözeltilerin (10, 25 ve 50 ppm) EC dereceleri sırasıyla 116.5, 227.58 ve 442.89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tespit edilmiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için EC değerlerinin en fazla 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Şekil 3) tüm uygulamalarda bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi



Şekil 3. Çalışma esnasında EC (µS/cm) değişimleri

Çalışma süresince EC değerleri 3. saat sonunda 131.5 (10 ppm, 25V75Z) ile 543.9 µS/cm (50 ppm, 100V), 6. saat sonunda 130.4 (10 ppm, 25V75Z) ile 524.1 µS/cm (50 ppm, 100V), 12. saat sonunda 127.4 (10 ppm, 25V75Z) ile 513.6 µS/cm (50 ppm, 100V), 24. saat sonunda 126.30 (10ppm, 25V75Z) ile 538.8 µS/cm (50 ppm, 25V75Z) ve 48. saat sonunda ise 102.0 (10 ppm, 100Z) ile 552.4 µS/cm (50 ppm, 100Z) arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 3'te görüleceği üzere kirlilikte EC değerlerinin atık suyun temas ettiği materyale göre artarak veya azalarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

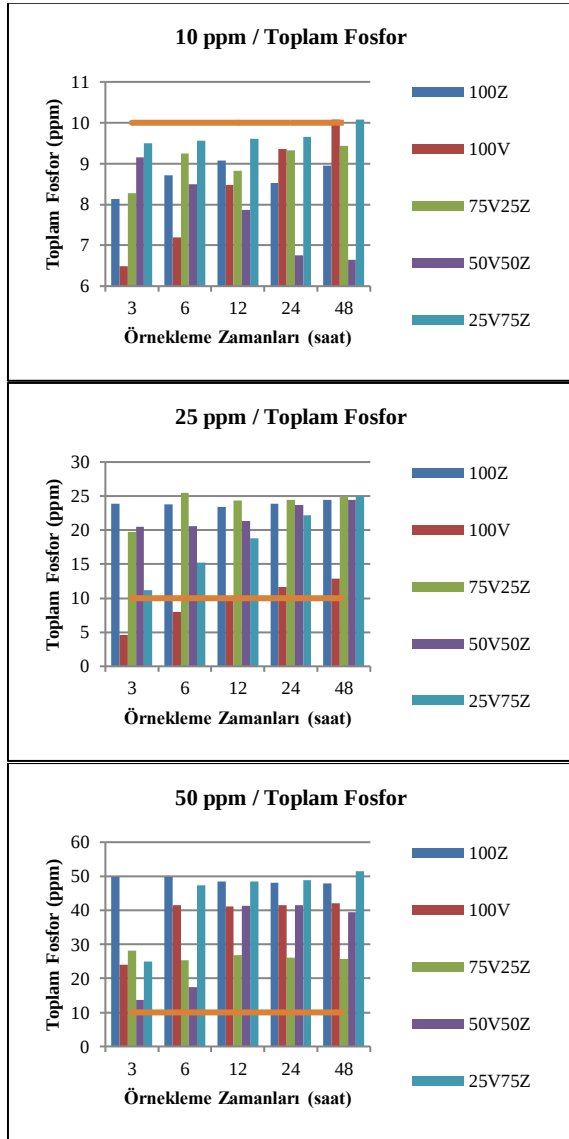
Çalışma sonucunda elde edilen EC değişimi Aşık (2022) ile Atıcı (2023) tarafından elde edilen bulgulara da olduğu gibi atık suyun temas ettiği materyale göre EC değerlerinde değişiklik göstermiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için toplam fosfor içeriğinin en fazla 10 ppm olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Şekil 4) yalnızca 10 ppm ve 25 ppm derişimde çözeltilerin uygulandığı çalışmaların bazılarında bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince toplam fosfor içerikleri 3. saat sonunda 4.63 ppm (25 ppm, 100V) ile 49.7 ppm (50 ppm, 100Z), 6. saat sonunda 7.2 ppm (10 ppm, 100V) ile 49.8 ppm (50 ppm, 100Z), 12. saat sonunda 7.86 ppm (10 ppm, 50V50Z) ile 48.49 ppm (50 ppm, 100Z), 24. saat sonunda 6.75 ppm (10ppm, 50V50Z) ile 48.86 ppm (50 ppm, 25V75Z) ve 48. saat sonunda ise 6.65 ppm (10 ppm, 50V50Z) ile 51.41 ppm (50 ppm, 25V75Z) arasında değişiklik göstermiştir. Kullanılan iki filtre malzemesinin performansları (Çizelge 4, Şekil 4) incelendiğinde ise vermikülit malzemesi oranı artış gösterdikçe fosfor gideriminin de arttığı gözlemlenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen toplam fosfor değişimi Uzun ve ark. (2021) ile Berkkan (2023) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Hem çalışmacıların elde ettiği hem de bu çalışmada elde edilen sonuç, bekleme süresi arttıkça materyalin atık sulardan giderim performansının arttığı ve materyalin doygunluğa ulaştığı yönündedir.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi



Şekil 4. Çalışma esnasında toplam fosfor (ppm) içeriği değişimleri

Çalışma süresince toplam azot içerikleri 3. saat sonunda 0.58 ppm (10 ppm, 100Z) ile 15.64 ppm (50 ppm, 25V75Z), 6. saat sonunda 0.52 ppm (10 ppm, 75V25Z) ile 16.3 ppm (50 ppm, 25V75Z), 12. saat sonunda 1.25 ppm (10 ppm, 75V25Z) ile 15.54 ppm (50 ppm, 25V75Z), 24. saat sonunda 1.88 ppm (10 ppm, 100Z) ile 15.54 ppm (50 ppm, 25V75Z) ve 48. saat sonunda ise 1.48 ppm (10 ppm, 75V25Z) ile 14.27 ppm (50 ppm, 25V75Z) arasında değişiklik göstermiştir. Kullanılan iki filtre malzemesinin performansları (Çizelge 5, Şekil 5) vermikülit materyalinin 25 ve 50 ppm uygulama

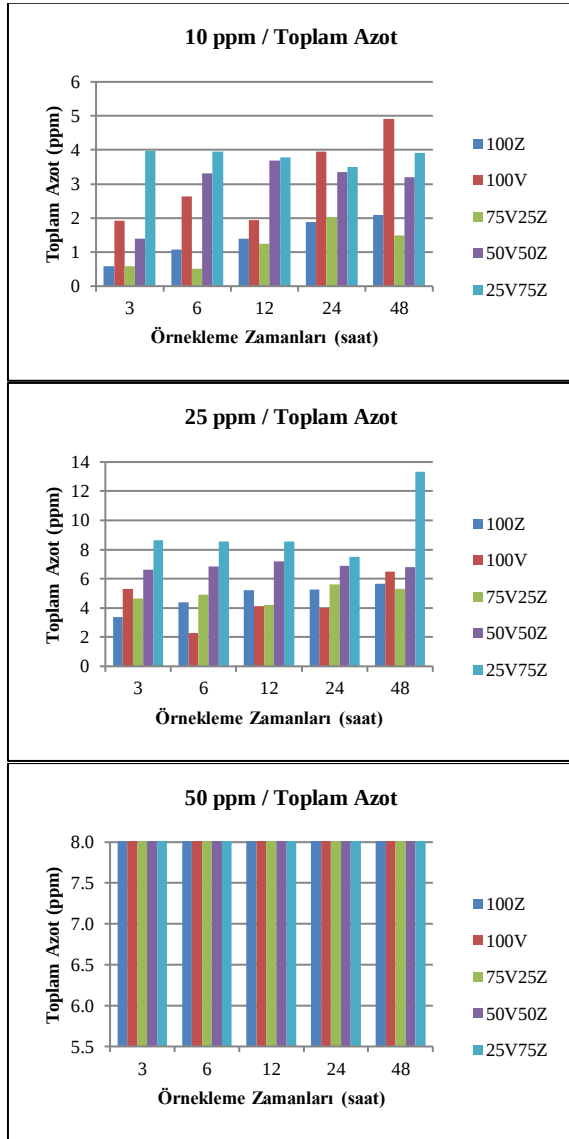
Çizelge 4. Çalışma süresince toplam fosfor (%) giderimi

Materyal	Derişim (ppm)	Örneklem Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
100Z	10	18,60	12,80	9,20	14,70	10,50
	25	4,68	5,00	6,52	4,40	2,36
	50	0,60	0,40	3,02	3,68	4,18
100V	10	35,10	28,00	15,20	6,40	0,00
	25	81,48	68,04	60,56	53,28	48,36
	50	52,04	16,98	17,76	16,86	15,70
75V25Z	10	17,30	7,50	11,80	6,80	5,70
	25	21,20	0,00	2,68	2,36	0,08
	50	43,80	49,18	46,36	47,98	48,58
50V50Z	10	8,50	15,00	21,40	32,50	33,50
	25	18,20	17,52	14,76	5,32	2,16
	50	72,82	65,30	17,44	16,90	21,26
25V75Z	10	5,00	4,40	4,00	3,40	0,10
	25	55,20	39,08	24,88	11,12	0,00
	50	50,20	5,46	3,14	2,28	0,00

Farklı zamanlarda alınan örneklerin toplam azot analizleri yapılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için toplam azot içeriğinin en fazla 40 ppm olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Şekil 5) çalışmanın tamamında bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

konularında zeolite göre daha yüksek performans sergilediği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen toplam azot değişimi Keskin (2023) ile Timoçin (2023) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar da bekletme süresi ilerledikçe materyallerin doygunluğa ulaştığı ve performanslarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi



Şekil 5. Çalışma esnasında toplam azot (ppm) içeriği değişimleri

Sonuç

Doğal arıtma yöntemlerinde azot ve fosfor arıtımı için toprak veya filtre materyallerinin kullanımı tavsiye edilmektedir (Mann, 1994). Dolayısıyla farklı filtre materyallerinin azot ve fosfor kirliliği giderim performansının incelenmesi için bu çalışma Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında kolon deneyleri şeklinde yürütülmüştür. Zeolit ve vermikülit malzemeleri kullanılarak hem %100 yalın halde hem de karışım oranları (%25-%75, %50-%50 ve %75-%25) şeklinde ve 3 farklı derişimde (10, 25 ve 50 ppm) laboratuvar koşullarında üretilen

azot ve fosfor içeren yapay atık su ile 3, 6, 12, 24 ve 48 saat hidrolik bekleme süreleri sonucu numuneler alınmıştır.

Çizelge 5. Çalışma süresince toplam azot (%) giderimi

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
100Z	10	94,20	89,30	86,00	81,20	79,00
	25	86,52	82,44	79,08	79,00	77,40
	50	83,82	81,90	80,18	78,44	77,40
100V	10	80,80	73,70	80,60	60,40	50,90
	25	78,84	90,80	83,56	84,00	73,96
	50	81,56	82,36	82,14	83,82	76,70
75V25Z	10	94,10	94,80	87,50	79,70	85,20
	25	81,44	80,40	83,24	77,60	78,76
	50	81,64	82,08	80,32	76,20	76,20
50V50Z	10	86,00	66,90	63,10	66,40	68,00
	25	73,44	72,64	71,20	72,44	72,76
	50	77,56	72,58	71,56	73,30	75,98
25V75Z	10	60,30	60,40	62,20	65,00	60,90
	25	65,48	65,84	65,76	69,92	46,68
	50	68,72	66,30	67,40	68,92	71,46

Çalışmada kullanılan iki filtre materyalinden arıtılarak elde edilen örneklerde yapılan analizler sonucunda EC değerlerinin materyallerin etkisi ile değişime uğradığı fakat ilgili yönetmelikte bulunan deşarj kriterlerini sağladığı tespit edilmiştir.

Yapılan pH analizleri sonucunda tüm materyallere uygulanan çözeltilerin arıtma işlemine tabi tutulduktan sonraki değerlerinin, hidrolik bekleme süresine bağlı olarak atık suyun materyallere teması sonrasında deşişim gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük pH değeri 100V kullanılan çalışmada 50 ppm derişimde çözeltili uygulanan denemenin 24. saatinde görülürken en yüksek deşer 50V50Z karışımına 10 ppm derişimde çözeltili uygulanan denemenin 3. saatinde görülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen numunelerde yapılan toplam fosfor analizleri neticesinde 100V materyalinin fosfor gideriminde etkisinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Elde

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

edilen analiz sonuçlarında toplam fosfor miktarının düşük çıkması fosfor gideriminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. En yüksek fosfor giderimi vermikülit materyaline 25 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı denemenin 3. saatinde görülen sonuçtur. Fosfor gideriminin en az olduğu çalışma konusu ise 25V75Z materyaline 50 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı denemenin 48. saatinde elde edilmiştir. Derişimin 50 ppm olduğu çalışma konularında ise fosfor gideriminin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda elde edilen toplam azot analizleri neticesinde hem zeolit hem vermikülitin azot gideriminde etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarında toplam azot miktarının düşük çıkması fosfor gideriminde daha etkili olduğunu, sonucun yüksek çıkması ise fosfor gideriminde etkili olmadığını göstermektedir. Bu bilgi ışığında en yüksek azot giderimini sağlayan çalışma konusu 10 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı denemenin 75V25Z ve 100Z konusudur. Azot giderim performansının düşük olduğu çalışma konusu ise 50 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı 25V75Z deneme konusudur.

Yapılan bu çalışma sonucunda yapay sulak alanlarda tercih edilecek filtre malzemesi seçiminin olabildiğince yüksek öneme sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma neticesinde vermikülit malzemesinin fosfor gideriminde zeolitten daha etkili olduğu görülmüştür. Vermikülit, zeolit malzemesinden daha etkili ve daha ekonomik olmasına rağmen hafif bir malzeme olduğundan tek başına kullanılması materyalin sahada su yüzeyine çıkması şeklinde zorluklarla karşılaşılmasına olacaktır. Daha yoğun malzemeler ile karıştırılarak kullanılması, performans iyileştirici olarak tercih edilmesi önerilir.

Atık sulardan azot giderimi için her iki malzemede oldukça güzel sonuçlar vermektedir. Hem vermikülit ile zeolit hem de karışımlarının kullanılmasının çalışma sonucunda uygun olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-10753 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akın, M., Akın, G., (2007) Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47, 105-118.
- Anonim, (2011) What are constructed wetlands in Treatment of Agricultural Waste by use of Constructed Reed-bed Wetlands, <http://pgoforth.mywep.uga.edu/page3.html>, (Erişim tarihi: 15.08.2022).
- Armağan, M., Işık, M.İ., (2022) Karapınar (Konya) Tuzcul Alanlarındaki Kuraklığa Dayanıklı, Mera Islahında Kullanılabilecek Bitkiler. Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi, 2(2), 67-74.
- Aşık, Y.C., (2022) Zeolit ve çeltik kavuzunun atık sulardan azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Atıcı, G., (2023) Zeolit ve Talaşın Atık Sulardan Azot ve Fosfor Giderim Performansının Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Berkkan, K., (2023) Kum, çeltik kavuzu ve zeolit karışımının atık sulardan azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Cooper, P., Smith, M., Maynard, H., (1997) The design and performance of a nitrifying vertical-flow reed bed treatment system. Wat. Sci. Tech., 35, 215-221.
- Dickman, S.R., Bray, R.H., (1940) Colorimetric determination of phosphate. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition, 12(11), 665-668.
- Dombush, J.X., (1989) Natural renovation of leachate-degraded groundwater in excavated ponds at a refuse landfill. In: Hammer, D.A. (Ed.), Constructed

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

- Wetlands for Wastewater Treatment. Chelsea, Lewis, pp. 743–752.
- DSİ, (2024) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları. <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> Erişim Tarihi:10.05.2024.
- Du Bowry, P.L., Reaves, R.P., (1994) Constructed wetlands for animal waste management. In: Proceedings of a workshop, 4–6 April. Purdue University, Wes Lafayette IN.
- EEA, (2006) European Enviromental Agency, Akdeniz bölgesi öncelikli çevre sorunları. Rapor No 4/2006 Luksemburg ISBN 978-92-9167-370-4
- EPA, (1993) Constructed wetlands for waste water treatment and wild life habitat: 17 Case Studies. EPA 832-R-93-005
- Eugenia Valsami, J., (2004) Phosphorus in Enviromental Technologies Prenciples and Applications. IWA Publishing. Integrated Enviromental Technology Series. UK ISBN 1 84339 001 9
- Henze, M., Comeau, Y., (2008) Wastewater characterization. Biological wastewater treatment: Principles modelling and design, 33-52.
- IWMI, (2024) International Water Management Institute, <https://www.iwmi.cgiar.org/> (Erişim Tarihi: 01.09.2024)Jawahar, S., Nafar, A., Vasanth, K., Musthafa, M.S., Arockiaraj, J., Balasundaram, C., Harikrishnan, R., (2016) Dietary supplementation of Zeolite on growth performance, immunological role, and disease resistance in Channa striatus against Aphanomyces invadans. Fish & Shellfish Immunology, 51, 161-169.
- Kadlec, H.R., Knight, R.L., (1996) Treatment Wetlands. Lewis, Boca Raton, New York, London, Tokyo, p. 893.
- Kanarya, F.Ö., (2018) Yapay sulak alanlarda performans değerlendirilmesi: Kayseri Salur örneği. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Karaman, M.R., Adiloğlu, A., Brohi, R., Güneş, A., İnal, A., Kaplan, M., ... Zengin, M., (2012) Bitki besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, 2, 272-281.
- Keskin, S.S., (2023) Pumis, kireç taşı ve kum karışımının atık sulardaki azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Mann R.A., (1994) Phosphorus Removal in Constructed Wetlands: Substratum adsorption, pp.97-105, Pergamon Press, Oxford.
- Öz, B., (2012) “Doğal Zeolitlerin Modifiye Edilmesiyle Elde Edilen Anyonik Reçinelerin Sulardaki Bazı Metal İyonlarının Gideriminde Kullanımı”, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 83 sf., Çorum.
- Rivera, R, Warren, A., Curds, C.R., Robles, E., Gutierrez, A., Gallegos, E., Caldeffin, A., (1997) The application of the root zone method for the treatment and reuse of high strengt habattoir waste in Mexico. Wat. Sci. Tech. 35, 271–278.
- Schreijer, M., Xampf, R., Toet, S., Verhoeven, J., (1997) The use of constructed wetlands to upgrade treated sewage effluents before discharge to natural surface water in Texeliland, The Netherlands: pilot study. Wat. Sci. Tech. 35:231–237
- SKKY, (2004) <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> Erişim Tarihi: 28.09.2022
- Timoçin, M.A., (2023) Zeolit ve kireç taşı karışımının atık sulardaki azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Toksoy, F., (1997) Vermikülit: Mineraloji, Jeolojik Oluşum, Endüstriyel Kullanım ve Türkiye'deki Durumu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye
- Trautmann, N.M., Martin Jr, J.H., Porter, K.S., Hawk Jr., K.C., (1989) Use of artificial wetlands for treatment of municipal solid waste land fillleachate. In: Hammer, D.A. (Ed.), Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Lewis, Chelsea, pp. 245–251.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

- Türkman A., Aslan Ş., Ege İ., (2001) Doğal Zeolitlerle Atıksulardan Kurşun Giderimi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 3, 2.
- USEPA, (1988) Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. Ohio, USA.
- Uzun, O., Gokalp, Z., Irik, H.A., Varol, I.S., Kanarya, F.O., (2021) Zeolite and pumice-amended mixtures to improve phosphorus removal efficiency of substrate materials from wastewaters. Journal of Cleaner Production, 317, 128444
- Westall, F., Brack, A., (2018) The importance of water for life. Space Science Reviews, 214(2), 1-23.