

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ZEOLİT VE TALAŞIN ATIK SULARDAN AZOT VE
FOSFOR GİDERİM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Genar ATICI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK**

Yüksek Lisans Tezi

**Ocak 2023
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ZEOLİT VE TALAŞIN ATIK SULARDAN AZOT VE
FOSFOR GİDERİM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Genar ATICI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FYL-2021-10754 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ocak 2023
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Genar ATICI



“Zeolit ve Talaşın Atık Sularda Bulunan Azot ve Fosfor Giderimi Performansının Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Genar ATICI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK

Biyosistem Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Sinan GERÇEK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam süresi boyunca her fırsatta yanımda olan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRİK'e saygılarımı sunar, teşekkür ederim. Deneme süresince desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN'a ve Dr. Furkan Ömer KANARYA'ya da her daim bilgileriyle yanımda oldukları için en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2021-10754) teşekkür ederim.

Genar ATICI
Kayseri, Ocak 2023

ZEOLİT VE TALAŞIN ATIK SULARDA BULUNAN AZOT VE FOSFOR GİDERİM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Genar ATICI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2023
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali İRIK

ÖZET

Hızla artan nüfusa karşılık kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı hızla azalmaktadır. Suların kirlenmesinde etkili olan elementler arasında fosfor ve azot yer almaktadır. Bu çalışma zeolit ve talaş materyalleri kullanılarak sularda kirliliğe neden olan fosfor ve azot elementlerini atık sulardan gidermek amacıyla laboratuvar koşullarında kolon denemeleri şeklinde yürütülmüştür. Denemede zeolit ve talaş materyalleri hem yalın hem de farklı oranlarda karıştırılarak kullanılmıştır (%100 zeolit, %100 talaş, %75 zeolit-%25 talaş, %50 zeolit-%50 talaş ve %25 zeolit-%75 talaş). Denemede 100 cm³ filtre malzemesine laboratuvar koşullarında hazırlanan sentetik atık sular (10, 25 ve 50 ppm) 5 ml/dk akış hızında uygulanmıştır. Çalışma süresince kolonların çıkış kısımlarından farklı zamanlarda (3., 6., 12., 24. ve 48. saat) ve 3 tekerrürlü olacak şekilde örnekler alınmıştır. Alınan örnekler pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) analizlerine tabi tutulmuşlardır. Elde edilen bulgulara göre en fazla fosfor giderimi 25 ppm derişime sahip çözeltilinin uygulandığı %75 talaş-%25 zeolit karışımından oluşan filtre malzemesinde %25.29 olarak elde edilirken, en az fosfor giderimine ise 25 ppm derişime sahip çözeltilinin uygulandığı %100 zeolit materyalinde %6.05 olarak elde edilmiştir. En fazla azot giderimine 10 ppm derişime sahip çözeltilinin uygulandığı %75 talaş-%25 zeolit karışımından oluşan filtre malzemesinde %91.05 olarak elde edilirken, en az azot giderimine ise 10 ppm derişime sahip çözeltilinin uygulandığı %100 zeolit materyalinde %0.68 olarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda materyallerin fosfor ve azot giderim performansları incelendiğinde zeolit materyalinin talaş ile birlikte kullanımında etkinliğinin arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Azot, fosfor, kolon denemeleri, talaş, zeolit

DETERMINATION OF THE NITROGEN AND PHOSPHORUS REMOVAL PERFORMANCE OF ZEOLITE AND SAWDUST IN WASTEWATER

Genar ATICI

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, December 2022
Supervisor: Dr. Hasan Ali İRİK

ABSTRACT

Despite the rapidly increasing population, the amount of water used per person per year is rapidly decreasing. Among the elements that are effective in the pollution of water are phosphorus and nitrogen. In this study, column experiments were carried out in the laboratory environment in order to treatment the phosphorus and nitrogen elements that cause pollution in the waters in which zeolite and sawdust materials are used. In the experiment, zeolite and sawdust materials were used both pure and mixed in different ratios (100% zeolite, 100% sawdust, 75% zeolite-25% sawdust, 50% zeolite-50% sawdust and 25% zeolite-75% sawdust). In the experiment, 100 cm³ filter material, synthetic wastewater (10, 25 and 50 ppm) resistant to laboratory conditions, 5 ml/min flow rate can be applied. Different periods (3rd, 6th, 12th, 24th and 48th hours) and 3 replications of samples were taken from the outlet parts of the working columns. Received samples were subjected to pH, electrical conductivity (EC), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) analyzes. The highest phosphorus removal rate of 25 ppm compared to the obtained as 25.29% in the filter material consisting of 75% sawdust-25% zeolite mixture, while the responsibility of having the least phosphorus removal is 6.05% in the 100% zeolite material. The highest nitrogen removal concentration of 10 ppm was obtained as 91.05% in the filter material consisting of 75% sawdust-25% zeolite mixture, while the least nitrogen removal was obtained as 0.68% in the solution with a concentration of 10 ppm. As a result, it has been determined that the phosphorus and nitrogen removal performances of the working materials and the performance of zeolite materials in the use of sawdust are observed.

Keywords: Nitrogen, phosphorus, column tests, sawdust, zeolite

İÇİNDEKİLER

ZEOLİT VE TALAŞIN ATIK SULARDA BULUNAN AZOT VE FOSFOR GİDERİM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1.BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Doğal Sulak Alanlar	4
1.2. Yapay Sulak Alanlar.....	4
1.3. Filtre Malzemeleri.....	5
1.3.1. Zeolit.....	6
1.3.2. Talaş	6
1.4. Sularda Bulunan Kirleticiler.....	7
1.4.1. Fosfor.....	7
1.4.2. Nitrat	7
1.5. Kolon Denemeleri.....	8

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal.....	13
2.2. Metod.....	16
2.2.1. Numune Alma.....	16
2.2.2. pH Tayini	16
2.2.3. EC Tayini	16
2.2.4. Toplam Fosfor Tayini	17
2.2.5. Nitrat Tayini	17

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. pH Değerinin Arıtma İşlemi Esnasında Uğradığı Değişim	19
3.2. EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) Değerinin Arıtma İşlemi Esnasında Uğradığı Değişim.....	21
3.3. Besin Elementlerinin Arıtma İşlemi Esnasında Uğradığı Değişim	23
3.3.1. Toplam Fosfor	23
3.3.2. Toplam Azot	25

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar	29
4.2. Öneriler	30
KAYNAKÇA	31
ÖZGEÇMİŞ.....	39

KISALTMALAR VE SİMGELER

%	: yüzde
mg	: miligram
g	: gram
mm	: milimetre
cm	: santimetre
m	: metre
m ²	: metrekare
ha	: hektar
ppm	: milyonda bir (parts per million)
ml	: mililitre
L	: litre
cm ³	: santimetreküp
m ³	: metreküp
dk	: dakika
sa	: saat
pH	: hidrojenin gücü (power of hydrogen)
EC	: elektriksel iletkenlik (electrical conductivity)
P	: fosfor
PO ₄	: fosfat
N	: azot
NO ₃	: nitrat

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Zeolitin fiziksel özellikleri.....	13
Tablo 2.2. Zeolitin kimyasal bileşimi	14
Tablo 2.3. Zeolitin element içerikleri.....	14
Tablo 2.4. Talaşın fiziksel özellikleri.....	14
Tablo 2.5. Talaşın kimyasal özellikleri	14
Tablo 2.6. Talaşın Element İçerikleri.....	15
Tablo 3.1. Çalışma esnasındaki pH değişimi	19
Tablo 3.2. Çalışma esnasındaki EC değişimi.....	21
Tablo 3.3. Çalışma esnasında fosfor içeriklerinin değişimi (ppm)	23
Tablo 3.4. Materyallerin fosfor giderim performansları (%)	25
Tablo 3.5. Çalışma esnasında azot içeriklerinin değişimi (ppm).....	26
Tablo 3.6. Materyallerin azot giderim performansları (%).....	28

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Doğal sulak alan.....	4
Şekil 1.3. Türkiye’deki zeolit maden yatakları	6
Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan düzenek	15
Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan zeolit ve talaş materyalleri	16
Şekil 3.1. pH değerlerinin zamana bağlı değişimi	20
Şekil 3.2. EC değerlerinin zamana bağlı değişimi	22



GİRİŞ

Su, dünya üzerinde yaşayan tüm canlılar için dolaylı veya doğrudan büyük öneme sahip olmasının yanı sıra tarımda sürekliliğin ve ekolojik dengenin sağlanması ile insan sağlığının korunmasında doğrudan etkilidir (Akin ve ark., 2007). Dünyadaki su tüketiminin hızla artmasıyla 10 yıldan kısa süre içerisinde insanlığın küresel su kıtlığı yaşayacağı belirtilmektedir (UNESCO, 2021).

Dünya yüzeyinin %71'i sularla kaplı olması su bolluğu algısı oluşturmamalıdır. Dünya üzerindeki su miktarı 1.4 milyar km^3 kadardır. Bu suyun %97.5'i okyanuslarda ve denizlerde bulunan tuzlu sulardan, kalan %2.5'i yer altı suları, göller, akarsular ve buzullardan oluşmaktadır (Mengü ve ark., 2008). Kullanılabilir %2.5'lik miktarın ise %0.6'sını yeraltı suları, göl suları ve akarsular oluşturmakta, %1.9'unu ise buzullar oluşturmaktadır. Dünyadaki %0.6'lık kullanılabilir su miktarının ise %69'u tarımsal sulamada, %23'ü endüstriyel ve %8'i evsel kullanımda tüketilmektedir (DSİ, 2022).

Türkiye 783.577 km^2 yüz ölçümüne sahiptir ve üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada özelliğindedir. Ancak kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı bakımından sıkıntı yaşayan ülkeler arasındadır. Ülkemizde yıllık yeraltı ve yerüstü su kaynakları toplamı 112 milyar m^3 'tür ve bu kullanılabilir su miktarının ortalama 94 milyar m^3 'ünü yerüstü ve 18 milyar m^3 'ünü yeraltı suları oluşturmaktadır. Kullanılabilir su miktarının 44 milyar m^3 'ü tarımda, 13 milyar m^3 'ü içme-kullanma ve sanayide olmak üzere 57 milyar m^3 'ü kullanılmaktadır (DSİ, 2022). Ülkemizde kullanılabilir su miktarı 2000 yılında kişi başına 1.652 m^3 iken 2020 yılında 1.346 m^3 'e düşmüştür ve Türkiye'nin su kıstı yaşayan ülkeler arasında yer aldığı belirtilmiştir (IWMI, 2022). Türkiye'nin su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yer almasından dolayı suyun tasarruflu kullanılması önem arz etmektedir. Evlerde ve sanayi tesislerindeki su kayıplarının önüne geçilmesi, kullanılan suların arıtılarak tekrar kullanılabilir hale getirilmesi, tarım alanlarındaki drenaj sistemlerinin bakımlarının yapılması ve sulama sonrası drenaj sistemleriyle toplanan suların arıtılarak

tekrar kullanılabilmesi hayati öneme sahiptir. Su problemlerinin artmasıyla arıtma sistemleri daha fazla önem kazanmış ve alternatif arıtma sistemleri ve tesisleri arayışına girilmiştir (Akin ve ark., 2007).

Atık su arıtma sistemleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle su içerisindeki kirleticilerin uzaklaştırılmasını ve atık suyun hepsinin veya bir kısmının tekrar kullanıma kazandırılmasını sağlar (Kavurucu ve ark., 2022). Belediyeler tarafından 2019 yılında yapılan atık su istatistikleri anketlerinin sonuçlarına göre 1357 belediyede kanalizasyon sistemi bulunmaktadır, bu kanalizasyon sistemleri ile 4,8 milyar m³ atık su toplanmakta ve 4,2 milyar m³'ü arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. Toplanan atık suların %40,7'si denizlere, %3,1'i barajlara, %1,4'ü göl ve göletlere, %46,9'u akarsulara, %0,4'ü arazilere ve %7,5'i farklı alanlara deşarj edilmektedir (TÜİK, 2019). Kurulum ve bakım onarım maliyeti yüksek olan bu arıtma tesislerine alternatif olarak doğal arıtma sistemlerinin inşası önem kazanmıştır.

Doğal arıtma sistemleri (yapay sulak alanlar), teknolojik arıtma sistemlerinin kurulum, bakım onarım ve iş gücü maliyetlerinin fazla olmasından dolayı doğal sulak alanlara benzetilerek kurulmuştur. Yapay sulak alanlar sulardaki kirleticileri uzaklaştırmak amacıyla kullanılan, içerisinde bitki, toprak ve mikroorganizmalar bulunan sistemlerdir. Yapay sulak alanlar, tarımda kullanılan gübreler içerisinde bulunan azot ve fosfor tarafından kirletilmesi sonucu yer altına sızan suların, hayvan çiftliklerinden çıkan atık suların, evsel atıkların ve balık üretim tesislerinde balıkların sağlığı için kullanılan kimyasallarla kirlenmiş atık suların tekrar kullanılabilmesi amacıyla kurulmuştur (Dombush, 1989; Trautmann ve ark., 1989; Du Bowry ve Reaves, 1994; Riviera ve ark., 1997; Cooper ve ark., 1997; Schreijer ve ark., 1997).

Yapılan çalışmada doğal arıtma sistemlerinde kullanılan filtre malzemelerine alternatif olabilirliğini incelemek amacıyla ülkemizde bol miktarda bulunan zeolitin ve ülkemizin zengin bitki örtüsünde yetişen sarıçam ağaçlarından elde edilen talaşın laboratuvar ortamında atık sularda bulunan azot ve fosfor giderimi performansları incelenmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Zamanda geriye baktığımızda tarım gelişmiştir ve gelişmeye devam etmektedir ve bu olumlu gelişim sanayinin ve ticaretin gelişmesinde bir artışa vesile olmuştur (Levent, 2011). Tarımın, sanayinin gelişmesiyle beraber rafah seviyesi yükselmiş ve buna bağlı olarak nüfus artış hızı artmıştır. Nüfusun sürekli artışıyla beraber bu artışın dezavantajları ortaya çıkmıştır. Bu dezavantajlardan en önemlisi gıda, su ve enerji isteğini karşılamak olmuştur. Nüfusun artışıyla beraber insanların evlerde yapmış olduğu su tüketimi artmış, tarımsal gıdaya olan ihtiyaç artmıştır. Tarımsal gıdaya olan ihtiyacın artmasıyla beraber tarımsal üretim artmış ve tarımda su tüketimi dolaylı olarak artmıştır. Tüketimlerin artmasıyla beraber suyun en fazla tüketildiği sektör tarım olmuştur (Sarış, 2021). Tarımsal üretimin talebin karşılanması amacıyla artırılması gerekmektedir ve bunun iyi yolu bulunmaktadır. Bu yollardan ilki tarım yapılan arazinin artırılması ve ikincisi tarım yapılan araziden alınan verimin artırılmasıdır. Ülkemizin iklim şartları göz önüne alındığında tarım arazilerinin artırılması makul bir çözüm yolu olarak görülmemektedir, o yüzden tarım arazisinin artırılmasındansa birim alandan alınan verimin artırılması daha makul bir çözüm yoludur. Birim alandan alınan verimin artırılması için farklı biyolojik girdiler ve teknolojiler kullanılmaktadır. Birim alandan alınan verimin artırılması konusunda kullanılan biyolojik gübrelerin toprağa kalıcı zararlar verdiği gözönüne alındığında en mantıklı yolun organik gübrelemelerin yapılması ve sulamanın artırılması olduğu görülmektedir. Verimin artırılması konusunda sulamanın ön plana çıkmasıyla beraber su tüketimi önceki yıllara göre hızla artmıştır ve zaten yaşanmakta olan su problemleri hızla artmıştır. Suya ulaşmanın güçleşmesiyle beraber yer altı suları tüketilmeye başlanmış ve ülkemizin çeşitli yerlerinde obruklar oluşmuş ve olumlu bir sonuç elde etmek için yapılan taban suyunun çekilmesi işlemi sonucu tarım arazileri kayıp edilmeye başlanmıştır. Yaşanan problemler gözönüne alındığında atık suların arıtılarak tekrar kullanıma kazandırılması daha önem kazanmıştır. Atık suların arıtılmadan deşarj edilmesinden önce arıtılarak tekrar kullanıma kazandırılması önem kazanmıştır (Van Lier ve Lettinga, 1999).

1.1. Doğal Sulak Alanlar

Sulak alanların tanımı derinliği 6 metreyi geçmeyen tatlı, alkali veya tuzlu, sürekli veya geçici, doğal veya insan yapımı, suyu durgun veya hareketli, bataklık, sazlık ve turbalık alanlardır. Sulak alanlar su seviyesinin yüzeye yakın veya yüzeyin üzerinde olduğu suya doymuş olan alanlardır (Çiçek, 2004).



Şekil 1.1. Doğal sulak alan

Günümüzde insan yaşamında önemli bir etken olan ve ekonomiye katkı sağlayan sulak alanlar; biyolojik çeşitliliğin ve doğanın var olan dengesinin korunmasında önemli bir yere sahiptir (Yıldız ve Yılmaz, 2009). Doğal sulak alanlar göç eden canlılara konaklama olanağı, ideal üreme alanı ve bitki türlerine ideal yaşam alanı sağlar (Cebe ve Kardeş, 2018).

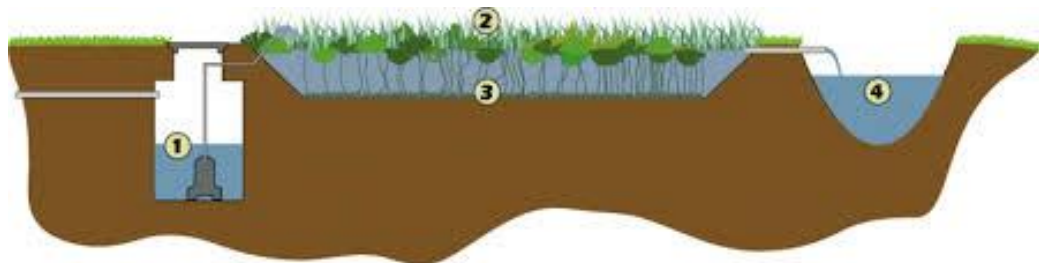
Sulak alanlar küresel çapta tehlike altındadır. Geçmişte sulak alanlar sıtma hastalığına neden olduğu gerekçesiyle kurutulmuş, tarım arazilerine veya yerleşim alanlarına dönüştürülmüştür (Yıldız ve Yılmaz, 2009). Sulak alanların kurutulması ve bu alanların tarım arazisine dönüştürülmeleri ile çoraklaşma ve tuzlanma gibi istenilmeyen durumlar sonucu beklenen verim alınamamıştır. Gerçekleşen bu olumsuzluklarla ve insanların su ihtiyacının artmasıyla birlikte halkı bilinçlendirmek adına çalışmalar yapılmış ve doğal sulak alanlar örnek alınarak yapay sulak alanlar inşa edilmeye başlanmıştır.

1.2. Yapay Sulak Alanlar

Evlerde, tarımda ve endüstride kullanılan suların miktarının artmasıyla birlikte su kaynaklarına olan talep artmıştır. Artan dünya nüfusu ile bu ihtiyacın giderilmesi için su

kaynaklarının yeniden kullanılması önem arz etmektedir. Bu nedenle, arıtma sistemlerinin kurulumu önem kazanmıştır. Arıtma sistemlerinin önem kazanmasıyla beraber doğal sulak alanlar örnek alınarak konvansiyonel mekanizmalarla yapay sulak alanlar inşa edilmeye başlanmıştır (Çiftçi ve ark., 2009). Yapay sulak alanların kurulmasıyla atık sularda kirletici olarak bulunan azot, fosfor, ağır metal ve organik madde içeren atıklar arıtılmaktadır (Tunçsiper ve Akça., 2006).

Konvansiyonel mekanizmaların kullanılmasıyla hazırlanan yapay sulak alanlar mühendislik birikimi gerektirmektedir (Çiftçi ve ark., 2009). Yapay sulak alanların inşasında, kurulacağı bölgenin iklim koşullarına, toprak özelliklerine ve akarsular tarafından gelen kirleticilere dikkat edilmez. Aynı zamanda yapay sulak alanların diğer arıtma sistemlerinden daha ekonomik olmasını sağlamak amacıyla sulak alana gelen suyun kendi cazibesıyla akması sağlanmalı, kurulumunda teknolojik harcamaların azaltılması gerekmektedir. Yapay sulak alanın kurulacağı yer belirlenirken önden deneme amacıyla arıtma işlemleri yapılmalı ve burada kullanılacak bitkilerin seçimi yapılırken bölgenin topografik ve iklimsel özelliklerine dikkat edilmelidir (Taş ve Topaldemir, 2021).



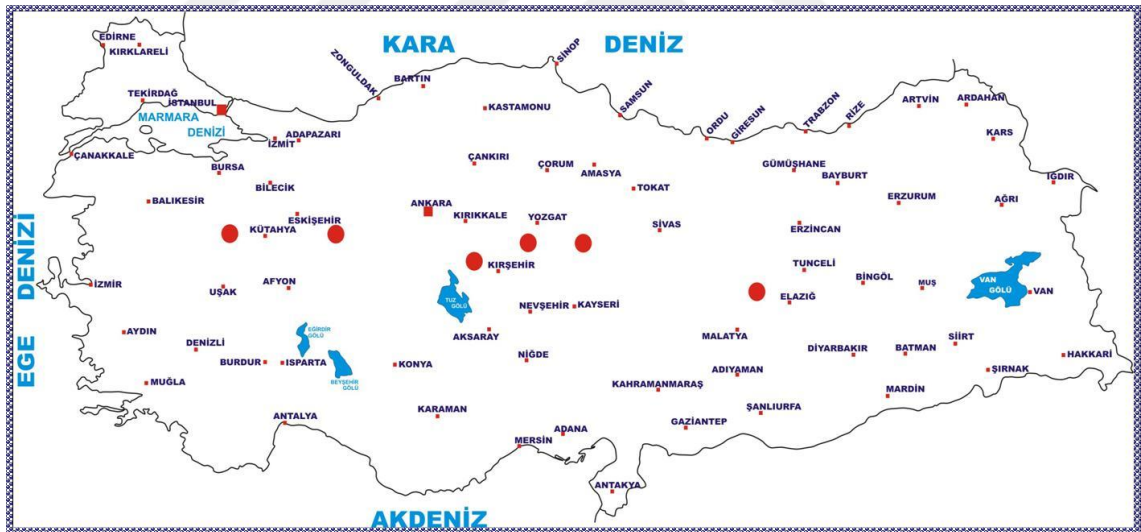
Şekil 1.2. Yapay sulak alanların tasarımı

1.3. Filtre Malzemeleri

Yapay sulak alanlarda arıtmada bitkilerin kullanılmasının yanı sıra adsorban olarak çakıl, zeolit, deniz kabuğu kömür, polonit ve vermikülit gibi malzemelerinde kullanıldığı bilinmektedir (Uzun ve ark.2021)

1.3.1. Zeolit

Zeolit kelimesi ilk defa İsveçli mineralog Cronstedt tarafından kullanılmış olup 1756 yılından bu yana kullanılmaktadır (Coombs ve ark., 1998). Türkiye de ise zeolitin varlığı 1971 yılından bu yana bilinmektedir. Ülkemizde bulunan zeolit minerali klinoptilolit, hölandit ve analsim gibi minerallerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Ülkemizde bulunan zeolit maden rezervleri Şekil 1.3'te gösterilmiştir. Zeolit köken olarak volkanik kayalardan elde edilmektedir ve kristal yapıda olup hidrasyona uğramış alüminyum silikatlardır. Zeolit materyali tarım ve hayvancılıkta, maden-metalürjide, kirlilik kontrolünde, sağlık sektöründe, kağıt sektöründe ve inşaat sektöründe olmak üzere birden fazla alanda kullanılmaktadır (Gülen ve ark., 2012). Zeolit aynı zamanda gübre kokularının bastırılmasında, volkanik arazilerde bulunan toprakların pH seviyesinin dengelenmesinde ve karbondioksitin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (Çağın ve İmamoğlu, 2005; MTA, 2022).



Şekil 1.3. Türkiye'deki zeolit maden yatakları (MTA, 2022)

1.3.2. Talaş

Talaş ağaç endüstrisinden elde edilen organik bir malzemedir. Talaş kereste fabrikalarında veya ahşap işleme yapılan atölyelerde ağaçların kesilmesi ile ortaya çıkan parçacık veya kırıntılardır.

Talaşın kullanıldığı alanlar;

- Kağıt üretim tesisleri
- Peyzaj
- Sunta, Yonga, Levha, MDF üretim tesislerinde

İnce talaşın kullanıldığı alanlar;

- Geri dönüşüm tesislerinde
- Isı yalıtım sistemlerinde
- Demir çelik üretim tesislerinde
- Kompozit üretim tesislerinde
- Biyoenerji tesislerinde
- Pelet üretim tesislerinde

Kaba talaşın kullanıldığı alanlar;

- Tavuk üretim tesislerinde
- Hayvan çiftliklerinde altlık olarak kullanıldığı görülmektedir (Anonim, 2020)

1.4. Sularda Bulunan Kirleticiler

Su kirliliğinin nedenlerinden en önemlisi suyun iyi bir çözücü olmasıdır ve oluşan kirliliğinin nedeni çözdüğü maddenin yapısına bağlıdır. Su; alkol, üre ve şeker gibi organik maddeleri iyi çözerken bazı tuzları ve hidrokarbonları çözemez. Çözünme ile beraberde suyun özelliği değişir ve kullanılabilir durumda olan su kullanılamaz hale gelir. Yağışlar sonucu çözücü etkisiyle anyon ve katyonları içerisine alan su, yüzey akışıyla yer altı sularına karışmaktadır (Doğan ve Saylak,2000). Su kirliliğinin en önemli diğer nedenleri arasında da evlerde, tarımda ve endüstride kullanılan suların barajlara, göllere ve akarsulara deşarj edilmesiyle kullanılabilir suyun kirlenmesine neden olmaktadır. Atık sularda en çok karşılaşılan kirlilik parametreleri ise fosfor ve azottur (Özgüven ve ark., 1997).

1.4.1. Fosfor

Fosfor hayatımızın birçok yerinde kullandığımız sabun, deterjan, şampuan gibi malzemelerin içerisinde temizleyici madde olarak bulunmaktadır. Fosfor içeren tarımsal gübrelerin de kullanımı sonucu fosfor ile kirlenmiş suların alıcı ortamlara deşarj edilmesi sonucunda ötrofikasyon meydana gelerek temiz su kaynakları kirlenmektedir.

Atık sularda fosfor kirliliğinin giderilmesi amacıyla ters osmoz, elektrodializ ve aktif karbon gibi yöntemler kullanılabilir (Yeoman ve ark.,1988; Taş ve ark., 2007). Bu yöntemlere alternatif olarak yapay sulak alanlarda adsorban kullanımı ile de atık sulardan fosfor giderimi sağlanabilmektedir (Kanarya, 2018).

1.4.2. Azot

Azot, kimyasal gübre kullanımı sonucunda nitrat, üre ve amonyum formlarında tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde yoğun gübre kullanımı ve hayvansal üretim neticesinde ortaya çıkan ürenin yağışlarla ve sulama ile fazla azotun yıkanarak yeraltı sularına karışması ile azot kirliliği meydana gelmektedir. Yeraltı suyu akışları ile azot bulaşmış sular yüzey sularına ulaşabilir ve bu ortamlardaki azot:fosfor dengesini bozarak ötrofikasyona ve alg oluşumuna neden olabilir (Bolger ve Stevens, 1999).

1.5. Kolon Denemeleri

Akçakoca ve Gökalp, (2020) yapay sulak alanlarda kullanılan dolgu malzemesine alternatif olarak zeolit ve pumis kullanmışlardır. Atık sularda bulunan fosfor giderimi performanslarını incelemek amacıyla laboratuvar ortamında kolon denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Yürüttükleri denemede 10, 20 ve 40 ppm derişimde fosfor içeren çözeltiler kullanmışlardır. Kolonlara zeolit ve pumisi farklı oranlarda karıştırarak kullanmışlardır. Kolonlarda bulunan materyallere 96 saat boyunca hazırlanmış olan 10, 20 ve 40 ppm derişimlerde çözeltiler uygulanmıştır. Yapılan deneme sonucu pumisin zeolitten daha yüksek fosfor tutma performansı sağladığını bildirmişlerdir.

Kim ve ark, (2003) yağmur sularının arıtılması ve nitrat azotunun giderilmesi amacıyla biyolojik tutma konsepti gerçekleştirmişlerdir. Deney dört aşamada yapılmıştır. Aşamaların ilk ikisinde kolon denemelerinde yonca, yaprak malç, gazete, talaş, buğday samanı ve ağaç yongaları kullanılmış ve deneme sonucunda %80'e varan oranda nitrat giderimi saptanmıştır. Elde edilen değerlere göre materyallerin atık sulardan azot giderim etkinliği sağladıklarını bildirmişlerdir.

Aydın ve Kuleyin, (2011) yürüttükleri çalışmada Samsun ilinde bulunan atık deposundan temin edilen sızıntı suyunda bulunan amonyum formunda azotu uzaklaştırmak için kolon denemesi yapmışlardır. Kolon denemesinde Manisa ili Gördes ilçesinde bulunan zeolitler

kullanılmıştır. Yapılan denemede 3 farklı akış hızının giderim etkinlikleri de incelenmiş ve çalışma sonucunda en ideal akış hızının $0.0043 \text{ cm}^3/\text{sn}$ olduğu belirlenmiştir. Zeolitin %100 doygunluğa ulaşmasıyla rejenerasyon işlemi yapılmış ve bu işlem sonucu azot miktarında yaklaşık %32.52'lik bir düşüş olduğu görülmüştür.

Booker ve ark., (1996) denemede zeolitin kanalizasyon sularında bulunan amonyağı tutma kapasitesini belirlemek amacıyla laboratuvar ortamında kolon denemeleri yürütmüşlerdir. Denemede zeolitin kanalizasyon sularındaki 25 ila 50 ppm arasındaki $\text{NH}_4\text{-N}$ tutarak 1 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ altına düşürdüğü ve zeolitin amonyağı tutma kapasitesinin oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir.

Gagliano ve ark., (2022) yürüttükleri denemede zeolitin amonyum giderimi kapasitesini incelemişlerdir. Kolonlara yerleştirilmiş olan malzemeye 10 ve 40 mg L^{-1} 'lik amonyum çözeltileri uygulanmıştır. Denemede en yüksek adsorpsiyon kapasitesinin 70°C 'de $\sim 18.4 \text{ mg g}^{-1}$ olduğu gözlemlenmiştir. Gözlemlenen amonyum adsorpsiyon kapasitesinin literatürde belirtilen doğal veya sentetize zeolitlerden daha fazla olduğu belirtilmiştir. Zeolitin rakip iyonlar bulunduğu (örneğin kalsiyum iyonu) musluk suyu ve atık sular için giderim performansının azalmasına rağmen amonyum giderim performansının iyi olduğu görülmüştür.

Guaya ve ark., (2015) kolon denemelerinde atık sularda bulunan fosfat ve azot uzaklaştırılması amacıyla zeolit materyaline hidratlı alüminyum oksit eklenerek karıştırılmıştır. Karışım materyalinin, zeolitin yalın halde kullanımıyla karşılaştırılmasında fosfat tutma kapasitesinin 0.6 mg/g P 'den 7.0 mg/g P 'ye yükselirken azot tutma kapasitesinin 33 mg/g N 'den 30 mg/g N 'ye düştüğü gözlemlenmiştir.

Olgun ve ark., (2013) yapılan çalışmada kesikli ve sürekli besleme ile kolonlarda akış gerçekleştirilerek bor mineralinin atığı ve ısıtılmış işlem görmüş olan bor minerali atığının fosfor ve azot giderim performansları incelenmiştir. Isıtılmış işlem görmüş olan bor atığının adsorpsiyon kapasitesi 63.2 ve 52.5 mg g^{-1} olarak tespit edilmiştir. Yapılan kolon denemesi sonucunda ısıtılmış işlem görmüş olan bor atığının fosfor ve azot gideriminde potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

Uğurlu ve ark., (2003) yürüttükleri çalışmada uçucu külün atık sulardaki fosfor ve azot giderim performansları incelenmiştir. Deneyde uygulanan çözeltilerin pH seviyesi, uçucu

külün tanecik boyutu, sıcaklık ve sürenin fosfor ve azot giderim performansları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneme sonucu ideal pH seviyesinin fosfor ve azot giderimi için 3.0 civarında olduğu belirtilmiştir. Atık sularda fosfor ve azot giderimi için uçucu külün potansiyel bir adsorban olabileceği tespit edilmiştir.

Uzun ve ark., (2021) yürüttükleri denemede %100 kum, %100 pumis ve %100 zeolit olacak şekilde yalın halde ve birbirleriyle homojen olarak karışımları (%75-25, %50-50, %25-75) kullanmışlar ve bu malzemelerin fosfor adsorpsiyon kapasitelerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada 10, 20 ve 40 ppm derişimde fosfor içeren çözeltiler uygulanmış ve farklı zamanlarda örnekler alınmıştır (24., 48., 72. ve 96. saat). Alınan örnekler üzerinde pH, EC ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Deneme sonucunda en iyi sonuca pumis ve kum karışımında varılmıştır.

Hussain ve ark., (2007) çalışmada kullanılacak materyalin maliyetinin düşük olmasından dolayı adsorban olarak kireç taşı ve granüler aktif karbonu karışım halinde kullanmışlardır. Hazırlanmış olan karışımın atık sularda bulunan amonyak formundaki azotu giderim performansını incelemişlerdir. Alttan beslemeli kolonlar kullanılarak yürüttükleri çalışmalarında filtre malzemesine azot içeren çözeltiler uygulanarak filtre malzemesi doyunluğa ulaşana dek (120-150 dk) örnekleme yapmamışlardır. Deneme sonucunda kireç taşının aktif karbon ile karışımının $\text{NH}_4\text{-N}$ tutma kapasitesinin yüksek olduğu ancak hem etkinliği hem de maliyeti azaltmak adına karışımındaki kireç taşı oranının arttırılabileceği, kireç taşının aktif karbona göre daha iyi bir tutucu olduğu belirtilmiştir.

Montalvo ve ark., (2011) atık sularda bulunan azot ve fosfor ötrofikasyon sorunlarına neden olabilir ve bu durumda arıtma maliyetinin artmasına neden olabilmektedir. Bu denemede ise hem maliyeti azaltmak hem de etkinliği arttırmak adına zeolit ve kireç taşı kullanılmıştır. Zeolit ve kireç taşının kullanımıyla hem azot ve fosforu tutma kapasitesi arttırılmaya çalışılmış hem de maliyet azaltılmaya çalışılmıştır. Deneme sonucunda uygulamanın %98 NH_4^+ giderimi ve %100 fosfor giderimi sağladığı belirlenmiştir. Uygulama ile birlikte zeolit ve kireç taşının kanalizasyon sularında arıtma işleminde uygun olduğu belirtilmiştir.

Zeng ve ark., (2004) çalışmada atık sulardaki fosfor giderim performansının belirlenmesi amacıyla laboratuvar ortamında demir oksit kullanmışlardır. Yapılan

denemede artık materyalin fosfat adsorpsiyonu ve desorpsiyon özelliklerinin değerlendirilmesi üzerinde durmuşlardır. Adsorpsiyon izotermi, kinetiği, pH etkisi ve desorpsiyon kesikli deneylerde incelemişlerdir. Çalışmada pH değerlerinin artmasıyla demir oksitin fosfat adsorpsiyon kapasitesinin düştüğünü ve demir oksitin düşük maliyetleri ve yüksek kapasiteleri nedeniyle, bu tip demir oksit tortularının, atık sudan fosfatın uygun maliyetli bir şekilde uzaklaştırılması için kullanılma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang ve ark., (2020) yaptıkları çalışmada kendinden tasarlanmış bir foto-biyoreaktörde atık sularda bulunan fosfor, azot ve amonyumu tutma kapasitesinin belirlenmesi amacıyla materyal olarak çam talaşlarını kullanmışlardır. Yaptıkları deneme sonucunda çam talaşının atık sulardaki fosforu tutma kapasitesinin %97 dolaylarında olduğu, azotu tutma kapasitesinin %95,54 ve amonyağı tutma kapasitesinin %96,10 olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, alg biyokütlesi ve katma değerli yan ürün üretimi ve atık su arıtımı için biyo-taşıyıcı bazlı biyofilm teknolojisinin kullanılmasının fizibilitesini ve geniş uygulanabilirliğini tam olarak gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bellier ve ark., (2006) Çalışmalarında Kuzey Amerika'da bulunan apatit ve kireç taşı materyalinin fosfor giderim performansı test etmişlerdir. Denemede Florida'da bulunan tortul apatit ve Quebec'te bulunan magmatik apatit minerallerini kullanmışlardır. Yaptıkları kolon denemelerinde tıkanma olmasını engellemek amacıyla 2,5 ile 10 mm arasında değişen granül boyutu kullanmışlardır. Denemenin 24. saatinde 0,3 mg P/g apatit olduğunu belirlediler. Sonraki süreçte 30 mg P/L sentetik atık madde hazırlandı ve 39 gün boyunca kolon denemesi ile uygulama yapıldı. Denemede %50-%50 apatit ve kireç taşı karışımının 15 gün süre içerisinde yüksek fosfor tutma kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Denemenin 15. gününden sonra ise 39. güne kadar fosfor tutma kapasitesinin %65'in altına düştüğünü tespit etmişlerdir.

Adam ve ark., (2007) Atık sularda bulunan fosfor elementi giderimi performansını belirlemek amacıyla yukarı akış kolonlarında filtralite-p materyali ve kabuklu kum kullanmışlardır. Kolonların ikisi filtralite-p ile biri ise kabuklu kum ile doldurulmuştur. Denemede 303 gün boyunca Ca, Mg, pH ve fosfor değerlerini ölçmüşlerdir. Denemede filtralite-p ile dolu olan iki kolon için sırasıyla fosfor giderim performanslarını %92 ve %91, kabuklu kum ile dolu olan kolonda ise %54 olarak bulmuşlardır. Filtralite-p materyalinin fosfor tutma kapasitesinin uzun süre boyunca koruduğunu tespit etmişlerdir.

Uygulamalarında düşük başlangıç konsantrasyonlarında filtralite-p'nin daha iyi bir emme kapasitesine sahip olduğunu ancak daha yoğun kirleticiler içeren atık sularda kabuklu kumunda daha yüksek fosfor tutma kapasitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Ho ve ark., (1992) çalışmalarında boksit elementinin arıtılması sonucunda elde edilen kırmızı çamurun ve kumun kanalizasyon sularında bulunan fosfor ve azotu tutma kapasitelerini incelemişlerdir. Çalışmayı iki aşamaya bölmüşler ve ilk aşamada kum içerisine %30 daha sonrasında %20 ve %10 kırmızı çamur ekleyerek uygulama yapmışlardır. İkinci aşamayı ise kırmızı çamur içerisine %30, %20 ve %10 kum karıştırarak gerçekleştirmişlerdir. %70 kum-%30 kırmızı çamur uygulamada %24 azot giderimi, %80 kum-%20 kırmızı çamur uygulamada %9 azot giderimi ve %90 kum-%10 kırmızı çamur uygulamada çok düşük azot giderim performansı olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada yapılan fosfor analizleri sonucunda %70 kum-%30 kırmızı çamur uygulamada %91 fosfor giderimi, %80 kum-%20 kırmızı çamur uygulamada %63 fosfor giderimi ve %90 kum-%10 kırmızı çamur uygulamada %50 fosfor giderimi tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda kırmızı çamur oranının azalmasının fosfor ve azot tutma kapasitesine negatif yönde etki ettiğini ve boksit elementinin arıtılması sonucunda elde edilen kırmızı çamurun fosfor ve azotu tutma kapasitesinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Çalışmada atık sulara bulunan fosfor ve azot gideriminde zeolit ve talaşın kullanılabilirliğini test etmek amacıyla laboratuvar koşullarında kolon denemeleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen numunelerde pH, EC, toplam azot ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan zeolit ve talaş 1 mm ve 2 mm'lik eleklerden geçirilerek iki elek arasında kalan materyal kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan zeolite ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 2.1. ve Tablo 2.2. de verilmiştir. Zeolitin element içerikleri ise tarafımızca yapılmıştır ve tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Zeolitin fiziksel özellikleri (Abdel-Rahim ve Mohamed, 2017)

ÖZELLİK	ARALIK
Renk	Beyaz/Gri/Yeşil
Sertlikleri	3.5-5.5
Isıl Kararlılık	500-1.000 °C
İyon Değişimi Kapasitesi	1.6 – 2.0 MEq/gm
Su Afinitesi	Hidrofilik- Hidrofobik
Su Kapasitesi	< % 1- ağırlığın ~ %25
Yoğunlukları	800 – 1041 kg/m ³
Gözenek çapı	0.4 – 0.7 nm
Parçacık boyutu	0.65 nm
Nem	% 10 dan daha az

Tablo 2.2. Zeolitin kimyasal bileşimi (Mol ve Funda, 2001)

Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	H ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	B (ppm)
%	71.29	13.55	1.15	3.50	5.90	1.96	0.70	0.60	30

Tablo 2.3. Zeolitin element içerikleri

Elementler	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
ppm	0.07	2.27	7.56	6.22	122.32	6.03	12.17	19.17

Çalışmada kullanılan talaşa ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 2.4. ve Tablo 2.5. de verilmiştir. Talaşa ait element içerikleri ise laboratuvar ortamında yapmış olduğumuz analizler sonucunda elde edilmiş ve tablo 2.6. de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Talaşın fiziksel özellikleri (Alemdağ ve Şeref, 1967)

ÖZELLİK	ARALIK
Nem oranı	%15-20
Elastiklik modülü	10070.14 N/mm ²
Eğilme direnci	104.21 N/mm ²
Yüzey Alanı	1-2 mm
Viskozite	3000±2000mPas
Basınç direnci	55.94 N/mm ²
Yoğunlukları	0.496-0.551g/cm ³
pH	3-8
Donma direnci (°C)	-300

Tablo 2.5. Talaşın kimyasal özellikleri (Anonim, 2021)

Bileşen	Selüloz C ₆ H ₁₀ O ₅	Lignin	Hemüselüloz	H ₂ O	Holoselüloz
%	50-60	14-23	15-25	60.0	65

Tablo 2.6. Talaşın Element İçerikleri

Elementler	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
ppm	0,19	0,08	2,31	1,15	17,81	0,35	0,12	4,37
Elementler	B	Ca	Fe	K	Mg	Na	P	S
ppm	2,39	681,53	59,09	14,61	143,32	34,07	38,48	28,78

Çalışmada cam malzemeden üretilen 60 cm boyunda ve 3 cm iç çapa sahip olan kolonlar kullanılmıştır. Denemede kolonlar içerisine belirlenen sürede belirlenen miktarda sıvının aktarılmasını sağlamak amacıyla LongerPump marka BT100-1L model 12 kanallı Peristaltik pompa kullanılmıştır. Denemede kullanılan olduğumuz düzenek Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan düzenek

Kolon denemesinde filtre malzemesi olarak zeolit ve odun talaşı kullanılmıştır. Materyaller, %100 talaş, %100 zeolit, %75 talaş-%25 zeolit, %50 talaş-%50 zeolit ve %25 talaş-%75 zeolit olarak cam kolonlara 100 cm³’lük hacimde eklenmiş daha sonrasında peristaltik pompa vasıtasıyla 5 ml/dk akış hızında laboratuvar koşullarında hazırlanan sentetik atık sular uygulanmıştır. Sentetik atık sular potasyum nitrat (KNO₃) ve potasyum dihidrojen fosfat (K₂PO₄) kullanılarak 10 ppm, 25 ppm ve 50 ppm derişimlerde hazırlanmıştır.



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan zeolit ve talaş materyalleri

2.2. Metot

2.2.1. Numune Alma

Uygulamada önceden hazırlanmış olan fosfor ve azot içerikli çözeltilerimiz tanklara alınmıştır. Tanklarda bulunan çözeltilerimiz peristaltik pompa yardımıyla kullanmış olduğumuz talaş ve zeolit materyallerine uygulanmıştır. Uygulamanın 3., 6., 12., 24., ve 48. saatlerinde kullanmış olduğumuz kolonlardan 40 ml örnekler alınmış ve alınan örneklerde pH, EC ve azot analizleri yapılmıştır. Fosfor analizi için alınan örnekler alınmış ve deneme sonuna kadar +4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

2.2.2. pH Tayini

pH analizi Hanna marka HI-5522 model pH metre ile yapılmıştır. Çalışmada kullanılan cihaz Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

2.2.3. EC Tayini

EC analizleri Hanna marka HI-5522 model EC metre ile yapılmıştır. Çalışmada kullanılan cihaz Şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan pH, ISE ve EC metre

2.2.4. Toplam Fosfor Tayini

Çalışmada fosfor analizi mavi renk metoduna göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır. Denemede 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde örnekler alınmıştır. Örneklerde fosfor analizi yapmak için 5 ml alınarak 25 ml'lik balon jodelere aktarılmış ve saf su ile seyreltme işlemi yapılmıştır. Seyreltme işlemi yapılan örneklere 5 ml askorbik asit eklendikten sonra kalan hacim saf su ile tamamlanmıştır. Homojen karışımın sağlanması amacıyla fosfor analizi için hazırlanan örnekler çalkalanmış ve renk değişimi gözlemlenmiştir. Balon jodelerde hazırlanmış olan örneklerden 0.3 ml alınarak pleyte yerleştirilmiş ve spektrofotometre cihazı ile 882 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır.



Şekil 2.4. Örneklerde yapılan fosfor analizi

2.2.5. Toplam Azot Tayini

Toplam azot analizinde 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde almış olduğumuz örneklerden 10 ml alınarak üzerlerine 0.2 ml ISA (Ionic Strength Adjuster) eklenmiş ve karıştırılmıştır. Hanna marka HI-5522 model iyon metre cihazında nitrat analizi yapmak için Hanna marka HI-4113 model iyon probu kullanılmış ve analiz yapılmıştır. Elde edilen bulgular 4.43 rakamına bölünerek nitratta bulunan azot miktarı tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen analizi Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Örneklerde yapılan nitrat analizi

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

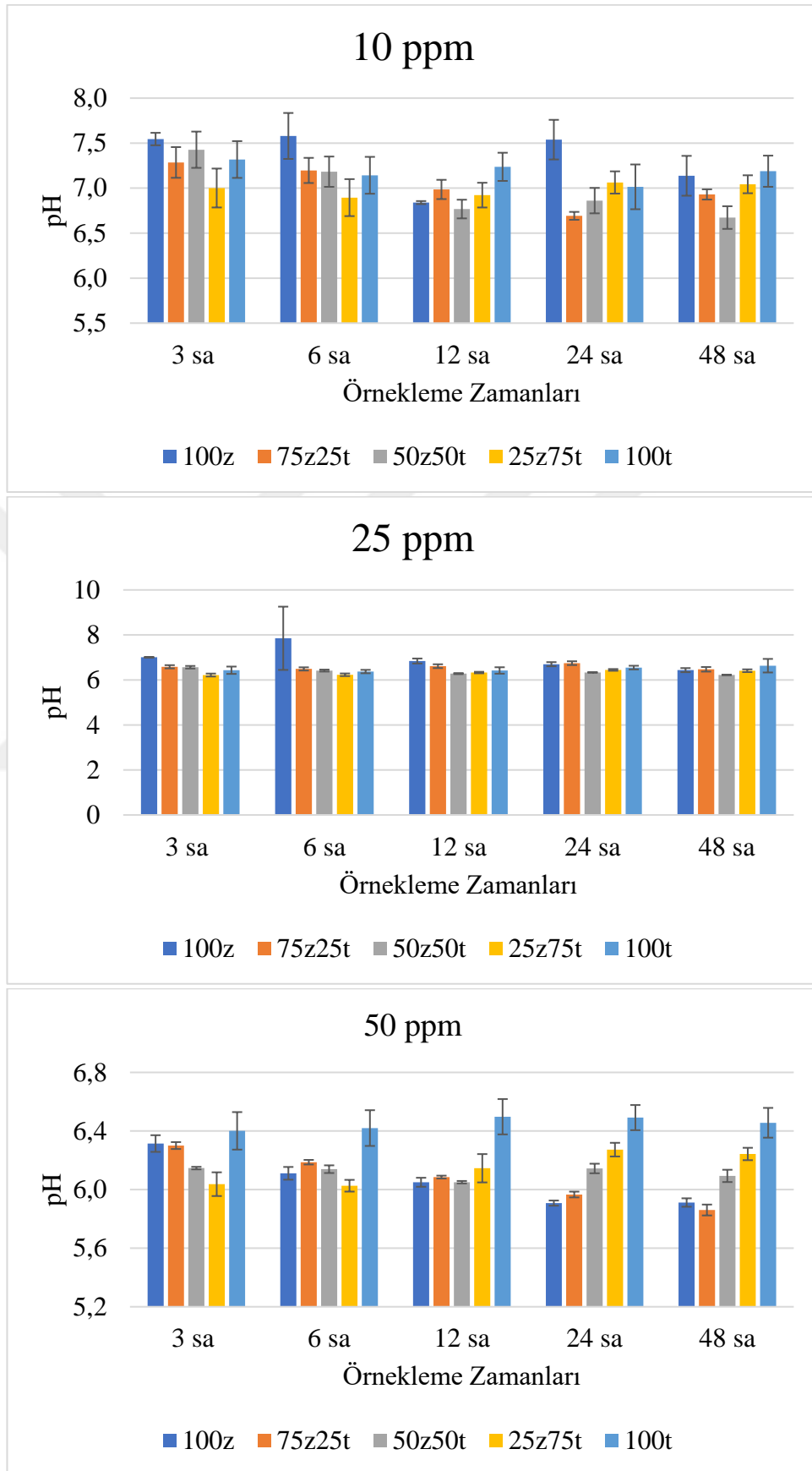
Zeolit ve talaşın atık sularındaki fosfor ve azot giderimi performansının incelenmesi için yapmış olduğumuz analizler laboratuvar ortamında kolon denemelerinde yapılmıştır. Alınan örneklerde pH, EC, toplam azot ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır.

3.1. pH Değerinin Arıtma İşlemi Esnasında Uğradığı Değişim

Çalışmada alınan örnekler üzerinde pH analizleri yapılmış ve elde edilen değerler Tablo 3.1’de verilmiştir. Zamana bağlı değişimleri ise Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Belirli saatlerde (3., 6., 12., 24. ve 48. saat) alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen pH analizlerinde elde edilen değerler incelendiğinde değerlerin 6.03 ile 7.85 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın yayınladığı Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği’nde atık suların alıcı ortamlara deşarj edilebilmesi için pH değerlerinin 6 ile 10 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (SKKY, 2004; EK.1).

Tablo 3.1. Çalışma esnasındaki pH değişimi

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Talaş	10	7.32	7.14	7.24	7.01	7.19
	25	6.43	6.37	6.42	6.55	6.63
	50	6.40	6.42	6.50	6.49	6.46
%75 T + %25 Z	10	7.00	6.89	6.92	7.06	7.04
	25	6.22	6.23	6.33	6.45	6.41
	50	6.04	6.03	6.15	6.27	6.24
%50 T + %50 Z	10	7.43	7.18	6.77	6.86	6.67
	25	6.56	6.42	6.28	6.33	6.22
	50	6.15	6.14	6.05	6.14	6.09
%25 T + %75 Z	10	7.29	7.20	6.99	6.69	6.93
	25	6.59	6.49	6.61	6.75	6.47
	50	6.30	6.19	6.09	5.97	5.86
Zeolit	10	7.55	7.58	6.84	7.54	7.14
	25	7.01	7.85	6.84	6.70	6.44
	50	6.31	6.11	6.05	5.91	5.91



Şekil 3.1. pH değerlerinin zamana bağlı değişimi

Çalışmada yapılan pH analizleri sonucunda değerlerin uygulanan çözeltinin derişimine bağılı olarak azaldığı ve zaman içerisinde fazla değişim göstermediği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar yönetmeliğe uygun olduğu ve giderim performanslarının iyi olabilmesi için pH değerlerinin düşük olması gerektiği görülmektedir.

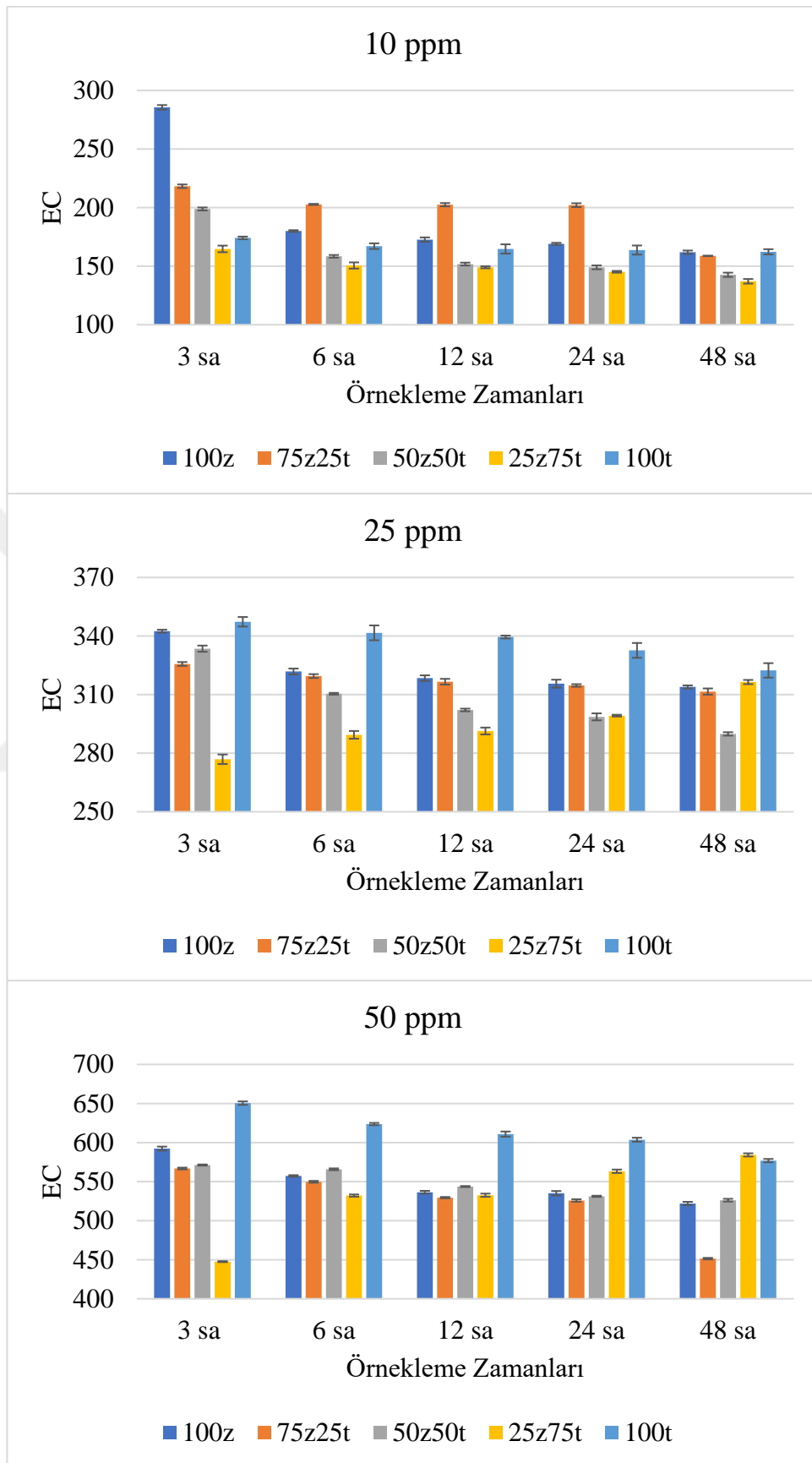
3.2. EC ($\mu\text{S/cm}$) Değerinin Arıtma İşlemi Esnasında Uğradığı Değişim

Çalışmada 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde örnekler alınmış ve EC analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen değerler Tablo 3.2’de verilmiştir. Zamana bağılı değişimleri ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Analiz sonucu EC değerlerinin 150.6 ile 662.7 arasında değiştii gözlemlenmiştir. İlgili bakanlığın yapmış olduğu açıklamadan ideal EC değerinin 2000 $\mu\text{S/cm}$ altında olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004; EK.1).

Tablo 3.2. Çalışma esnasındaki EC değişimi

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Talaş	10	174.1	167.1	164.7	163.7	162.2
	25	347.3	341.6	339.5	332.6	322.4
	50	650.5	623.7	610.8	603.6	576.9
%75 T + %25 Z	10	164.7	150.5	149.0	145.2	137.1
	25	276.9	289.4	291.3	299.2	316.4
	50	447.5	532.1	532.6	563.2	584.2
%50 T + %50 Z	10	198.8	158.4	151.8	149.0	142.6
	25	333.5	310.4	302.1	298.6	289.8
	50	571.2	565.8	543.7	531.22	526.2
%25 T + %75 Z	10	218.2	202.7	202.4	202.0	158.8
	25	325.7	319.5	316.6	314.7	311.5
	50	566.8	549.7	529.5	525.8	451.4
Zeolit	10	285.5	180.0	172.7	169.0	161.9
	25	342.5	321.8	318.4	315.6	313.9
	50	592.3	557.3	536.4	535.1	521.9

Yapılan EC analizleri sonuçları değerlendirildiğinde materyallerin değişimi ile de değerlerin orantısal olarak birbirlerine yakın olduğu ve elde edilen sonuçların yönetmeliğe uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 3.2. EC değerlerinin zamana bağlı değişimi

3.3. Besin Elementlerinin Arıtma İşlemi Esnasında Uğradığı Değişim

Çalışmada 3., 6., 12., 24. ve 48. saatte örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde nitrat azotu ve fosfor analizi yapılarak zeolit, talaş ve karışımlarının azot ve fosforu tutma kapasiteleri belirlenmiştir.

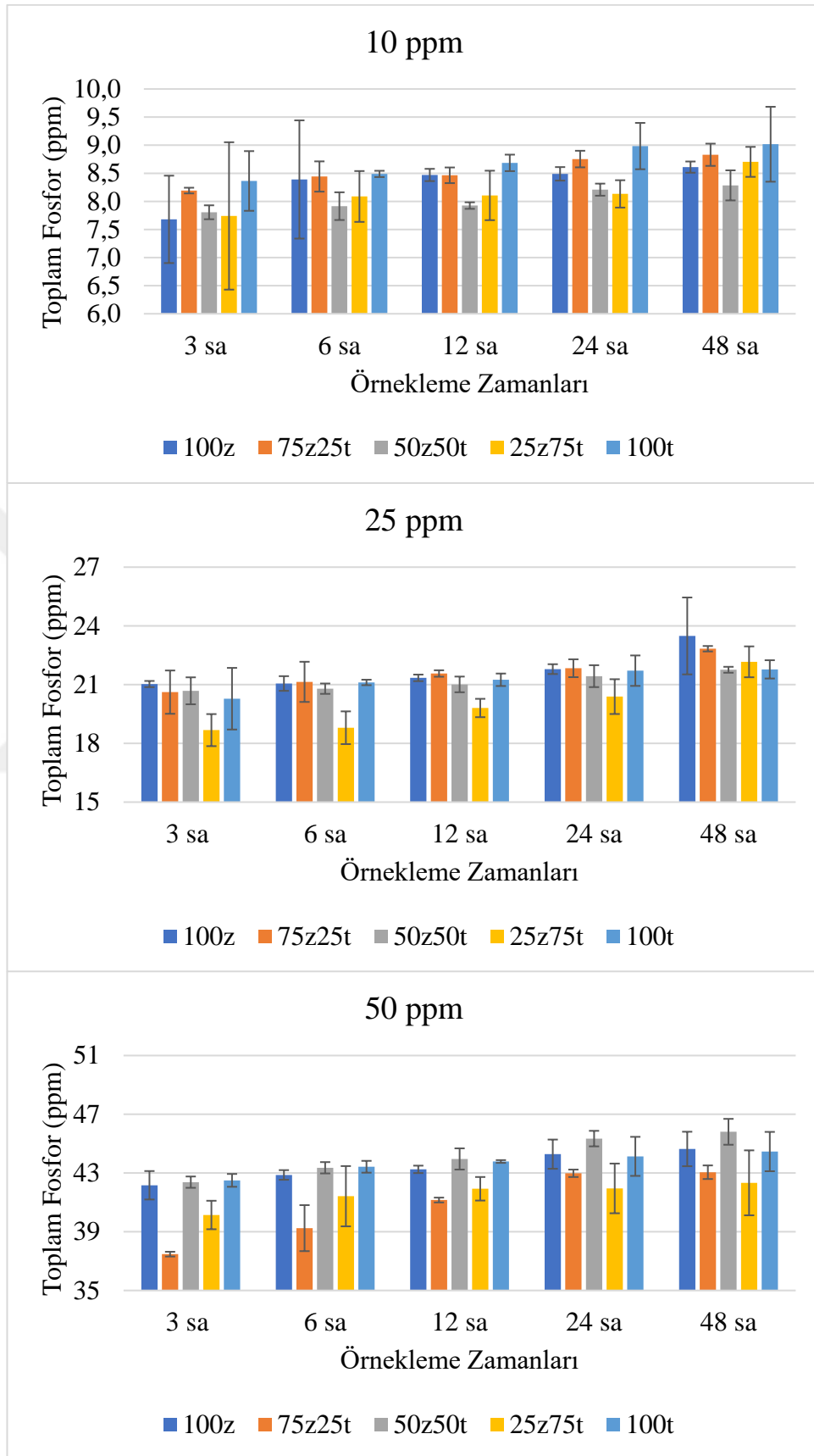
3.3.1. Toplam Fosfor

Çalışmada kullandığımız materyallerin fosfor tutma kapasiteleri araştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre en yüksek giderim performansına %75 T + %25 Z karışımında yapılan 25 ppm uygulamanın 3. saat örneğinde %25.29 olarak ulaşılmıştır. Denemede en düşük fosfor giderim performansı ise %100 zeolitte 25 ppm uygulamanın 48. saatinde %6.05 olarak tespit edilmiştir.

Alınan örneklerde yapılan fosfor analizleri sonuçları Tablo 3.3'te belirtildiği gibidir. Elde edilen sonuçlara bakılarak yapılmış olan analizler sonucunda materyalin fosfor tutma performansının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Çalışma esnasında fosfor içeriklerinin değişimi (ppm)

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Talaş	10	8.36	8.49	8.69	8.98	9.02
	25	20.28	21.11	21.25	21.71	21.78
	50	42.50	43.42	43.78	44.13	44.46
%75 T + %25 Z	10	7.74	8.09	8.11	8.13	8.70
	25	18.68	18.80	19.81	20.39	22.17
	50	40.14	41.42	41.93	41.95	42.33
%50 T + %50 Z	10	7.81	7.92	7.93	8.21	8.29
	25	20.69	20.79	21.01	21.43	21.76
	50	42.38	43.36	43.96	45.34	45.81
%25 T + %75 Z	10	8.19	8.44	8.46	8.75	8.83
	25	20.62	21.14	21.57	21.84	22.83
	50	37.47	39.25	41.16	42.98	43.05
Zeolit	10	7.68	8.39	8.47	8.49	8.61
	25	21.03	21.06	21.35	21.79	23.49
	50	42.16	42.87	43.25	44.28	44.64



Şekil 3.3. Toplam fosfor içeriklerinin zamana bağlı değişimi

Denemede materyallerimizin fosfor tutma performanslarının yüzdesel oranları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Materyallerin fosfor giderim performansları (%)

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Talaş	10	16.37	15.11	13.15	10.16	9.83
	25	18.87	15.55	15.00	13.15	12.88
	50	15.00	13.15	12.43	11.74	11.08
%75 T + %25 Z	10	22.59	19.12	18.94	18.67	12.97
	25	25.29	24.80	20.77	18.45	11.34
	50	19.72	17.16	16.15	16.10	15.34
%50 T + %50 Z	10	21.94	20.85	20.74	17.91	17.15
	25	17.26	16.82	15.95	14.27	12.96
	50	15.25	13.29	12.09	9.31	8.39
%25 T + %75 Z	10	18.07	15.57	15.36	12.47	11.71
	25	17.53	15.43	13.73	12.65	8.66
	50	25.05	21.51	17.68	14.04	13.90
Zeolit	10	23.17	16.15	15.33	15.11	13.92
	25	15.88	15.77	14.61	12.83	6.05
	50	15.67	14.27	13.50	11.44	10.73

Sonuçlar değerlendirildiğinde zeolit ve talaşın fosfor tutma kapasitesinin yüksek olduğu ve zeolit ile talaş karışımının fosfor tutma kapasitesini yalın halde kullanımlarına göre arttırdığı gözlemlenmiştir.

3.3.2. Toplam Azot

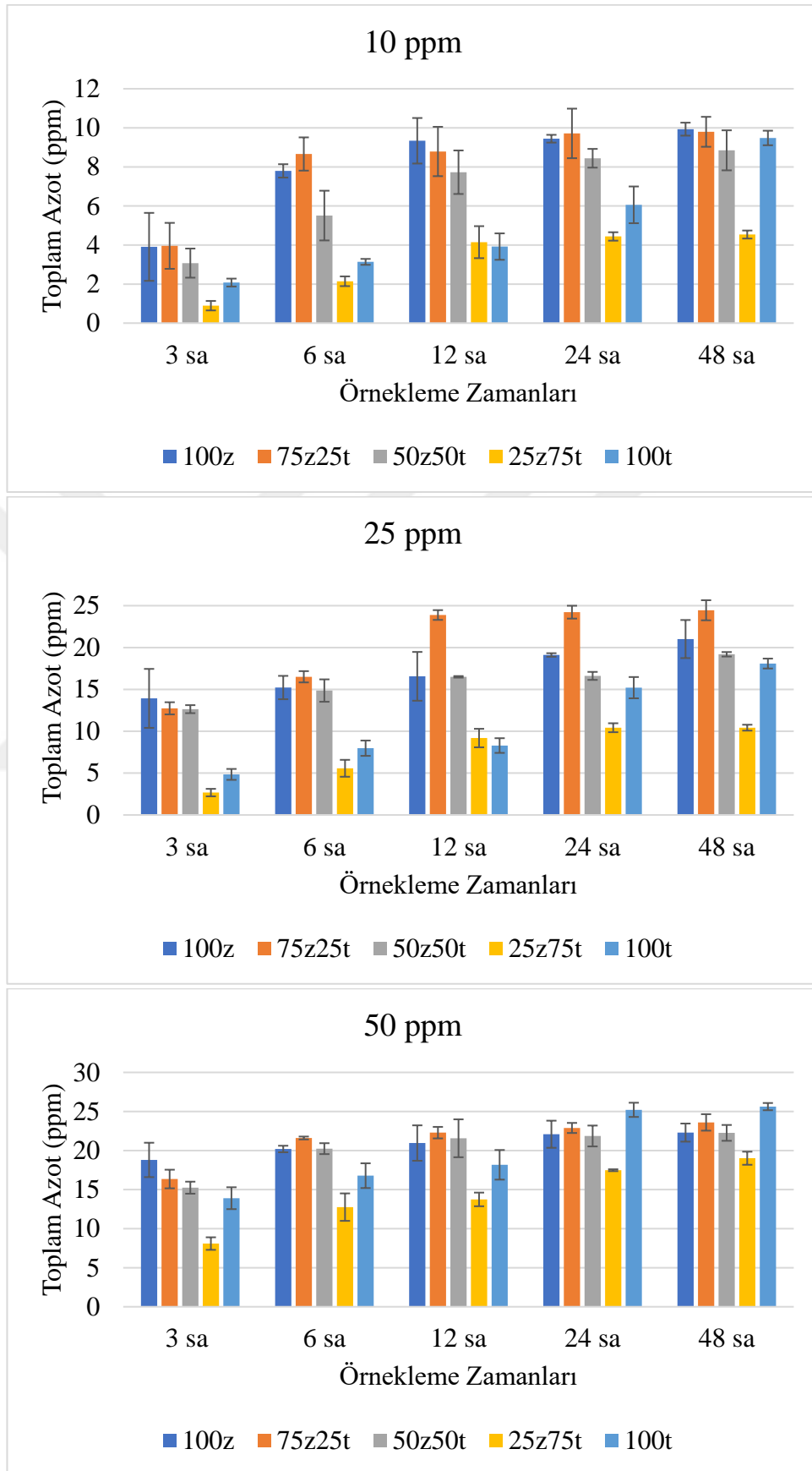
Kullanmış olduğumuz zeolitin, talaşın ve yüzdesel olarak karışımlarının azot tutma kapasitelerine bakılmış ve analiz sonuçları Tablo 3.5'te belirtilmiştir. Yapılan denemelerde alınan numuneler üzerinde nitrat analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek azot giderim performansı %75 T-%25 Z karışımında 10 ppm de yapılan uygulamanın 3. saatinde %91.05 olarak tespit edilmiştir. En düşük azot giderim performansının ise %100 zeolit üzerine gerçekleştirilen 10 ppm uygulamanın 48. saatinde %0,68 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.5'e bakıldığında talaşın ve aynı zamanda zeolit ile karışımlarının azotu tutma kapasitesinin yüksek olduğu ve yönetmeliğe uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.5. Çalışma esnasında azot içeriklerinin değişimi (ppm)

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Talaş	10	2.08	3.14	3.92	6.06	9.48
	25	4.85	7.98	8.29	15.21	18.09
	50	13.90	16.78	18.17	25.21	25.62
%75 T + %25 Z	10	0.89	2.14	4.15	4.44	4.54
	25	2.67	5.58	9.19	10.42	10.43
	50	8.09	12.75	13.74	17.48	19.01
%50 T + %50 Z	10	3.07	5.51	7.73	8.44	8.85
	25	12.64	14.86	16.50	16.61	19.19
	50	15.24	20.24	21.57	21.86	22.26
%25 T + %75 Z	10	3.96	8.66	8.79	9.71	9.80
	25	12.74	16.51	23.89	24.23	24.45
	50	16.35	21.60	22.29	22.89	23.60
Zeolit	10	3.91	7.80	9.34	9.44	9.93
	25	13.93	15.22	16.56	19.11	21.02
	50	18.80	20.20	20.96	22.08	22.29

Zeolit materyali kullanılarak yapılan benzeri denemelerde zeolitin azot tutma kapasitesinin yüksek olduğu belirtilmektedir. Yapmış olduğumuz denemede zeolit ve talaş karışımının azot tutma kapasitesine pozitif yönde bir etki gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Toplam azot içeriklerinin zamana bağlı değişimi

Tablo 3.6. Materyallerin azot giderim performansları (%)

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
Talaş	10	79.22	68.62	60.80	39.43	5.19
	25	80.62	68.10	66.83	39.17	27.64
	50	72.20	66.44	63.66	49.59	48.76
%75 T + %25 Z	10	91.05	78.56	58.54	55.61	54.63
	25	89.30	77.70	63.25	58.31	58.28
	50	83.82	74.49	72.52	65.04	61.97
%50 T + %50 Z	10	69.26	44.92	22.72	15.58	11.51
	25	49.44	40.56	34.00	33.54	23.22
	50	69.51	59.52	56.87	56.28	55.49
%25 T + %75 Z	10	60.42	13.39	12.11	2.86	2.03
	25	49.04	33.97	4.45	3.09	2.18
	50	67.30	56.79	55.43	54.22	52.81
Zeolit	10	60.94	22.05	6.62	5.57	0.68
	25	44.29	39.11	33.75	23.55	15.94
	50	62.41	59.61	58.09	55.83	55.41

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Yürütülen çalışmada %100 zeolit, %100 talaş ve bu iki materyalin %75-%25, %50-%50, %25-%75 karışımları 100 cm³ hacimde cam kolonlara konularak atık sularda bulunan azot ve fosfor giderimleri incelenmiştir. Denemede 48 saat boyunca 10, 25 ve 50 ppm derişimde hazırlanana çözeltiler peristaltik pompa ile materyallerimiz üzerine uygulanmıştır. Uygulamanın 3., 6., 12., 24. ve 48. saatinde örnekler alınmıştır.

Yapılan çalışmada 225 farklı örnek alınmış ve her bir örnekte pH, EC, toplam azot ve toplam fosfor analizi yapılmıştır. Yapılan pH ve EC analizlerinde elde edilen değerlerin Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın vermiş olduğu değerler arasında yer aldığı ve alıcı ortamlara deşarjında herhangi bir tehlike olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmada yapılan fosfor analizlerinde en fazla giderimin %75 T + %25 Z karışımında 25 ppm de 6. saat örneğinde 34,67 olarak, en az giderimin ise %100 zeolitte 50 ppm de 12. saat örneğinde 0.27 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında talaşın gerek yalın halde gerek zeolit ile karışımında yüksek fosfor tutma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.

Yapılan analizler sonucunda en düşük azot gideriminin %25 T - %75 Z karışımında 25 ppm de yapılan uygulamanın 12. saatinde, en yüksek azot gideriminin %75 T - %25 Z karışımında 10 ppm de yapılan uygulamanın 3. saatinde olduğu belirlenmiştir. Nitrat analizlerinde hem zeolitin tek başına hem de talaş ile karışımında sudaki azotu tutma kapasitesinin yüksek olduğu görülmüştür.

4.2. Öneriler

Yapılan çalışmada yapay sulak alanlarda kullanılması amacıyla hem fosfor ve azot tutma kapasitesi yüksek hem de kolay ulaşılabilir alternatif bir materyal olması amacıyla zeolit ve talaş kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında talaşın gerek tek başına gerek zeolit ile birlikte kullanımında materyallerin fosfor ve azot tutma kapasitesinin yüksek olduğu ve materyalin elde edilebilirliğinin kolay olmasından dolayı yapay sulak alanlarda alternatif olarak kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Yapmış olduğumuz denemede talaş ve zeolit materyalleri üzerine 48 saat süreyle 10, 25 ve 50 ppm'lik çözeltiler uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Materyallerle daha uzun süreyle çalışılması durumunda azot ve fosfor tutma performanslarında farklılıklar görülebilir ve talaşın tam olarak performansının saptanması amacıyla tekerrür sayıları ve zeolit ile talaşın karışım oranları değiştirilerek denemeler yapılabilir. Yapılacak olan daha uzun çalışmalarda talaş materyalinin atık sulardaki fosfor ve azot tutma kapasiteleri daha iyi değerlendirilebilir.

Talaş materyalinin, laboratuvar ortamında yapmış olduğumuz denemede azot ve fosfor tutma kapasiteleri göz önüne alındığında kullanılabilir bir materyal olduğu tespit edilmiştir. Laboratuvar ortamında minimize ederek yapmış olduğumuz deneme sonucunda elde ettiğimiz olumlu değerler göz önüne alındığında talaş materyali yapay sulak alanlarda arıtma malzemesi olarak kullanılabilir. Kullanılan talaş arıtma işleminden sonra kullanılmaz duruma geldiğinde ise içerisinde bulundurduğu zengin karbon elementi ile birlikte bitkiler için organik gübre olarak kullanılarak değerlendirilebilir.

Talaş ile yapılacak olan arıtma işlemlerinden sonra atık olarak elde edilen talaş tekrardan kurutularak hayvan altılığı olarak, yalıtım malzemesi olarak, pelet üretim tesislerinde hammadde olarak ve bioenerji tesislerinde kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Abdelhay, A., Abunaser, S.G., 2021. Modeling and economic analysis of greywater treatment in rural areas in Jordan using a novel vertical-flow constructed wetland. **Environmental Management**, **67**(3), 477-488.
- Akçakoca, F., Gökalp, Z., 2020. Yapay Sulak Alanlarda Dolgu Malzemesi Seçimine Yönelik Kolon Test Çalışması. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, **7**(2), 402-410.
- 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, 2022. Zeolit. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Zeolit>. (Erişim Tarihi: 30.06.2022).
- Aydın, F., Kuleyin, A., 2011. The Investigation of Removal NH₃-N From Landfill Leachate Using Zeolite With Continuously System. **Sigma**, **3**, 90-98.
- Bolger, P., Stevens, M., 1999. Contamination of Australian Groundwater Systems with Nitrate. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper, Australia
- Booker, N.A., Cooney, E.L., Priestley, A.J., 1996. Ammonia removal from sewage using natural Australian zeolite. **Water science and technology**, **34**(9), 17-24.
- Cebe, M., Kardaş, F., 2018. Doğa koruma ve çevre eğitimi açısından sulak alanların işlevleri. **Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi**, **4**(1), 29-35.
- Adam, Kinga, Tore Krogstad, Lasse Vråle, Anne Kristine Søvik, and Petter D. Jensen. "Phosphorus retention in the filter materials shellsand and Filtralite P®— Batch and column experiment with synthetic P solution and secondary wastewater." *Ecological Engineering* 29, no. 2 (2007): 200-208.
- Coombs, D.S., Alberti, A., Armbruster, T., Artioli, G., Colella, C., Galli, E., ..., Vezzalini, G., 1998. Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the subcommittee on zeolites of the International Mineralogical Association,

Commission on New Minerals and Mineral Names. **Mineralogical Magazine**, **62**(4), 533-571.

Alemdag, S. (1967). Turkiyedeki saricam ormanlarinin kurulusu, verim gucu ve bu ormanlarin isletilmesinde takip edilecek esaslar.

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.

Çağın,V., İmamoğlu, İ., 2005 “Atıksulardan Ağır Metal Gideriminde Klinoptilolit Kullanımı”, *VI. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, İstanbul.

Çiçek, E., 2004. Subasar ormanların özellikleri ve Türkiye'nin subasar ormanları. **Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University**, **54**(2), 107-114.

Çiftçi, H., Kaplan, Ş.Ş., Köseoğlu, H., Karakaya, E., Kitiş, M., 2007. Yapay sulak alanlarda atıksu arıtımı ve ekolojik yaşam. **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **23**(1-2), 149-160.

Doğan, M., Saylak, M., 2000, Su Kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları No:120, Kayseri, s,142-150.

Anonim, (2021). ”Talaşım kimyasal özellikleri.” <https://tr.wikipedia.org/wiki/Tahta>. (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Dombush, JX, 1989. Natural renovation of leachate-degraded groundwater in excavated ponds at a refuse landfill.” In: In: Hammer, D.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Chelsea, Lewis, pp. 743–752.

DSİ, 2022. Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>, Erişim Tarihi: 20.05.2022

DSİ., 2019. Devlet Su İşleri. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> Erişim Tarihi: 10.12.2022

SARIŞ, F. (2021). Türkiye'de evsel su tedarik ve tüketim istatistiklerinin değerlendirilmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **19**(1), 195-216.

Gülen, J., Zorbay, F., & Arslan, S. (2012). Zeolitler ve kullanım alanları. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, **2**(1), 63-68.

- 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.
- 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(2), 105-118.
- Bellier, Nathalie, Florent Chazarenc, and Yves Comeau. "Phosphorus removal from waswater by mineral apatite." *Water research* 40, no. 15 (2006): 2965-2971.
- EEA, 2006. European Enviromental Agency. Akdeniz bölgesi öncelikli çevre sorunları. Rapor No 4/2006 Luksemburg ISBN 978-92-9167-370-4
- Eugenia Valsami, J., 2004. Phosphorus in Enviromental Technologies Prenciples and Applications. IWA Publishing. Integrated Enviromental Technology Series. UK ISBN 1 84339 001 9
- Anonim, (2020). “Talaşın kullanım alanları”. <https://ornakorman.com/blog-detay/talas-kullanim-alanlari>. (Erişim Tarihi: 30.11.2022).
- Gagliano, E., Sgroi, M., Falciglia, P.P., Belviso, C., Cavalcante, F., Lettino, A., ... Roccaro, P., 2022. Removal of ammonium from wastewater by zeolite synthetized from volcanic ash: Batch and column tests. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 10(3), 107539.
- TÜİK, (2019). “Belediyelerin Atıksu İstatistikleri”. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Atıksu-Istatistikleri-2018-30667#:~:text=Belediyeler%20taraf%C4%B1ndan%204%2C8%20milyar%20m3%20at%C4%B1ksu%20de%C5%9Farj%20edildi&text=Kanalizasyon%20%C5%9Febekesi%20ile%20toplanan%204,di%C4%9Fer%20al%C4%B1c%C4%B1%20ortamlara%20de%C5%9Farj%20edildi>. (Erişim tarihi: 28.11.2022)
- Gökalp, Z., Çakmak, B., 2015. Atık Su arıtmada yapay sulak alan teknolojileri ve uygulamada karşılaşılan sorunlar. 1. *Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi*, 9-11.

- Guaya, D., Valderrama, C., Farran, A., Armijos, C., Cortina, J.L., 2015. Simultaneous phosphate and ammonium removal from aqueous solution by a hydrated aluminum oxide modified natural zeolite. **Chemical Engineering Journal**, **271**, 204-213.
- Mol, F. (2001). *Değişik Oranlardaki Pomza ve Zeolit Karışımlarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Hussain, S., Aziz, H.A., Isa, M.H., Adlan, M.N., Asaari, F.A., 2007. Physico-chemical method for ammonia removal from synthetic wastewater using limestone and GAC in batch and column studies. **Bioresource technology**, **98**(4), 874-880.
- Karapınar, N., 2009. Application of natural zeolite for phosphorus and ammonium removal from aqueous solutions. **Journal of Hazardous Materials**, **170**(2-3), 1186-1191.
- Van Lier, J. B., & Lettinga, G. (1999). Appropriate technologies for effective management of industrial and domestic waste waters: the decentralised approach. *Water Science and Technology*, **40**(7), 171-183.
- Kavurucu, B., Ekmen, E., Yaman, Ö., Yazan, S. Y., Kanmaz, N., Ünver, Ü., 2022. Türkiye’de Endüstriyel Su Tüketimi ve Arıtımı. **İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi**, **3**(1), 19-33.
- Kim, H., Seagren, E.A., Davis, A.P., 2003. Engineered bioretention for removal of nitrate from stormwater runoff. **Water Environment Research**, **75**(4), 355-367.
- Mander, Ü., Mairing, T., 1997. Constructed wetlands for wastewater treatment in Estonia. **Water Science and Technology**, **35**(5), 323-330.
- Mengü, G.P., Akkuzu, E., 2008. Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri. **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **5**(2), 75-85.
- Montalvo, S. J., Guerrero, L. E., Milán, Z., Borja, R., 2011. Nitrogen and phosphorus removal using a novel integrated system of natural zeolite and lime. **Journal of Environmental Science and Health**, **46**(12), 1385-1391.

- MTA, 2022a. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/zeolit>. (Erişim Tarihi: 30.06.2022)
- MTA, 2022b. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/b_h/zeolit.jpg (Erişim Tarihi: 15.07.2022)
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M.A., Balkız, Ö., ... Zeydanlı, U., 2013. Türkiye’de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi, (s 8), 9.
- Olgun, A., Atar, N., Wang, S., 2013). Batch and column studies of phosphate and nitrate adsorption on waste solids containing boron impurity. **Chemical engineering journal**, **222**, 108-119.
- Ho, G. E., Mathew, K., & Gibbs, R. A. (1992). Nitrogen and phosphorus removal from sewage effluent in amended sand columns. *Water Research*, *26*(3), 295-300.
- 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
- Shi, W., Fu, Y., Jiang, W., Ye, Y., Kang, J., Liu, D., ... Xu, Z., 2019. Enhanced phosphate removal by zeolite loaded with Mg–Al–La ternary (hydr) oxides from aqueous solutions: performance and mechanism. **Chemical Engineering Journal**, **357**, 33-44.
- Spalding, R.F., Exner, M.E., 1993 Occurrence of Nitrate in Groundwater—a Review. **Journal of Environmental Quality**, **22**:392–402
- Özgüven, N. Ç., & Katkat, A. V. (1997). Tarımsal uygulamaların su kirliliği üzerine etkileri.

- Tanyol, M., Uslu, G., 2013. Tunceli evsel atıksu arıtma tesisinin arıtma etkinliğinin değerlendirilmesi. **Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 4(2), 24-29.
- Taş, B., Topaldemir, H., 2021. Assessment of Aquatic Plants in the Miliç Coastal Wetland (Terme, Samsun, Turkey). **Review of Hydrobiology**, 14(1).
- 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 fill leachate. In: Hammer, D.A. (Ed.), *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Lewis, Chelsea, pp. 245–251.
- Tunçsiper, B., Akça L., 2006. “Pilot Ölçekli Bir Yapay Sulak Alan Sisteminin Arıtma Performansının İncelenmesi” **İtü dergisi/d Mühendislik Cilt:5**, Sayı:3, Kısım:1, 13-22.
- Türkmen, C., Arcaç, S., 2006. Kentsel Arıtma Çamuru ve Azot Uygulamalarının Kireçli Topraklarda Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri, **Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 20 (40): 121-130
- Abdel-Rahim, M. M. (2017). Sustainable use of natural zeolites in aquaculture: a short review. *Oceanography & Fisheries*, 2(4), 1-5.
- Uğurlu, M., Gürses, A., Yalçın, M., 2003. Uçucu kül kullanılarak bazı inorganik iyonların kağıt atık sularından giderimi. **Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 15(2), 223-231.
- 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.
- Vera, I., Araya, F., Andrés, E., Sáez, K., Vidal, G., 2014. Enhanced phosphorus removal from sewage in mesocosm-scale constructed wetland using zeolite as medium and artificial aeration. **Environmental Technology**, 35(13), 1639-1649.
- Yıldız, N., Yılmaz, S., 2009. Sulak alanların önemi ve Gavur Gölü. *Kahramanmaraş Sempozyumu*, Kahramanmaraş.

- Levent, A. K. S. U. (2011). Dünya’da ve Türkiye’de nüfus analizleri. *İstanbul Journal of Sociological Studies*, (25), 219-311.
- Yılmaz, M.L., Peker S.H., 2013. Su Kaynaklarının Türkiye Açısından Ekono-politik Önemi Ekseninde Olası Bir Tehlike: Su Savaşları, **Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(1), 57-74.
- SKKY (2004). <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspix?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> Erişim Tarihi: 30.12.2022
- Zeng, L., Li, X., & Liu, J. (2004). Adsorptive removal of phosphate from aqueous solutions using iron oxide tailings. *Water research*, 38(5), 1318-1326
- Zhang, Q., Wang, L., Yu, Z., Zhou, T., Gu, Z., Huang, Q., ... & Liu, Y. (2020). Pine sawdust as algal biofilm biocarrier for wastewater treatment and algae-based byproducts production. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120449.

EKLER

EK.1

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1) Cıva (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁼ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Genar ATICI

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

EĞİTİM

Derece	Bölüm / Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Biyosistem Mühendisliği	Erciyes Üniversitesi	2019
Yüksek Lisans	Biyosistem Mühendisliği	Erciyes Üniversitesi	2023

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2019	Kayseri Şeker Fabrikası	Tesellüm Memuru
2020	Kayseri Şeker Fabrikası	Tesellüm Memuru
2021	Kayseri Şeker Fabrikası	Ziraat Mühendisi

YABANCI DİL:

AKADEMİK ÇALIŞMALAR: