

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**BAZI ORGANİK ARTIKLARIN BİYODUVAR SİSTEMLERİYLE
YERALTI SUYUNDAN NİTRAT GİDERİMİNDE
KULLANILABİLME POTANSİYELLERİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Neşe ÖZDEMİR

Danışman
Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetimi Ofisi Lisansüstü Tezleri Destekleme Programı kapsamında PYO.MUH.1904.1001.010 Proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Neşe ÖZDEMİR tarafından, Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA danışmanlığında hazırlanan ‘Bazı Organik Artıkların Biyoduvar Sistemleriyle Yeraltı Suyundan Nitrat Gideriminde Kullanılabilme Potansiyellerinin İncelenmesi’ başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 24.2.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof.Dr. Feza GEYİKÇİ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
Üye (Danışman)	Doç.Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof.Dr. Nilgün AYMAN ÖZ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı		☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

İmza

... / ... / 20...

Neşe ÖZDEMİR

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Bazı Organik Artıkların Biyoduvar Sistemleriyle Yeraltı Suyundan Nitrat Gideriminde Kullanılabilme Potansiyellerinin İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 14.12.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 8

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza

... / ... / 20...

Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

ÖZET

BAZI ORGANİK ARTIKLARIN BİYODUVAR SİSTEMLERİYLE YERALTI SUYUNDAN NİTRAT GİDERİMİNDE KULLANILABİLME POTANSİYELLERİNİN İNCELENMESİ,

Neşe ÖZDEMİR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Mart/2022

Danışman: Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

Çevresel sorunların son zamanlarda arttığı gözlemlenmiştir. Tarımsal ve endüstriyel kökenli kirlenmeler canlıların yaşamı açısından tehlike oluşturmaya başlamıştır. Nüfus artışıyla birlikte kirlilik parametrelerinde artışların meydana gelmesi temiz çevre kavramının önemini ortaya koymuştur. Tarımdan kaynaklanan kirlilik daha çok tarımdaki üretimler sonucu ortaya çıkan bitkisel atıklar, tarımsal sanayi atıkları, pestisitler ve mikroorganizmalar, aşırı gübreleme sonucu oluşan tuzluluk ve ağır metal birikimi vesilesi ile yeraltı suyunun aşırı derecede kontamine olmasını meydana getirmektedir.

Yapılan çalışmada; Biyoduvlar (biowall) sistemi ile kirlenmiş yeraltı sularındaki nitrat kirliliğinin giderimini sağlamak için laboratuvar koşullarında muz sapı, kestane kabuğu, pirinç çeltiği, bezelye kabuğu ve nohut kabuğu gibi organik artıklardan oluşan belirlenmiş çaptaki malzemeler kullanılmıştır. Organik materyallerin kullanım amacı doğal olarak oluşan veya çoğaltılmış mikroorganizmalar için enerji kaynağı olarak kullanılmasıdır.. Aynı zamanda belirlenmiş olan kirletici maddelerin biyoduvardan geçme esnasında organik maddelere tutunması ve anoksik bir ortam oluşturmalarıdır. Ayrıca organik maddeler laboratuvar koşullarında yapılan denemeler sonucu kirlilik karakterine göre uygun biyoduvlar reaktifi belirlemektedir. Kirleticilerin tutunması, adsorpsiyonunu ve biyolojik olarak parçalanmasını kolaylaştırmak için toprağın gözenekliliği artırılmaktadır. Bu çalışma için 2-3 mm çapında kum kullanılmıştır(Akkurt, vd., 2002).

Yapılan laboratuvar çalışmasında organik materyaller kullanılarak salınım seviyeleri ve kesikli reaktör sistemiyle laboratuvar ortamında nitrat giderim verimleri incelenmiştir. Bekleme süresinin denitrifikasyon süreci üzerine etkisi incelenmiş ve tüm reaktifler için en iyi giderim veriminin 330. saatin sonunda alındığı gözlemlenmiştir.

Deneyisel çalışmalarda en iyi nitrat giderim verimleri muz sapı için %93, kestane kabuğu için %52, pirinç çeltiği için %98, bezelye kabuğu için %97, nohut kabuğu için %95 olarak izlenmiştir. Organik materyallerin geçirgen reaktif bariyer sistemleri için alternatif seçenek olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Biyoduvlar, Kirletici, Organik artıklar, Nitrat giderimi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF POTENTIALS OF SOME ORGANIC RESIDUES FOR NITRATE REMOVAL FROM GROUNDWATER BY BIOWALL SYSTEMS

Neşe ÖZDEMİR

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Environmental Engineering Department

Master, March/2022

Supervisor: Assoc. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA

It has been observed that environmental problems have increased recently. Agricultural and industrial pollution have begun to pose a threat to the life of living things. The increase in pollution parameters with the increase in population has revealed the importance of the concept of clean environment. Pollution originating from agriculture causes excessive contamination of groundwater due to vegetable wastes, agricultural industry wastes, pesticides and microorganisms, salinity and heavy metal accumulation resulting from excessive fertilization.

In this study; In order to ensure the removal of nitrate pollution in groundwater contaminated with the biowall system, materials of a specified size, consisting of organic residues such as banana stalk, chestnut peel, rice paddy, pea pod and chickpea husk, were used in laboratory conditions. The purpose of use of organic materials is to be used as an energy source for naturally occurring or reproduced microorganisms. At the same time, the determined pollutants adhere to organic substances during their passage through the biowall and create an anoxic environment. In addition, organic materials determine the appropriate biowall reagent according to the pollution character as a result of the experiments carried out under laboratory conditions. The porosity of the soil is increased to facilitate the adhesion, adsorption and biodegradation of pollutants. Sand with a diameter of 2-3 mm was used for this study(Akkurt, et al., 2002).

In this laboratory study, the release levels using organic materials and nitrate removal efficiencies in the laboratory environment with the batch reactor system were investigated. The effect of the waiting time on the denitrification process was examined and it was observed that the best removal efficiency was obtained at the end of the 330th hour for all reagents.

In experimental studies, the best nitrate removal efficiencies were observed as 93% for banana stem, 52% for chestnut husk, 98% for rice paddy, 97% for pea pods, and 95% for chickpea husk. Organic materials have been found to be an alternative option for permeable reactive barrier systems.

Keywords: Biowall, Pollutant, Organic residues, Nitrate removal

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleriyle örnek edindiğim, ayrıca göstermiş olduğu hoşgöründen dolayı değerli danışmanım Doç. Dr. Emre Burcu ÖZKARAOVA'ya teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans eğitimimde ders aldığım değerli hocalarıma bana olan katkıları ve emeklerinden ve Çevre Mühendisliği Bölümü'nün bana sunduğu imkanlardan, dolayı teşekkür ederim.

Hayatımın hiç kuşkusuz her aşamasında gerek sosyal gerek eğitim hayatımda hiçbir şekilde maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen, hayatıma değer katan ve her zaman desteklerini yanımda hissettiğim çok değerli Ailem'e sonsuz teşekkür ederim.

Neşe ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	iii
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
2.1. Biyoduvar Sistem.....	2
2.2. Biyoduvar Sistemin Çeşitleri	3
2.2.1. Yaygın Kurulum Seçenekleri.....	3
2.2.1.1. Tek Geçişli Hendek Sistemi.....	3
2.2.1.2. Açık Hendek Sistemi	4
2.2.1.3. Direkt Enjeksiyon Konumlarından Veya Kalıcı Kuyulardan Sulu Ya Da Gaz Fazlı Reaktanların Enjekte Edilmesi.....	4
2.3. Biyoduvar Sistemin Tasarımı.....	5
2.3.1. Biyoduvar Uygulamaları İçin Temel Tasarım Konuları	5
2.3.2.En Uygun Kurulum Yöntemini Belirlemek İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	5
2.3.3.Biyoduvar'ların Temel Performans Faktörleri.....	5
2.3.4.Biyolojik Bariyerler Tarafından Hedeflenen Kirletici Gruplar	5
2.3.5.Boyutlar, Yapılandırma ve Bekleme Süresi.....	6
2.3.6. Biyoduvar Dolgu Malzemeleri.....	7
2.3.7. Şarj Seçenekleri ve Alternatif Yapılandırmalar	8
2.3.8. Biyoduvar Tasarımı İçin Kullanılanlar	8
2.3.8.1. Karbon Kaynakları.....	8
2.3.8.2. Destek Malzemeleri	9
2.3.8.3. Tamponlar	9
2.4. Biyoduvar Sistemin Avantajları ve Dezavantajları.....	9
2.4.1. Biyoduvar Sistemin Avantajları.....	9
2.4.2. Biyoduvar Sistemin Dezavantajlar.....	10

2.5. Daha Önce Yapılan Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Kullanılan Organik Materyaller	13
3.2. Kullanılan Kimyasallar	14
3.3. Kullanılan Cihazlar	14
3.4. Deneyisel Çalışma.....	18
3.4.1. Salınım Deneyi.....	19
3.4.2. Giderim Deneyleri.....	19
3.5. Analitik Yöntemler	22
3.5.1. Çözünmüş Oksijen	22
3.5.2. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	22
3.5.3. Nitrat (NO ₃).....	22
3.5.4. Nitrit (NO ₂)	23
3.5.5. Amonyum (NH ₃).....	23
3.5.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	23
4. BULGULAR VE YORUM.....	24
4.1. Muz Sapı	24
4.1.1. Muz Sapı Salınım Deneyi Sonuçları	24
4.1.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	24
4.1.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri.....	25
4.1.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	26
4.1.2. Muz Sapı ile Nitrat Giderim Deney Sonuçları	26
4.1.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	26
4.1.2.2. Çözünmüş Oksijen	29
4.1.2.3. Muz Sapı için Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri	30
4.1.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri.....	31
4.2. Kestane Kabuğu	32
4.2.1. Kestane Kabuğu Salınım Deneyi Sonuçları	32
4.2.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	32
4.2.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri.....	33
4.2.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	34
4.2.2. Kestane Kabuğu ile Giderim Deney Sonuçları	34
4.2.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	34
4.2.2.2. Çözünmüş Oksijen	37
4.2.2.3. Kestane Kabuğu İçin Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri	38
4.2.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri.....	39
4.3. Pirinç Çeltiği	40

4.3.1. Pirinç Çeltiği Salınım Deneyi Sonuçları	40
4.3.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	40
4.3.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri.....	41
4.3.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri	42
4.3.2. Pirinç Çeltiği ile Giderim Deney Sonuçları	42
4.3.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	42
4.3.2.2. Çözünmüş Oksijen	44
4.3.2.3. Pirinç Çeltiği Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri	45
4.3.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri.....	47
4.4. Nohut Kabuğu.....	48
4.4.1. Nohut Kabuğu Salınım Deneyi Sonuçları.....	48
4.4.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	48
4.4.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri.....	48
4.4.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	49
4.4.2. Nohut Kabuğu ile Giderim Deney Sonuçları	50
4.4.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	50
4.4.2.2. Çözünmüş Oksijen	51
4.4.2.3. Nohut Kabuğu İçin Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri	53
4.4.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri.....	54
4.5. Bezelye Kabuğu.....	55
4.5.1. Bezelye Kabuğu Salınım Deneyi Sonuçları	55
4.5.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	55
4.5.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri.....	56
4.5.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	56
4.5.2. Bezelye Kabuğu ile Giderim Deney Sonuçları	57
4.5.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC).....	57
4.5.2.2. Çözünmüş Oksijen	59
4.5.2.3. Bezelye Kabuğu İçin Nitrit, Nitrat ve Amonyum Değerleri	60
4.5.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri.....	61
5. ORGANİK MATERYALLERİN NİTRAT GİDERİM POTANSİYELLERİNİN	
KARŞILAŞTIRILMASI	63
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	67

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	:Yüzde
L	:Litre
mL	:Mililitre
mm	:Milimetre
nm	:Nanometre
cc	:Santimetre küp
ft	:Fit
°C	:Santigrat derece
µS/cm	:Mikrosiemens/santimetre
mg/l	:Miligram/Litre
EC	:Elektriksel iletkenlik
N ₂	:Azot
NO ₃	:Nitrat
NH ₃	:Amonyak
NH ₄	:Amonyum
NO	:Azot oksit
N ₂ O	:Nitroz oksit
NO ₃ --N	:Nitrat azotu
NO ₂ --N	:Nitrit azotu
NH ₄ -N	:Amonyum azotu
Org-N	:Organik azot
KHP	:Potasyum Hidrojen Ftalat
K ₂ Cr ₂ O ₇	:Potasyum dikromat
HgSO ₄	:Civa (II) sülfat
Ag ₂ SO ₄	:Gümüş sülfat
H ₂ SO ₄	:Sülfürik asit
HNO	:Nitrik asit
C/N	:Karbon/Azot Oranı
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
AFCEE	:ABD Hava Kuvvetleri Çevre Mükemmelliği Merkezi
EPA	:Çevre Koruma Ajansı
UESPA	:Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma

	Ajansı
SKKY	:Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
Ç.O.	:Çözünmüş Oksijen
KOI	:Kimyasal Oksijen İhtiyacı
PCB	:Poliklorlu Bifeniller
SVOC	:Yarı Uçucu Organik Bileşikler
VC	:Vinil Klorür
EVO	:Bitkisel Yağlar
TCE	:Trikloroeten
PAH	:Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
DNRA	:Katabolizma Sonucu Nitratın Amonyuma İndirgenmesi
GRB	:Geçirgen Reaktif Bariyer
FBR	:Biyolojik Akışkan Yataklı Reaktör
COC	:Kirlletici Organik Birleşikler
O&M	:İşletim ve Bakım

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1.Biyoduvar sistemin temel tasarımı (AFCEE, 2008).	3
Şekil 2. 2 Güney Dakota'daki Ellsworth Hava Kuvvetleri Üssü'nde çalışan sürekli tek geçişli hendek kazıcı (AFCEE, 2008).....	4
Şekil 2. 3.NWIRP McGregor 'da biyoduvar inşaatı (NAVFAC Southeast,2009).....	7
Şekil 3. 1.Kullanılan Organik Materyaller.....	14
Şekil 3. 2.Spektrofotometre (HACH LANGE DR 6000)	15
Şekil 3. 3.Hach Lange LT200 (Termoreaktör) Cihazı	15
Şekil 3. 4. Stuart Rotator.....	16
Şekil 3. 5.Santrifüj Cihazı (Sigma 3-16P).....	16
Şekil 3. 6.pH ve EC (Elektriksel İletkenlik) Ölçüm Cihazı (Thermo Scientific-Orion Star A215).....	17
Şekil 3. 7.Çözünmüş oksijen ölçüm cihazı (HACH HQ430d flexi)	17
Şekil 3. 8.Analitik Tartı (RADWAG AS 220.R2)	18
Şekil 3. 9.Distile Su Cihazı (NUVE ND4).....	18
Şekil 3. 10.Nitrat giderim deneyleri deneysel kurulumu şematik gösterimi.....	20
Şekil 3. 11.Muz Sapı için deneysel kurulum	20
Şekil 3. 12. Kestane Kabuğu için deneysel kurulum	21
Şekil 3. 13.Pirinç Çeltiği için deneysel kurulum	21
Şekil 3. 14. Nohut Kabuğu için deneysel kurulum	21
Şekil 3. 15.Bezelye Kabuğu için deneysel kurulum	22
Şekil 4. 1.Muz sapı salınım deneyi pH verileri.....	25
Şekil 4. 2.Muz sapı salınım deneyi EC verileri.....	25
Şekil 4. 3.Muz sapı salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri	26
Şekil 4. 4.. Muz sapı salınım deneyi için KOI verileri.....	26
Şekil 4. 5.Muz sapı giderim deneyleri pH verileri.....	27
Şekil 4. 6.NO ₃ solüsyonu ve Kum pH verileri	28
Şekil 4. 7.Muz sapı giderim deneyleri EC verileri.....	28
Şekil 4. 8.NO ₃ solüsyonu ve Kum EC verileri	28
Şekil 4. 9.Muz sapı giderim deneyleri ÇO verileri	29
Şekil 4. 10.NO ₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri.....	30
Şekil 4. 11.Muz sapı için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	31
Şekil 4. 12. NO ₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	31
Şekil 4. 13.Muz sapı için KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi	32
Şekil 4. 14.Kestane kabuğu salınım deneyi pH verileri	33
Şekil 4. 15.Kestane kabuğu salınım deneyi EC verileri.....	33

Şekil 4. 16. Kestane kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri	34
Şekil 4. 17.Kestane kabuğu salınım deneyi için KOI verileri.....	34
Şekil 4. 18.Kestane Kabuğu giderim deneyleri pH verileri	35
Şekil 4. 19.NO ₃ solüsyonu ve Kum pH verileri	36
Şekil 4. 20.Kestane Kabuğu giderim deneyleri EC verileri	36
Şekil 4. 21.NO ₃ solüsyonu ve Kum EC verileri	36
Şekil 4. 22. Kestane Kabuğu giderim deneyleri ÇO verileri.....	37
Şekil 4. 23.NO ₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri.....	38
Şekil 4. 24.Kestane Kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	39
Şekil 4. 25.NO ₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	39
Şekil 4. 26.. Kestane Kabuğu KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi	40
Şekil 4. 27. Pirinç çeltiği salınım deneyi pH verileri	41
Şekil 4. 28. Pirinç çeltiği salınım deneyi EC verileri.....	41
Şekil 4. 29. Pirinç çeltiği salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri	42
Şekil 4. 30. Pirinç çeltiği salınım deneyi için KOI verileri.....	42
Şekil 4. 31. Pirinç çeltiği giderim deneyleri pH verileri	43
Şekil 4. 32. NO ₃ solüsyonu ve Kum pH verileri	43
Şekil 4. 33. Pirinç çeltiği giderim deneyleri EC verileri.....	44
Şekil 4. 34. NO ₃ solüsyonu ve Kum EC verileri.....	44
Şekil 4. 35. Pirinç çeltiği giderim deneyleri ÇO verileri.....	45
Şekil 4. 36. NO ₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri	45
Şekil 4. 37. Pirinç çeltiği için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi ..	46
Şekil 4. 38. NO ₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	47
Şekil 4. 39. Pirinç çeltiği KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi	47
Şekil 4. 40. Nohut kabuğu salınım deneyi pH verileri.....	48
Şekil 4. 41. Nohut kabuğu salınım deneyi EC verileri.....	48
Şekil 4. 42. Nohut kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri.....	49
Şekil 4. 43. Nohut kabuğu salınım deneyi için KOI verileri.....	49
Şekil 4. 44. Nohut kabuğu giderim deneyleri pH verileri.....	50
Şekil 4. 45. NO ₃ solüsyonu ve Kum pH verileri	51
Şekil 4. 46. Nohut kabuğu giderim deneyleri EC verileri.....	51
Şekil 4. 47. NO ₃ solüsyonu ve Kum EC verileri.....	51
Şekil 4. 48. Nohut kabuğu giderim deneyleri ÇO verileri	52
Şekil 4. 49. NO ₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri	52
Şekil 4. 50. Nohut kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	54

Şekil 4. 51. NO ₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	54
Şekil 4. 52. Nohut kabuğu KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi	55
Şekil 4. 53. Bezelye Kabuğu salınım deneyi pH verileri	55
Şekil 4. 54. Bezelye Kabuğu salınım deneyi EC verileri	56
Şekil 4. 55. Bezelye kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri	56
Şekil 4. 56. Bezelye kabuğu salınım deneyi için KOI verileri	57
Şekil 4. 57. Bezelye kabuğu giderim deneyleri pH verileri	58
Şekil 4. 58. NO ₃ solüsyonu ve Kum pH verileri	58
Şekil 4. 59. Bezelye kabuğu giderim deneyleri EC verileri	58
Şekil 4. 60. NO ₃ solüsyonu ve Kum EC verileri	59
Şekil 4. 61. Bezelye kabuğu giderim deneyleri ÇO verileri	59
Şekil 4. 62. NO ₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri	60
Şekil 4. 63. Bezelye kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi	61
Şekil 4. 64. NO ₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişim	61
Şekil 4. 65. Bezelye kabuğu KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi	62
Şekil 5. 1. Organik materyallerin yüzde giderim verimleri grafiği	62

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1. Organik dolgu malzemeleri ve giderim verileri.....	8
Tablo 2.2. Dünya çapında NO ₃ ile kontamine yeraltı sularının arıtılması için mevcut biyolojik GRB'lerin derlenmesi.....	12



1. GİRİŞ

Yeraltı suları diğer su kaynaklarına göre güvenilir ve temiz olmasına karşın, kirlenmesi sonucunda arıtılması fiziksel olarak oldukça güçtür. Yeraltı sularındaki kirliliğe neden olan nitrat, toprakta organiklerin biyolojik açıdan parçalanması ve aşırı gübre kullanımı gibi nedenler ve organik kimyasalların üretimi, taşınması, tüketimi toprağın kirlenmesine yol açan unsurlardandır.

Toprakta ortaya çıkan nitratin bir kısmı bitkiler tarafından tüketilirken geriye kalan nitrat yağmur sularıyla topraktan yeraltı suyuna sızmaktadır. Bu durum hem yüzey sularını hem de yeraltı sularını kirlletmektedir. İndirgenmiş Nitrit (NO_2) ve Nitrat (NO_3) gibi azot formlarının canlı bünyesinde belli konsantrasyonların üzerine çıkması toksik etki oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu dengenin korunması oldukça önemlidir. Canlı ve çevre sağlığını korumak için belirli risk değerlendirmeleri yapılmalı ve ön görülebilecek olaylar dikkate alınmalıdır. Birçok nitrat giderim yöntemleri vardır fakat bazı yöntemlerin uygulanabilirliği zor bazıları ise pahalıdır. Biyolojik arıtım yöntemleri ekonomik olması ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle son yıllarda araştırmacıların dikkatini çekmektedir(Serin, 2014).

Biyolojik duvar, yeraltı suyu arıtımında biyolojik işlemlere dayanan in-situ yerinde arıtım yöntemidir. Tipik olarak, biyoduvar sistemi yeraltı suyu akış yönüne dik olarak kirletici bulutuyla kesişmesi amacıyla açılan hendek içine konumlandırılmasıdır. Organik materyallerin kullanım amacı doğal olarak oluşan veya çoğaltılmış mikroorganizmalar için enerji kaynağı olmasıdır. Aynı zamanda belirlenen kirletici maddelerin biyoduvardan geçme esnasında organik maddelere tutunması ve anoksik bir ortam oluşturmaktadır.

Bu teknoloji, mikrobiyal büyümeyi kolaylaştırmak için biyoduvar'a oksijen ve besinler sağlanmaktadır. Kavramsal bir tasarım çalışmasının ve simülasyonunun sonuçları, teknolojinin uygulanabilirliği ve artık materyaller kullanıldığı için uygun maliyetli olduğunu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ise karbon kaynağı olarak muz sapı, kestane kabuğu, pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğu kullanılmıştır. Bu organik maddeler arasında giderim verimleri araştırılmıştır. Tüm çalışma esnasında biyolojik organik geçirgen duvarlarda potansiyel kullanılabilecek organik maddeler araştırılarak yeraltı suyu nitrat kirliliğinin arıtılması ve sistem içeriği hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Biyoduvar Sistem

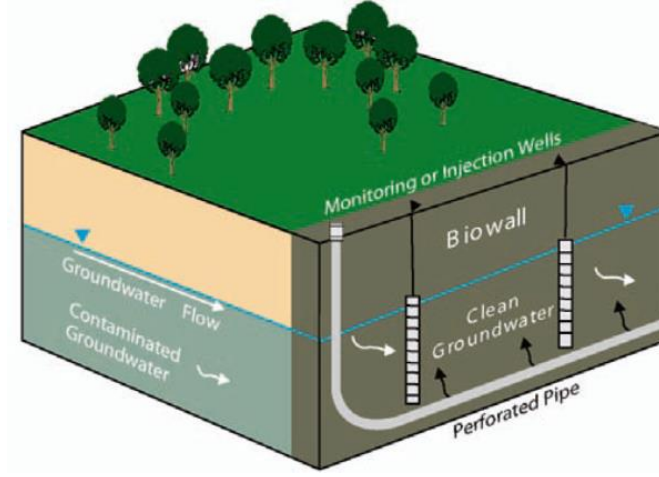
Geçirgen organik biyolojik duvarlar kullanılarak yeraltı suyunun iyileştirilmesi, reaktif maddeyle teması artırmak için bir biyolojik duvar hendeğinden doğal hidrolik gradyan altında yeraltı suyunun geçişine dayanmaktadır. Bir "biyolojik duvar" biyobariyer biçimidir, ancak bu terim, hendeğin içinde ve aşağı eğiminde genelde indirgeme koşulları yaratan geçirgen bir bariyer görevi gören organik malzemelerle doldurulmuş bir hendekten oluşan sistemler için ayrılmıştır. Biyolojik duvarlarda kullanıma uygun dolgu malzemeleri geliştirilmiştir. Tesislerde, biyolojik duvarlar, işletimi uzun yıllar sürebilen kirletici giderimi kapasiteli olarak tasarlanmıştır.

Biyoduvar'ların uzun ömürlülüğü, aşağıdaki koşullara dayandırılarak birden fazla faktöre bağlıdır (Force, 2008).:

- Biyoduvar katalizini veya mikro florayı zehirleyen yeraltı suyunun kirlilik seviyesi ve farklı su kaynaklı inhibitörler
- Yeraltı suyuyla birlikte içerisindeki kirletici maddelerin akış hızı
- Kullanım şartlarına etki eden yerel ve antropojenik elektron alıcısı talebi
- Demir ve sülfatın varlığı durumundaki kullanım oranı (biyojeokimyasal dönüşüm işlem hızları)
- Biyoduvar'lardaki dolgu malzemesinin ilk miktarı ve reaktivitesi

Biyolojik duvarlardaki tasarımları substrat değişikliğini kolaylaştırmak ve iş yükünü azaltmak için borular içermektedir. Genellikle değişiklik durumundaki maliyeti, kurulumdaki maliyetine oranla daha düşüktür. Biyoduvar'ların gerekli organik materyallerin az olması, sıvı substratların sık veya düzenli aralıklarla enjeksiyonunu ve enjeksiyon bakımı gerektirmektedir. Diğer geliştirilmiş biyoremediasyon sistemlerine kıyasla önemli oranlarda maliyet bakımından tasarrufu sağlamaktadır.

Biyolojik duvar için temel tasarım Şekil 1 'de gösterilmektedir. Biyoduvar için açılan hendek toplam kirlilik derinliğinin üzerinde olmalıdır ve genellikle, emülsiyonlaştırılmış bitkisel yağ gibi yavaş salınan substratların ileride enjeksiyon edilmesi için biyoduvar içerisine delikli borular dikey veya yatay olarak yerleştirilmelidir. Biyolojik duvarlar ayrıca itme teknikleri kullanılarak özel borular olmadan substrat ile yeniden doldurulabilmektedir.



Şekil 2. 1.Biyoduvar sistemin temel tasarımı (AFCEE, 2008).

Biyolojik duvarlar, kirlenmiş bir yeraltı suyu bulutunun akış yolu boyunca, kirlenici bulutunu önleyecek ve önemli kirlenici maddeleri biyolojik olarak dönüştürecek şekilde geçirgen bariyerin yerleştirilme şeklidir. Önemli kirlenici maddeleri bozmak için bir karbon kaynağı ve mikroorganizmalara ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmada ise karbon kaynağı olarak muz sapı, kestane kabuğu, pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğu kullanılmıştır. Bu organik maddeler arasında giderim verimleri araştırılmıştır.

2.2. Biyoduvar Sistemin Çeşitleri

Geçirimli Reaktif Bariyer (GRB) türleri gibi biyoduvar'lar da kirlenmiş yeraltı suyunun akışına dik gelecek şekilde sürekli bariyer veya geçirimsiz duvarları yeraltı suyunun akışını kolaylaştırmak ve yön vermek için huni ve kapı konfigürasyonunda kurulabilmektedir. Biyoduvar'lar çok çeşitli yöntemler kullanılarak da kurulabilmektedir.

2.2.1. Yaygın Kurulum Seçenekleri

2.2.1.1. Tek Geçişli Hendeğin Sistemi

Tek geçişli bir kanal kazıcı, zincirli testereye benzer şekilde uzatılmış bir kesme boyuna sahip, palet monte ağır inşaat aracıdır. Sürekli tek geçişli kanal kazıcılar, hendeğin keserken aynı anda biyoduvar ortamını yerleştirir.



Şekil 2. 2 Güney Dakota'daki Ellsworth Hava Kuvvetleri Üssü'nde çalışan sürekli tek geçişli hendek kazıcı (AFCEE, 2008)

2.2.1.2. Açık Hendek Sistemi

Açık hendek sistemi genel olarak palete monte ekskavatörlerin kullanılmasını içermektedir. Bir boomun ucunda kova bulunan, dönen platform üzerindeki kabin içinden kontrol edilen ağır inşaat araçlarıdır. Ekskavatörler 14 metre ve daha düşük derinlikler için kullanılmıştır. Yüzeyin 60 metre altına kadar hendek kazma kapasitesine sahiptirler. (Hans, vd., 2009) Ekskavatörler, biyoduvar ortamıyla granüler veya bulamaç şeklinde malzemeye doldurulan açık hendek sistemi için kullanılmaktadır. Kazı esnasında, hendeğin açık şekilde kalması amacıyla tipik bir biyopolimer bulamacıyla doldurulmaktadır.

2.2.1.3. Direkt Enjeksiyon Konumlarından Veya Kalıcı Kuyulardan Sulu Ya Da Gaz Fazlı Reaktanların Enjekte Edilmesi

Taşıyıcı sıvıdaki sulu karbon substratları ve diğer değişiklikler (Örneğin; kültürler, pH tamponları ve besinler), uygun olarak seçilen sürekli reaktif bölgeyi elde etmek için basınçla enjekte edilmektedir. Basınç altında kuyular veya noktalar sayesinde gazlarda sokulabilmektedir. Bu durumda, genellikle hendek kazma veya sondajlardan daha az sürekli reaktif bir bölgeye ihtiyaç duymaktadır. Fakat diğer yöntemlerin uygun olmadığı bazı durumlarda sondajlar kullanılmaktadır.

2.3. Biyoduvvar Sistemin Tasarımı

2.3.1. Biyoduvvar Uygulamaları İçin Temel Tasarım Konuları

Tasarım değerdendirmeleri, kirlctici bulutun yakalanmasını ve yeterli şekilde arıtımını sağlamak için tesise özgü koşullar ve uygun biyolojik duvar boyutları ve konfigürasyonu etrafında dönmektedir. Yeraltı suyu akış özellikleri ve kirlcticilerin biyolojik duvar reaksiyon bölgesinde kalma süresi, tasarımın temel özellikleridir. Biyolojik duvar sisteminin arıtım prosesi için biyolojik süreçler arasında en uygun olan materyal belirlenmelidir. Ek olarak, biyolojik duvarlar için ele alınması gereken düzenleyici hususlar vardır. Bunlar mevzuat endişeleri ve değışiklikler ve beklenmedik durumlardır.

2.3.2.En Uygun Kurulum Yöntemini Belirlemek İçin Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Biyoduvvar'ın derinliği ve genişliği
- Biyoduvvar ortamında kullanılacak materyal
- Saha hidrojeolojisi ve jeolojisi
- Tercihli akış yollarının tanımlanması
- Akiferin kirlendiğı derinlik
- Seçilen sahanın altyapısı

2.3.3.Biyoduvvar'ların Temel Performans Faktörleri

- Ortamdaki kirlenmiş yeraltı suyunun gerekli kalış süresi,
- Kirlenmiş yeraltı suyunun farklı ortamlara sapmadan etkili bir şekilde yönlendirilmesi,
- Arıtım için gereken hidrolik koşulların oluşturulması.

2.3.4.Biyolojik Bariyerler Tarafından Hedeflenen Kirlctici Gruplar

- Halojenlenmiş ve halojene olmayan uçucu organik bileşikler (VOC'ler),
- Yarı uçucu organik bileşikler (SVOC'ler),
- Poliklorlu bifeniller (PCB'ler),
- Trinitrotoluen gibi enerjetikler (cephane bileşenleri) gibi aerobik ve anaerobik olarak biyolojik olarak parçalanabilir bileşiklerden oluşmaktadır.

Bir sahadaki yeraltı suyu doğal olarak aerobik ise ve biyolojik duvar anaerobik koşullar oluşturuyorsa, biyoduvvar'dan biraz uzakta bir aerobik bölge oluşacaktır. Oluşabilecek ve anaerobik bölgede yavaş yavaş bozunabilecek, ancak sahanın

aerobik bölümünde daha hızlı bozunacak olan Vinil Klorür (VC) gibi diğer bileşenlerin biyolojik olarak parçalanmasını teşvik etmektedir. (Bruce, vd., 2009)

2.3.5.Boyutlar, Yapılandırma ve Bekleme Süresi

Biyolojik duvar tasarımı, herhangi bir kirleticinin iyileştirilmesi performans hedeflerine indirgenmesi için yeterli bekleme süresi sağlamalıdır. Bekleme süresi hesaplamaları için maksimum yeraltı suyu sızıntı hızı tahminleri kullanılmaktadır. Özellikle sahaya özgü geçmiş deneyimlere veya literatürde bildirilen oranlara dayandırılmaktadır. Maksimum kirletici konsantrasyonu ve beklenen bozunma oranı, iyileştirme hedefine ulaşmak, bekleme süresini belirlemek için kullanılabilir. Yeraltı suyu akış hızı; yeterli kalma süresine sahip bir reaksiyon bölgesi oluşturmak, gereken biyolojik duvar boyutlarını belirlemek için kullanılmaktadır. Yüksek kirletici konsantrasyonlarına, hızlı yeraltı suyu akış hızlarına ve yüksek konsantrasyonlarda nitrat tutma oranına sahip yerlerde reaksiyon bölgesinde yeterli kirletici kalma süresi elde etmek için birden fazla biyolojik duvar gerekebilir.

Bir biyodüvar sistemin yanal ve dikey boyutları, kirletici bulutunu önlemek için yeterli olmalıdır. Mevcut hendeğin derinliği eğer yeterli gelmezse biyopolimer bulamaçlar kullanılarak daha derin hendekler inşa edilebilir. Ancak reaktif madde karışımını kalın bir bulamaçta derinliğe yerleştirmek zor olabilir bunun için laboratuvar ölçekli çalışmalar yapılmalıdır.

Biyolojik duvar, en azından iyileştirilecek kirlenmiş yeraltı suyunun derinliğinin altında olmalıdır. Biyolojik duvarın çevreleyen oluşumdan daha fazla geçirgenliğe sahip olması; yeraltı suyunun bir kısmının biyolojik duvarın etrafından, üzerinden (kümelenme meydana gelirse) veya altından akabilmektedir.



Şekil 2. 3.NWIRP McGregor 'da biyodüvar inşaatı (NAVFAC Southeast,2009)

2.3.6. Biyodüvar Dolgu Malzemeleri

Biyolojik duvar dolgu malzemeleri geri dönüştürülmek ve değerlendirilmek için yerel olarak üretilen ve fazlaca olan atık maddelerden seçilmektedir. Biyolojik duvarlar için birçok potansiyel organik malzeme kaynağı vardır. Dolgu malzemeleri zamanla ayrışırken biyolojik duvar geçirgenliğini ve sağlamak için kullanılan yaygın hacim oluşturma malzemeleri de kullanılabilir. Örneğin Malç, mikroorganizmalar için uygun bir büyüme ortamı oluşturur ve yapısı doygundur. Bu sebeple anaerobik koşullar altında yapısını yıllarca koruyabilmektedir. Malç'ın temel yapısında selüloz, hemiselüloz ve odunözünden bulunmaktadır. Selüloz aerobik ve anaerobik koşullar altında kolaylıkla bozunmaktadır. Bununla beraber, lignin aerobik ve anaerobik koşullar altında kolaylıkla bozunmaz ayrıca bitki hücre duvarı içindeki selülozun lignine bağlanmaktadır. Odun malçları anaerobik koşullar altında çok yavaş bozunurlar bu sebeple biyolojik duvarlar genellikle daha fazla miktarda biyolojik olarak kullanılabilir. Organik karbon sağlayan diğer organik malzeme kaynakları ile değiştirilmektedir. Örneğin; kompost, çırçır çöpü ve bitkisel yağ.

Malzemelerin kalitesi söz konusu olduğunda, alt tabaka seçeneklerini değerlendirmek için standart ölçekli testler yapılabilir. Kum veya çakıl ise

tipik olarak geçirgenliği sağlamak ve sıkışmayı önlemek için kullanılmaktadır. Genellikle toplam hendek hacminin yüzde 50'sini veya daha fazlasını oluşturmaktadır. pH'ı 7'ye yakın tamponlamak için gerekirse ezilmiş kireçtaşı da kullanılabilir (Bruce, vd., 2009).

Tablo 2. 1. Organik dolgu malzemeleri ve giderim verileri

Organik Materyal	Nitrat Giderim Verimi (%)	Referans
Pamuk çapak kompostu	>99	Su ve Puls, (2006)
İğne yapraklı	95.1	Gibert, vd. (2008)
Malç	89.7	Gibert, vd. (2008)
Söğüt	86.3	Gibert, vd. (2008)
Buğday samanı	60-100	Aslan ve Turkman, (2005)
Talaş ve toprak	100	Greenan ve diğerleri, (2009)
Sert ağaç kabuğu malç	94-99	Youngwoo Seo, Am Jang, Paul L. Bishop, (2007)

2.3.7. Şarj Seçenekleri ve Alternatif Yapılandırmalar

Biyoduvar dolgu malzemelerindeki organik karbon tükendiğinde, indirgeme koşullarının devamını sağlamak için ek substrat gerekli olacaktır. En yaygın ve pratik yöntem, biyolojik duvarları uzun ömürlü emülsiyonlaştırılmış bitkisel yağ gibi, akışkan bir substratla yenilemektir. Alternatif konfigürasyonlar, biyolojik duvarlarda ve yerinde biyoreaktörlerde yeraltı suyu devridaimini içermektedir. Geçirgen biyolojik duvarlar başlangıçta pasif akışlı reaktif bariyerler olarak tasarlanması düşünülürken, arıtma bölgesi boyunca devridaimi sırasında yeraltı suyunu yakalamak ve çıkarmak için kolayca modifiye edilebilmektedir.

2.3.8. Biyoduvar Tasarımı İçin Kullanılanlar

2.3.8.1. Karbon Kaynakları

Genellikle kullanılan malç, talaş, kompost, kitin ve buğday samanı gibi katılar ve melas, peynir altı suyu, emülsifiye bitkisel yağlar (EVO'lar), sodyum laktat, karbonhidratlar ve alkoller dahil olmak üzere sıvılar bulunmaktadır. (EPA, 2013) Karbon kaynağı genel olarak nitrojen ve fosfor dahil olmak üzere besin maddeleri açısından yüksek olmaktadır. Kurulumdan önce ve işletim sırasında, analizleri

değerlendirmek ve besin konsantrasyonlarını netleştirmek için gözlem yapılmaktadır. Tadilat olarak besin ilavesi gereksinimi iki şekilde tamamlanır: birincisi inşaat sırasında ikincisi ise bir sıvının enjeksiyonu yoluyla yapılmaktadır.

2.3.8.2. Destek Malzemeleri

Kum ve çakıl: geçirgenliği artırmak ve bariyer süresince yeraltı suyu akışı için karbon malzemelere ek destek olarak kullanılabilir. Bu materyaller çoğunlukla reaktörün %40-60'ını oluşturmaktadır (AFCEE, 2008).

Mikroorganizmalar: Çoğu kirletici organik bileşiklerin (COC) bozunması için gereken anaerobik ve indirgeyici ortam oluşturmaktadır. Karbon bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Beraberinde, kirletici organik bileşikleri kendileri indirgeyen mikroorganizmalar, biyolojik bozunmanın devamının sağlanması için miktarı yeterli bulunmayabilmektedir. Bunun için, biyoduvarlara uygun bakterileri içeren bir kültürle genişletilmesi gerekmektedir.

2.3.8.3. Tamponlar

Biyolojik bozunma, yeraltı suyunun pH'ını düşürebilen metabolik asitler üretebilmektedir. Bazı şartlarda, elektron vericinin ortama eklenmesi pH'ı artırabilmektedir. Bu olay sülfat ve demir indirgeme reaksiyonları sebebiyle oluşabilmektedir. Akiferin tamponlama kapasitesi ve reaktör malzemesi ve belirlenmelidir. Kireçtaşı, pH'daki değişiklikleri tamponlamak için inşaat aşamasında biyo bariyerin bir parçası olarak dahil edilebilmektedir. Kireçtaşı, bariyerin geçirgenliğini artırması ve destek sağlaması bakımından ek bir avantaj sunmaktadır. Alternatif olarak, yeraltı suyu pH'ını artırmak ve tamponlama kapasitesini iyileştirmek için gerekirse çalışma esnasında reaktöre sıvı tampon değişiklikleri eklenebilmektedir.

2.4. Biyoduvar Sistemin Avantajları ve Dezavantajları

2.4.1. Biyoduvar Sistemin Avantajları

- Biyoduvar'lar, hendek oluşumunu fiziksel olarak ortadan kaldırdığı ve homojen bir reaktif madde-kum karışımı ile değiştirdiği için, oldukça heterojen oluşumlarda veya çok düşük ile orta derecede geçirgenlikte sığ yeraltı suyu bulutları için etkilidir. Bu şekilde, yeraltı suyunda biyoduvar'dan geçen tüm kirletici bulutu, reaksiyon bölgesi ile temasa maruz kalmaktadır.

▪ Kompost, kum ve çakıl, malç toplu halde satın alındığında daha ekonomik olmaktadır. Ağaç malçları genel olarak tek başına işleme maliyeti, nakliye karşılığında elde edilmektedir.

▪ Biyolojik duvarlar, belirli aralıklarla performans izleme dışında çok az OM&M (İşletme, bakım ve izleme) gerektirmektedir. Bununla birlikte, artık iyileştirme hedeflerini karşılayamadığında aerobik, anoksik ve anaerobik bozunma süreçlerinin devamı için çare olarak substrat ile yenilenmeleri gerekebilmektedir.

▪ Kanallar, bazı durumlarda alt tabaka yüklemesini desteklemek ve sıvı alt tabakaların eklenmesi için delikli boru veya kalıcı kuyular içerecek şekilde basit bir şekilde dönüştürülebilir. Birçok farklı konfigürasyon mümkündür.

▪ Biyoduvarlar, başlangıçtaki birkaç yıl boyunca periyodik performans izleme dışında çok az bakım ve işletme gerektirmektedir.

▪ Biyoduvar'ların kullanımı, düşük gözenekliliğe sahip malzemeler sebebiyle reaktan dağılımının güç olduğu durumlarda daha iyi seçim olabilmektedir. Bu nedenle biyoduvar'lar kirlenmiş yeraltı suyunu daha iyi arıtabilir ve kirleticiyi iyileştirme bölgesinde tutabilmektedir.

▪ Biyoduvar sistemleri, performansı optimize etmek için varolan sistemle veya alternatif iyileştirme sistemleriyle beraber kullanılabilir.

2.4.2. Biyoduvar Sistemin Dezavantajlar

▪ Pratik ve ekonomik bir şekilde kazılabilecek derinlik yaklaşık 11-12 metre (35-40 fit) ile arasındadır. Hendek kazma; saha altyapıya zarar verebilmektedir.

▪ Biyoduvarın konsantrasyonu yüksek olan kirleticileri arıtım kapasitesi, özellikle doğal elektron alıcılarının konsantrasyonları ve yeraltı suyu akış hızı da yüksek olduğunda sınırlı olabilmektedir. Hendekten geçen kirlenmiş yeraltı suyuna organik karbon ilave edilme hızı ve kanaldaki kirletici tutma süresi bu koşullar altında dezavantaj olabilmektedir.

▪ Anaerobik klorosuzlaştırma durumu klorlu çözücülerin ve diğer kirletici maddelerin ayrıştırılmasında etkiliyken, yeraltı suyu kalitesinde ikincil bozulma durumu oluşmaktadır. Biyolojik bozunma; vadoz bölgesinde birikebilen uçucu yan ürünlerin, yeraltı suyu kalitesini bozabilen ve zararlı olan gazların oluşumunu artırabilmektedir.

▪ Hendekten geçen kirlenmiş yeraltı suyuna organik karbon ilave edilme hızı ve kanaldaki kirletici tutma süresi bu koşullar altında sınırlı olabilmektedir.

▪ **Sürdürülebilirlik:** Biyoduvar sistemlerinin karbon kaynağını değiştirmeden klorlu çözücüler veya diğer kirletici çeşitleri için anaerobik bozunma işlemlerini ne kadar yılda sürdürebileceğini belirlemek güçtür. Malç fraksiyonu 10-15 yıl veya daha uzun yıllar arıtım yapabilirken, kirletici bozunmasının devamı için yeterince parçalanabilen organik karbon sağlamayabilmektedir.

2.5. Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Marco ve diğerleri (2014), denitrifikasyon için dört organik madde katı karbon kaynağı olarak seçilmiştir. Kesikli testlerde; talaş, zeytin pirinası, çam kabuğu ve mantar incelenmiştir. Giriş konsantrasyonu 60 mg NO₃-N/L 'dir. Sonuç olarak nitrat gideriminde en iyi verim veren denitrifikasyon oranları zeytin posası için 0.06 mg NO₃-N/L, talaş için 0.51 mg NO₃-N/L(L.d.g) olarak belirlenmiştir.

Türkyılmaz ve arkadaşları (2020), hidrotermal yöntemle sentezlenen Fe₃O₄ nano taneciklerini kullanarak sulardan adsorpsiyonla nitrat giderimini araştırmışlardır. Yapılan kesikli çalışmalar sonucunda; pH 6.9 iken 1.2 g/L adsorban kullanarak 30 dk temas süresi ile 100 mg/L başlangıç nitrat derişiminde %90.26 giderim verimi elde etmişlerdir. Çalışmanın Langmuir izoterm modeliyle uyumlu olduğu ve maksimum adsorpsiyon kapasitesinin 86.96 mg/g olarak bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2012), nitrat giderme kapasitesini araştırmak için buğday samanı, talaş ve biyolojik olarak parçalanabilen plastik (BP) kullanılmıştır. Kesikli testler ve kolon testleri yapılmıştır. Kesikli deney sonuçlarına göre, BP'nin buğday samanı ve talaşa göre daha fazla nitrat çıkardığını göstermiştir. Sonuçlara bakıldıktan sonra BP, 50'den 90 mg NO₃-N/L'ye kadar 10 mg NO₃-N/L'lik bir artışla farklı nitrat konsantrasyonlarında kolon deneylerinde giderim verimi açısından tekrar kontrol sağlandı. Birçok laboratuvar deneyinden sonra, reaktörlerde 0.12, 0.14, 0.17, 0.19 ve 0.22 mg NO₃-N/ L değerler okundu ve tam denitrifikasyonun gerçekteştiği gözlemlendi. Bu çalışma, biyolojik olarak parçalanabilen plastiğin (BP) yeraltı sularından nitratı giderme kapasitesine sahip olduğunu ve nitratla kirlenmiş yeraltı sularının iyileştirilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Tablo 2.2. Dünya apında NO₃ ile kontamine yeraltı sularının arıtılması için mevcut biyolojik GRB'lerin derlenmesi.

Konum	Kompozisyon /Bileşim	Giderim Verimi (%)	Referans
Ontario, Kanada	Toprak (%80) Talaş (%20)	72-97	Robertson ve diğerleri, (2000, 2008)
Kuzey Adası, Yeni Zelanda	Toprak (%70) Talaş (%30)	70-95	Schipper ve Vojvodić-Vuković, (1998, 2000, 2001).
Ontario, Kanada	Tortu Ahşap parçacık	90	Robertson ve diğerleri, (2007)
Waquoit Körfezi, Falmouth, Massachusetts (ABD)	Odun talaşı	>99	Hiller ve diğerleri, (2015)
Alachua, Florida (ABD)	Kum (%50) Talaş (%50)	77	Schmidt ve Clark, (2012)
Kuzey İrlanda, Birleşik Krallık	Çakıl (%50) Malç (%50)	66-99	Gibert ve diğerleri, (2019)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Kullanılan Organik Materyaller

Sistemde nitrat giderimini denitrifikasyon yöntemiyle sağlayabilecek organik artıklar kullanılmıştır. Denitrifikasyon süreci ile nitrat giderimi için beş farklı organik materyal potansiyel karbon kaynağı olarak denendikten sonra seçilmiştir. Bu materyaller; muz sapı, kestane kabuğu, pirinç çeltiği, bezelye kabuğu ve nohut kabuğu kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan organik maddeler üretimlerde değerlendirilemeyerek artık durumundaki materyallerdir. Muz sapı Mersin'deki muz üreticilerinden, çeltik Samsun'un Bafra ilçesindeki pirinç üreticisinden, kestane kabuğu Bursa'daki Kafkas kestane şekeri işletmelerinden, nohut ve bezelye kabuğu ise konserve üretilen fabrikalardan temin edilmiştir. Materyaller çalışmada kullanılmadan önce boyutları 2-4.75 mm olacak şekilde parçalanmış ve içme suyunun içerisine kavanozlanıp 2 hafta buzdolabında bekletilmiştir.



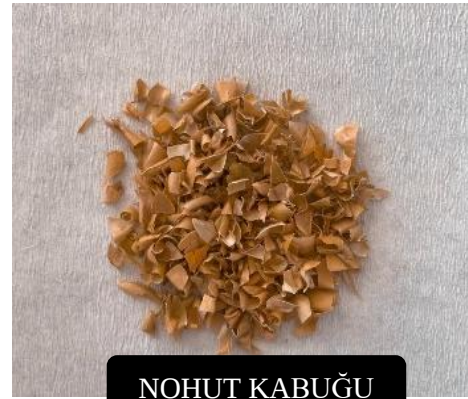
MUZ SAPI



KESTANE KABUĞU



PİRİNÇ ÇELTİĞİ



NOHUT KABUĞU



Şekil 3. 1.Kullanılan Organik Materyaller

3.2. Kullanılan Kimyasallar

▪ **Potasyum Dikromat:** $K_2Cr_2O_7$ (Potasyum dikromat) $105^\circ C$ etüvde 2 saat kurutulmuştur. Devamında 1L'lik balon jojeye 500 mL distile su konulmuştur. Üzerine etüvde kurutulan 10.216 gr $K_2Cr_2O_7$ eklenerek çalkalanmıştır. Üzerine 167 mL konsantre H_2SO_4 (sülfürik asit) eklenmiştir. Son işlem olarak 33.3 gr $HgSO_4$ (Cıva (II) Sülfat) eklenip distile su ile 1L'ye tamamlanmıştır.

▪ **Sülfürik Asit:** 1 L'lik balon jojeye 10.12 gr Ag_2SO_4 (Gümüş sülfat) koyularak 1 L 'ye 1.84 kg konsantre H_2SO_4 eklenerek tamamlanmıştır.

▪ **Nitrat Çözeltisi:** 0.1973 gr. sodyum nitrat hassas tartıda tartılarak 1000 ml'lik balon jojeye dökülerek üzeri içme suyu ile doldurulmuştur. Devamında çalkalanarak suyun içinde sodyum nitratın erimesi sağlanmıştır.

▪ **Nitrat belirleme reaktifleri (HACH) Nitriver Kat. 2106169**

▪ **Nitrit belirleme reaktifleri (HACH) Nitriver Kat. 2107569**

▪ **Amonyum belirleme reaktifleri (HACH) Nessler Kat. 2119449**

3.3. Kullanılan Cihazlar

▪ Spektrofotometre (HACH LANGE DR 6000)

▪ Hach Lange LT200 Cihazı

▪ Stuart Rotator

▪ Santrifüj Cihazı (Sigma 3-16P)

▪ pH ve EC (Elektriksel İletkenlik) Ölçüm Cihazı (Thermo Scientific-Orion Star A215)

▪ Çözünmüş oksijen ölçüm cihazı (HACH HQ430d flexi)

▪ Analitik Tartı (RADWAG AS 220.R2)

▪ Distile su cihazı (NUVE ND4)



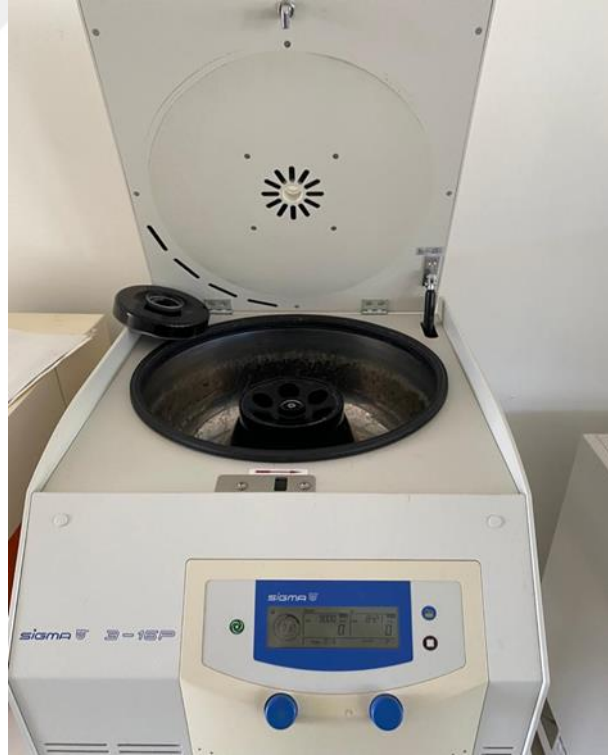
Şekil 3. 2.Spektrofotometre (HACH LANGE DR 6000)



Şekil 3. 3.Hach Lange LT200 (Termoreaktör) Cihazı



Şekil 3. 4. Stuart Rotator



Şekil 3. 5.Santrifüj Cihazı (Sigma 3-16P)



Şekil 3. 6.pH ve EC (Elektriksel İletkenlik) Ölçüm Cihazı (Thermo Scientific-Orion Star A215)



Şekil 3. 7.Çözülmüş oksijen ölçüm cihazı (HACH HQ430d flexi)



Şekil 3. 8. Analitik Tartı (RADWAG AS 220.R2)



Şekil 3. 9. Distile Su Cihazı (NUVE ND4)

3.4. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, nitratin yeraltı suyundan uzaklaştırılması için sürdürülebilir iyileştirme yöntemlerinden biyoduvar (biowall) sistemler için ülkemizde yetiştirilen organik artıklar araştırılarak nitrat giderim performansları değerlendirilmiştir. Uygun olan materyaller seçilerek geçirgen reaktif bariyer sistemlerinde kullanılmak üzere potansiyelleri araştırılmıştır. Tüm deneyler kesikli reaktör çalışması olarak tasarlanmıştır.

Deneysel Çalışmalarda; pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), nitrat, nitrit ve amonyum parametreleri için ölçümler yapıldı. İki aşamalı deneysel çalışma için salınım ve nitrat giderim deneyleri yapılmıştır.

3.4.1.Salınım Deneyi

Öncelikle organik materyallerin karbonlu ve azotlu bileşikleri maksimum düzeyde salma potansiyellerini incelemek üzere salınım testleri yapılmıştır. Belirli reaksiyon süreleri (66, 132, 198, 264 ve 330 saat) boyunca yapılmak üzere materyaller hazırlanmıştır. Analizler için numuneler 50 ml'lik santrifüj tüplerine 2.2 gr. kuru organik madde olacak şekilde koyulmuş ve santrifüj tüplerindeki kuru organik materyallerin üzeri tamamen saf su ile doldurulmuştur. Doldurulan santrifüj tüpleri Stuart Rotator' a yerleştirilerek standart hızla karıştırma işlemi sağlanmıştır.

Reaksiyon süresi sonunda Stuart Rotator'dan alınan tüpler santrifüj cihazına yerleştirilerek 20 dakika santrifüjlenmiştir. Bu işlem bitiminde numunelerdeki katı materyal dibe çökmüştür. 10 cc'lik şırınga yardımıyla katı materyal gelmeyecek şekilde numune alınıp filtrelenerek beherlere süzdürülmüştür. Numunelerin sırasıyla pH, EC, KOİ, nitrit, nitrat ve amonyum ölçümleri yapılmıştır.

Bu ölçümler sayesinde; Distile su ile etkileşime giren organik materyalden salınan çeşitli bileşiklerin tayin edilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek laboratuvar ortamında nitrat giderimi için kullanılacak organik materyal seçilmiştir.

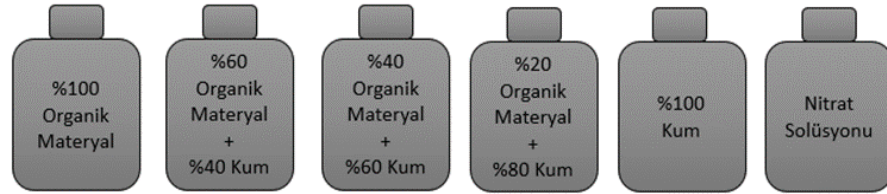
3.4.2.Giderim Deneyleri

İkinci aşamaya geçildiğinde en az iki haftalık bir süreçte suya doymun hale getirilen organik materyallere laboratuvar ortamında hazırladığımız sentetik nitrat solüsyonu eklenerek nitrat giderim verimi incelenmiştir.

Organik maddeler deney öncesinde cam kavanozlarda üzerine içme suyu eklenerek suya doygun hale getirilmiş ve buzdolabında muhafaza edilmiştir. Buzdolabından alınan materyallerle, 100 ml'lik borosilikat cam şişelere deney kurulumu yapılmıştır.

Deneysel kurulum sırasıyla;

- Birinci Şişe: %20 organik madde + %80 kum,
- İkinci Şişe: %40 organik madde + %60 kum,
- Üçüncü Şişe: %60 organik madde + %40 kum,
- Dördüncü Şişe: %100 organik madde
- Beşinci Şişe: %100 kum
- Altıncı Şişe: Nitrat solüsyonu giriş değeri koyularak deneyel kurulum tamamlanmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10. Nitrat giderim deneyleri deneyel kurulumu şematik gösterimi



Şekil 3. 11. Muz Sapi için deneyel kurulum



Şekil 3. 12. Kestane Kabuğu için deneysel kurulum



Şekil 3. 13. Pirinç Çeltiği için deneysel kurulum



Şekil 3. 14. Nohut Kabuğu için deneysel kurulum



Şekil 3. 15.Bezelye Kabuğu için deneysel kurulum

Deney başlangıcında nitrat solüsyonunun değeri ölçülmüştür. Hazırlanan deneyler her bir reaksiyon süresi (66, 132, 198, 264 ve 330 saat) için tekrar edilmiştir. Deneysel kurulum sonrasında şişeler hareketsiz bir şekilde ölçüm süresi gelene dek karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Bekleme süresi bitiminde karanlık ortamdan çıkarılan numunelerin sırasıyla çözünmüş oksijen, pH ve EC seviyeleri ölçülmüştür. Sonrasında şırıngayla şişelerden alınan numuneler 0.45 mikron filtrelerden süzülerek her birinin KOİ, nitrat, nitrit ve amonyum ölçümleri yapılmıştır. Bu işlemler tüm organik materyaller için tekrar edilerek salınım ve nitrat giderim deneyleri tamamlanmıştır.

3.5. Analitik Yöntemler

3.5.1. Çözünmüş Oksijen

Ölçümler HACH-HQ430d flexi cihazı kullanılarak yapıldı. Ölçümlerde Lüminesan/optik çözünmüş oksijen elektrot türü ile ölçüm yapılmıştır.

3.5.2. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Thermo Scientific-Orion Star A215 cihazı kullanılmıştır. ROSS Ultra Triode epoksi-gövde pH/ATC elektrotlu, DuraProbe 4 hücreli iletkenlik sensörü ile ölçümler yapılmıştır.

3.5.3. Nitrat (NO₃)

Spektrofotometre (HACH Lange DR6000) cihazındaki kayıtlı programlardan 353 N, Nitrate MR PP 400 nm seçilmiştir. Deneyler Nitrat belirleme reaktifleri ile HACH'a ait Kadmiyum İndirgeme programı Metot 8171'e göre yapılmıştır.

3.5.4. Nitrit (NO₂)

Spektrofotometre (HACH Lange DR6000) cihazındaki kayıtlı programlardan 373 M, Nitrit HR PP 585 nm seçilmiştir. Deneyler Nitrit belirleme reaktifleri ile HACH'a ait Demir Sülfat programı Metot 8153'e göre yapılmıştır.

3.5.5. Amonyum (NH₃)

Spektrofotometre (HACH Lange DR6000) cihazındaki kayıtlı programlardan 380 N, Amonyak Ness 425 nm seçilmiştir. Deneyler Amonyum belirleme reaktifleri ile HACH'a ait USEPA Nessler programı Metot 8038'e göre yapılmıştır.

3.5.6. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Ölçümler için KOİ tüplerine ilk aşama da 0.9 mL potasyum dikromat, ikinci aşama da 2.1 mL sülfürik asit ve son olarak 1.5 mL numune eklenip çalkanmıştır. Hazır hale getirilen KOİ tüpleri 148°C 'deki Hach Lange LT200 cihazına yerleştirilerek 2 saat kaynatılmıştır. İşlem sonunda tüpler cihazdan çıkartılarak soğumaya bırakılmıştır. Soğutulmuş tüplerin Spektrofotometre (HCl DR-6000) cihazında tek dalga boyu yöntemi seçilerek 600 nm'de okuması yapılmıştır.

Daha öncesinde Potasyum Hidrojen Ftalat (KHP) Stok KOİ Çözeltilisi 10 ml'lik tüplere KOİ 100-1000 aralığında olacak şekilde seyreltmeler yapılarak standartlar hazırlanmıştır. Bu standartlarla yapılan deneyde solüsyonların kalibrasyon grafiği oluşturulup ölçüm aralıkları belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE YORUM

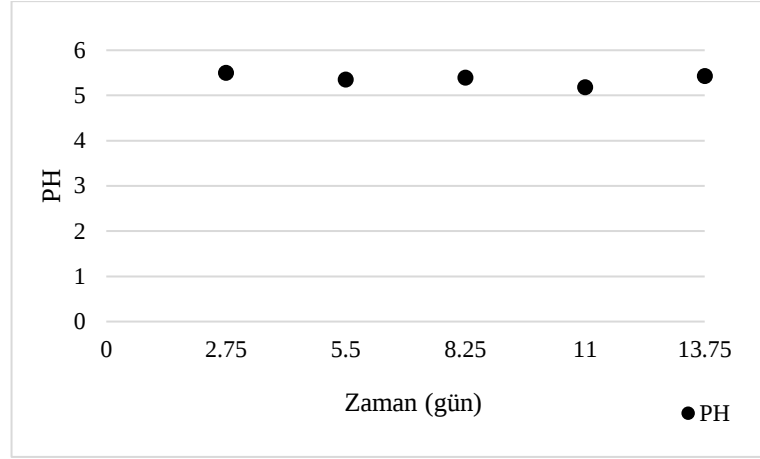
Muz sapı, kestane kabuğu, pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğunun zamana bağlı olarak ortama saldığı çözünmüş organik karbon (KOİ cinsinden) ile denitrifikasyon prosesini destekleme, yine nitrat, nitrit ve amonyum iyonları ile kirletici konsantrasyonunu arttırma potansiyeli araştırılmıştır. Çok düşük karbon konsantrasyonları düşük karbon azot oranı (C/N) nedeniyle denitrifikasyonu desteklemez iken, yüksek karbon değerleri ihtiyaç duyulan anoksik koşullardan arzu edilmeyen anaerobik koşulların oluşumuna ve sonuç olarak farklı proseslerin etkin olmasına sebebiyet verir. Salınım testleriyle sayesinde uygun seviyelerde salınım gösterdiği belirlenen organik materyallerin nitrat giderim potansiyelleri de nitratlı suyun kullanıldığı ve nitrat giderim deneyleri ile araştırılmıştır. Organik madde seviyesinin denitrifikasyon prosesine etkisi yapılan nitrat giderimi deneyleri sonucunda, KOİ, amonyum, nitrit, çözünmüş oksijen, pH ve EC analizleriyle izlenmiştir. Bu kısımda seçilen beş organik madde için salınım ve giderim çalışmalarıyla yapılan analizler sonuçları hakkında bilgi verilmiştir.

4.1. Muz Sapı

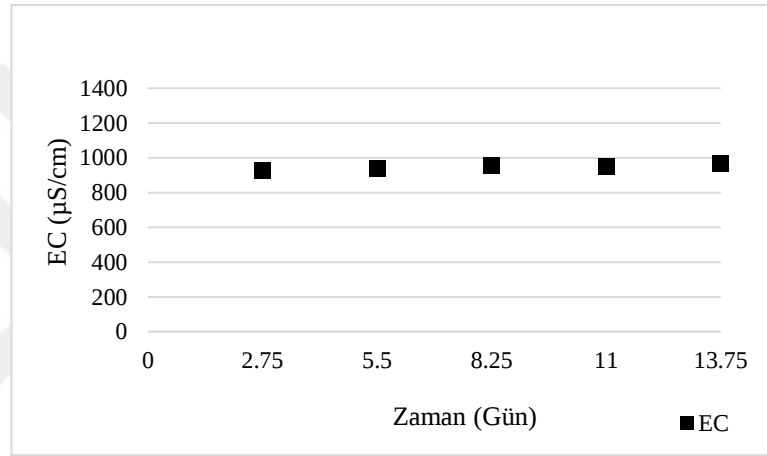
4.1.1. Muz Sapı Salınım Deneyi Sonuçları

4.1.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Muz Sapı için yapılan salınım deneylerinden elde edilen pH değerleri Şekil 4.1’de ve EC değerleri ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Ölçümler sonucunda pH değerleri 5-6 aralığında değişmiştir. Bu sonuçlara göre materyalin asidik özellik gösterdiği anlaşılmıştır. Elektriksel iletkenlik ise 964.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyelerine ulaşmıştır. Sürekli bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu artış çok önemli bulunmamış olsa da zaman ile doğrusal orantılı olarak gerçekleşmiştir.



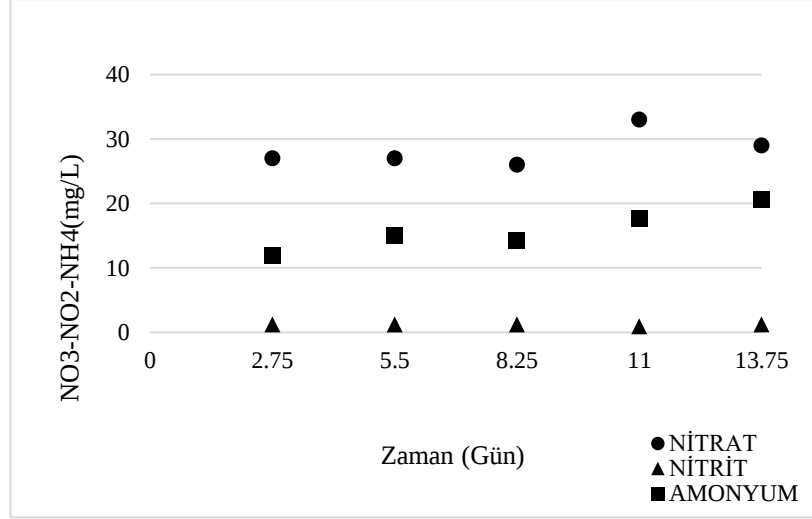
Şekil 4. 1. Muz sapı salınım deneyi pH verileri



Şekil 4. 2. Muz sapı salınım deneyi EC verileri

4.1.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

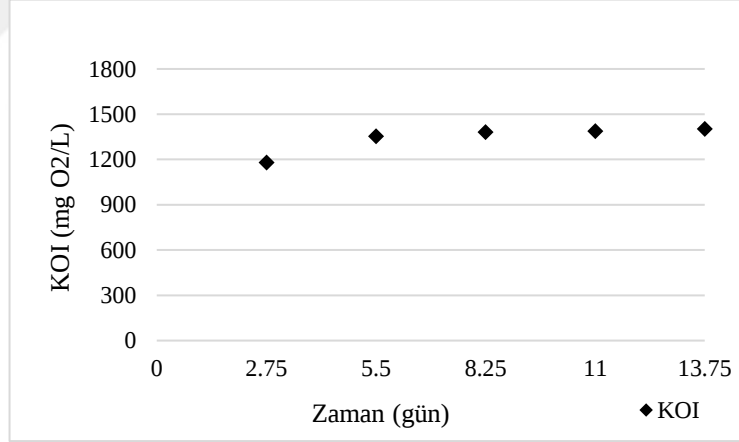
Muz Sapı için yapılan salınım deneyinde 14 gün boyunca nitrit ve nitrat değerlerinde çok fazla bir değişim olmadığı ve yaklaşık 27-33 mg NO₃-N/L ve 0.91-1.22 mg NO₂--N/L seviyelerinde seyrettiği gözlemlenmiştir. Buna karşılık amonyum seviyelerinde zamana bağlı bir yükselme tespit edilmiştir. Amonyum yaklaşık 14 günlük deney sonunda 11.9 mg NH₄-N/L'den 20.6 mg NH₄-N/L değerine yükseldiği görülmüştür. Bu salınım deneyi sayesinde organik maddenin bünyesindeki nitrit, nitrat ve amonyum değerlerine bakılarak aralarındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Muz Sapı salınım deneylerinde elde edilen nitrit, nitrat ve amonyum değerlerinin sonucu Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4. 3. Muz sapı salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri

4.1.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ değerleri zamana bağlı olarak artış göstermiştir. Ölçüm yapılan ilk gün için 1180 mg O₂/L değerinden yaklaşık 14. günün sonunda 1403.2 mg O₂/L seviyelerine ulaştığı görülmüştür. (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4.. Muz sapı salınım deneyi için KOİ verileri

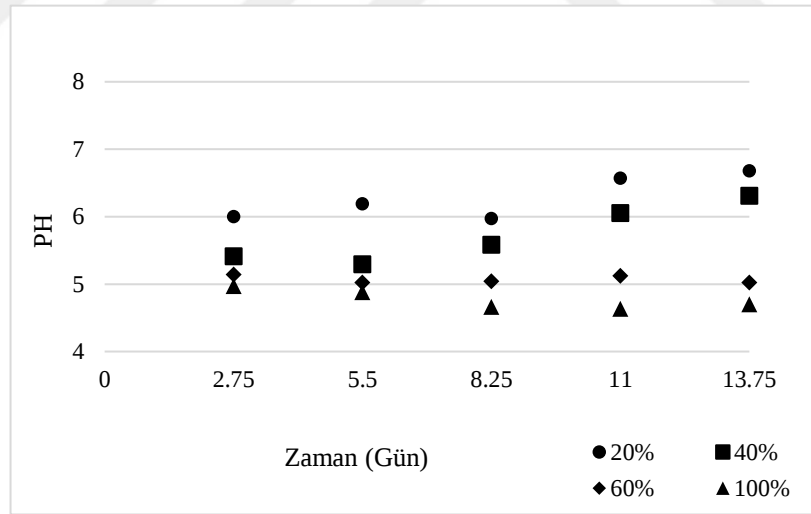
4.1.2. Muz Sapı ile Nitrat Giderim Deney Sonuçları

4.1.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

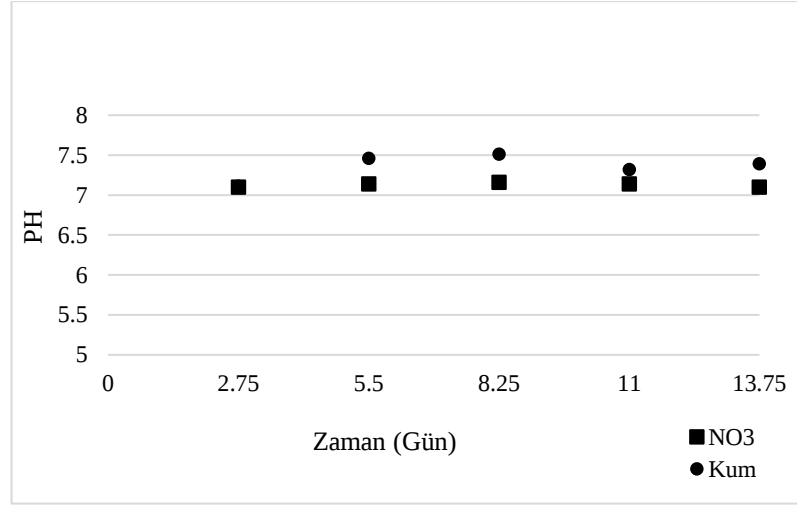
Muz sapı için yapılan giderim deneyleri sonucunda her yüzdelik için ayrı ayrı konulan organik madde içeriği (%20-%40- %60- %100) için pH değerlerinde zamanla grafikte belirgin olarak %20 ve %40 için artış, %60 için sabit, %100 için düşüş söz konusu olduğu gözlemlenmiştir. Organik materyalin fazla olduğu deney şişelerinde (%100) en düşük pH değerleri saptanmış ve organik materyalin az olduğu şişelerde (%20) daha yüksek değerler okunmuştur.

EC değerlerinde ise %20 ve %40 için ikinci günde artış daha sonraki günlerde azalış gözlemlenmiştir. Son güne gelindiğinde ise tekrar arttığı görülmüştür. %60 ise zamana bağlı olarak artmış %100 sabit kalmıştır. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde pH 7-7.5 birim aralığında ölçülmüş ve muz bulunan çalışmalara göre yüksek değerler olduğu belirlenmiştir.. Elektriksel iletkenlik değerleriyse Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişeler için birbirlerine yakın değerler okunmuş ve yaklaşık olarak en düşük 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en yüksek 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu saptanmıştır. Organik materyal bulunan şişelerde yaklaşık 600-950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında okuma yapılmıştır.

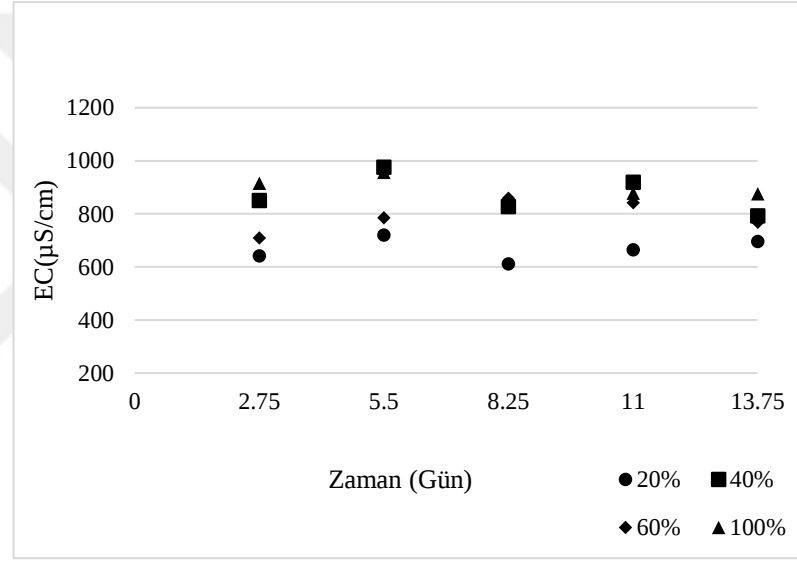
Genel sonuca bakıldığında muz sapı bulunan şişelerde pH değerleri ilk günlerde artış göstermiş ve yaklaşık 5-6 pH birimi arasında değişmiştir. Muz sapı bulunan şişelerdeki EC değerleri ise zamana bağlı olarak artmıştır. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelere göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. pH verileri muz sapı için Şekil 4.5’de, NO_3 solüsyonu ve Kum pH verileri Şekil 4.6’da verilmiştir. EC verileri muz sapı için Şekil 4.7’de, NO_3 solüsyonu ve Kum EC verileri Şekil 4.8’de verilmiştir.



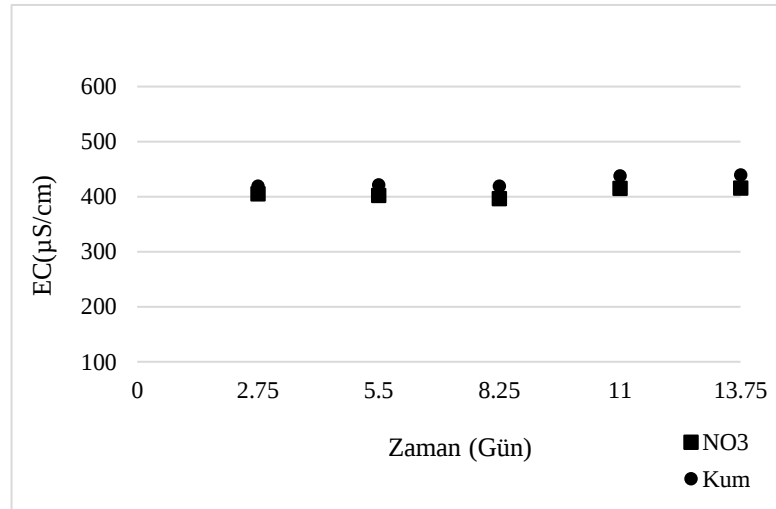
Şekil 4. 5.Muz sapı giderim deneyleri pH verileri



Şekil 4. 6.NO3 solüsyonu ve Kum pH verileri



Şekil 4. 7.Muz sapı giderim deneyleri EC verileri

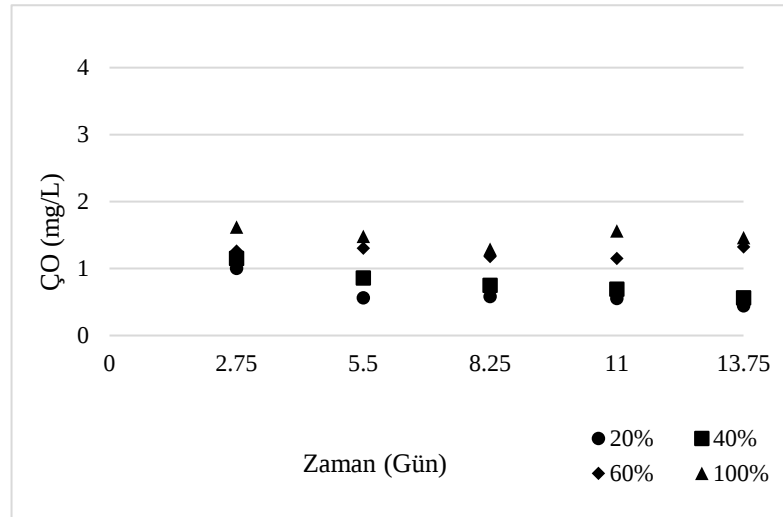


Şekil 4. 8.NO3 solüsyonu ve Kum EC verileri

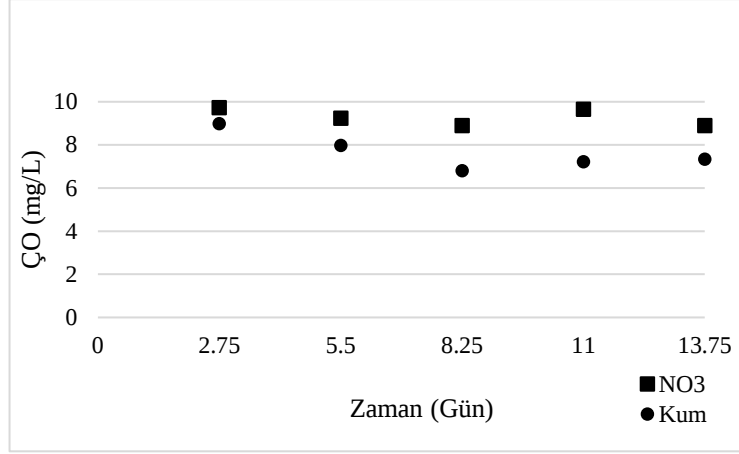
4.1.2.2. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen değerlerinde organik madde yüzdeliklerinin değişmesine rağmen sonuç verilerinin birbirine yakın değerler olduğu gözlemlenmiştir. Çözünmüş oksijen sonuçları 0-2 mg/L aralığında değişmiştir. Bu durum organik materyal yüzdesinin çözünmüş oksijen üzerine belirgin bir etkisi olmadığını göstermiştir. Nitrat Solüsyonu (NO_3) bulunan şişede çözünmüş oksijen değerleri 8.89-9.72 mg/L aralığında sabit olduğu ve kum bulunan şişede 6.28-8.98 mg/L aralığında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

Ölçüm sonuçlarına genel olarak bakıldığında nitrat solüsyonunda Ç.O. 9 mg/L civarında iken içerisinde organik materyal bulunan şişelerde 13,75 gün Ç.O. değeri %20 için 0.44 mg/L, %40 için 0.56 mg/L, %60 için 1.32 mg/L, %100 için 1.29 mg/L'ye kadar düştüğü görülmüştür. Organik materyal bulunan şişelerde Ç.O. değerlerinin düşmesi kullanılan organik maddenin içerisinde bulunan mikroorganizmaların oksijeni tüketmesi olarak açıklanabilmektedir. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde oksijeni tüketecek yeterli organik karbon bulunmadığından Ç.O. değerleri daha yüksek çıkmıştır. Ç.O. verileri muz sapı için Şekil 4.9'da, NO_3 solüsyonu ve Kum pH verileri Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4. 9.Muz sapı giderim deneyleri ÇO verileri



Şekil 4. 10.NO3 solüsyonu ve Kum ÇO verileri

4.1.2.3. Muz Sapı için Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

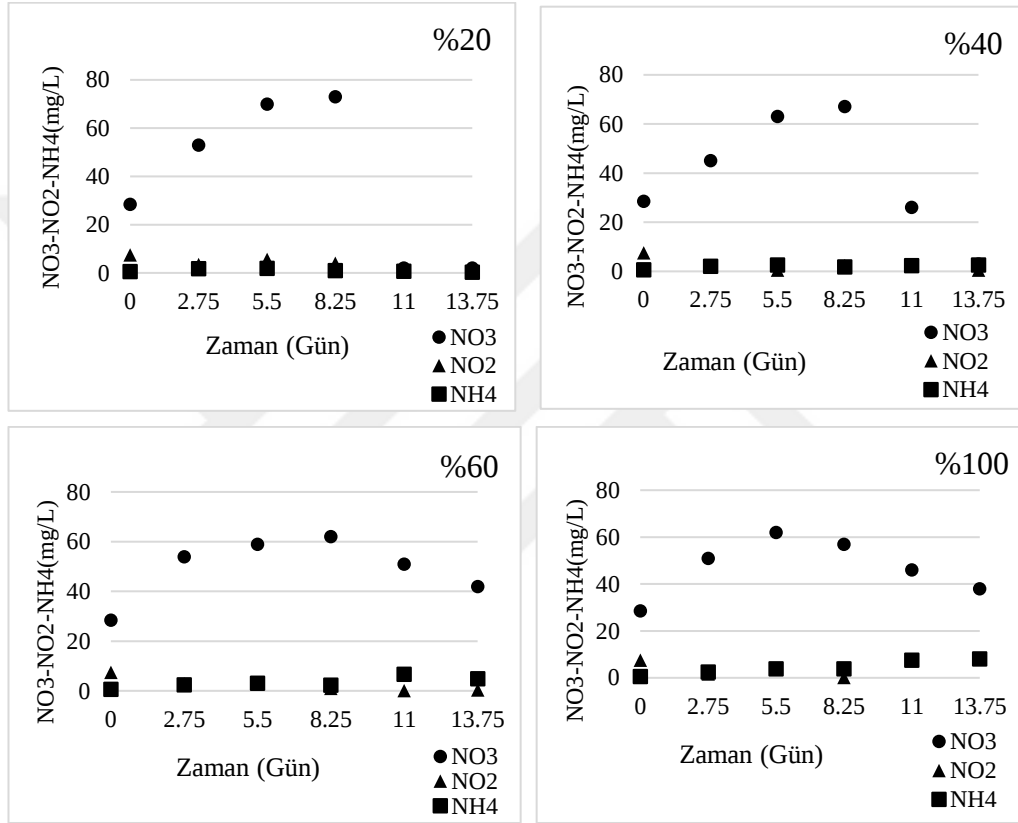
Nitrat solüsyonu için nitrat, nitrit ve amonyum seviyelerinde belirgin bir artış veya azalış olmamış ve genel olarak aynı seviyelerde ilerlediği gözlemlenmiştir. Nitrat değerinde 0. gün ile 14. Gün arasında 2 birimlik bir değişim söz konusudur. Kum için nitrat, nitrit ve amonyum seviyelerinde 0. günden yaklaşık 14. güne kadar bir değişim saptanmamıştır (Şekil 4.12).

Nitrat değerlerinin ölçümlerdeki değerleri yaklaşık olarak aynı çıkarken 5. günde yaklaşık 2.5 mg NO₃--N/L 'lik bir giderim görülerek 29.5 mg NO₃--N/L 'den 27 mg NO₃--N/L 'ye düştüğü gözlemlenmiştir. İçeriğinde muz bulunan şişeler genel olarak değerlendirildiğinde, nitrat değerlerinin 8. güne kadar yükseldiği deney devamında ise azalma gösterdiği izlenmiştir. %20 ve %40 yaklaşık olarak 14. günde 2-3 mg NO₃--N/L seviyelerine düştüğü gözlemlenmiştir. Bununla birlikte %60 ve %100 muz sapı içeren örneklerde 62 mg NO₃--N/L değerine kadar yükselen konsantrasyonun ancak 38-42 mg NO₃--N/L seviyesine düşebildiği ve giriş değerinin üzerinde kaldığı anlaşılmıştır. Nitrat değerlerinin ilk günlerde artma nedeni sNOAlınım deneyinde izlendiği gibi organik maddenin bünyesinden salınan nitratin ve nitrata oksitlenen amonyum olabileceği düşünülmektedir. 40 mg/L seviyelerinde kalmasının sebebi olarak ise sürenin yeterli gelmediği veya düşük pH ve Ç.O. ile yüksek KOI gibi olumsuz ortam koşullarının denitrifikasyon sürecini inhibe ederek yavaşlatması şeklinde açıklanmıştır.

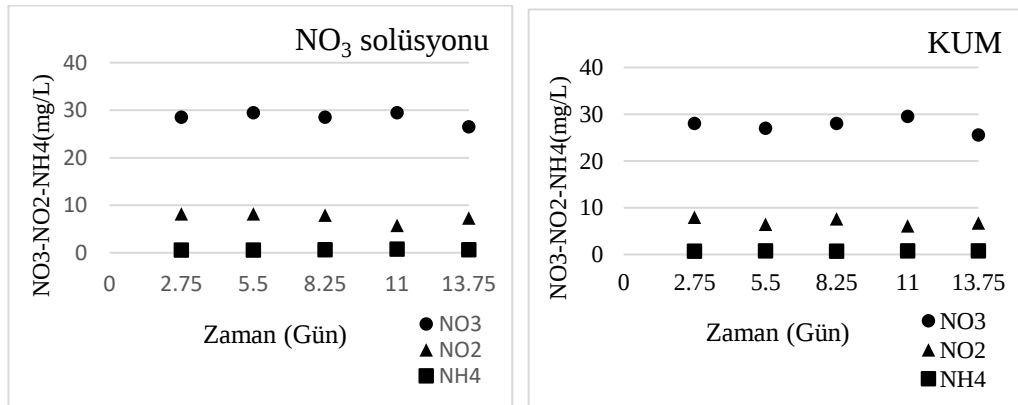
Nitrit değerlerinin 0-5 mg NO₂--N/L seviyelerinde seyrettiği gözlemlenmiştir. Amonyum değerlerindeyse zamana bağlı olarak bir artış gözlemlenmiştir. En yüksek değer %100 organik materyal olan şişe için bulunmuştur. %20 muz sapı için

en yüksek amonyum değeri 1.91 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$, %40 muz sapı için 2.51 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$, %60 muz sapı için yaklaşık 6.66 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ ve %100 muz sapı için yaklaşık 8.06 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ olduğu gözlemlenmiştir.

Muz sapı %20, %40, %60, %100 yüzdelik miktarlarına göre elde edilen nitrat, nitrit ve amonyum değeri ölçüm sonuçları Şekil 4.11’de verilmiştir. Nitrat solüsyonu ve kum için nitrat, nitrit ve amonyum değeri ölçüm sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir.



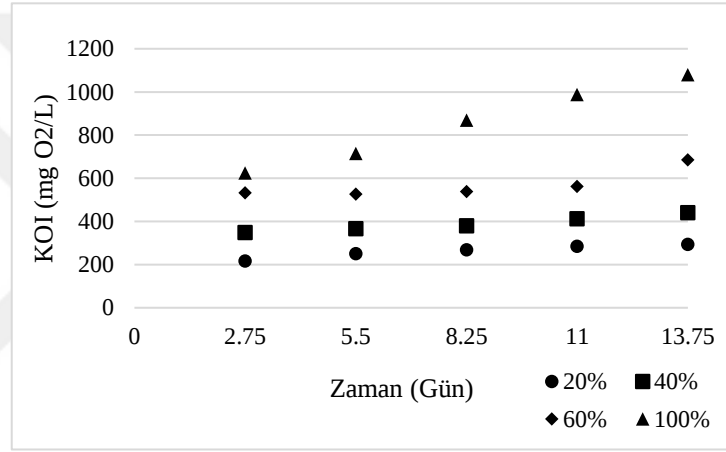
Şekil 4. 11.Muz sapı için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi



Şekil 4. 12. NO3 solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi

4.1.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

Organik materyal içeriğinin etkisi izlenmiş ve en yüksek KOİ değerleri %100 muz sapı bulunan şişelerde izlenmiştir. Bekleme süresi arttıkça; %20 muz sapı bulunan şişelerde KOİ değerleri 216.6 mg O₂/L'den 293.11 mg O₂/L 'ye, %40 muz sapı bulunan şişelerde KOİ değerleri 348.16 mg O₂/L'den 439.9 mg O₂/L 'ye, %60 muz sapı bulunan şişelerde KOİ değerleri 531.65 mg O₂/L'den 684.55 mg O₂/L 'ye, %100 muz sapı bulunan şişelerde KOİ değerleri 623.39 mg O₂/L'den 1079 mg O₂/L 'ye yükselmiştir. Genel olarak KOİ değerlerindeki artış muz sapının uzun vadede organik karbon salma özelliği taşıdığını göstermektedir. Muz sapı için KOİ değerlerinden elde edilen sonuçlar Şekil 4.13'de verilmiştir.



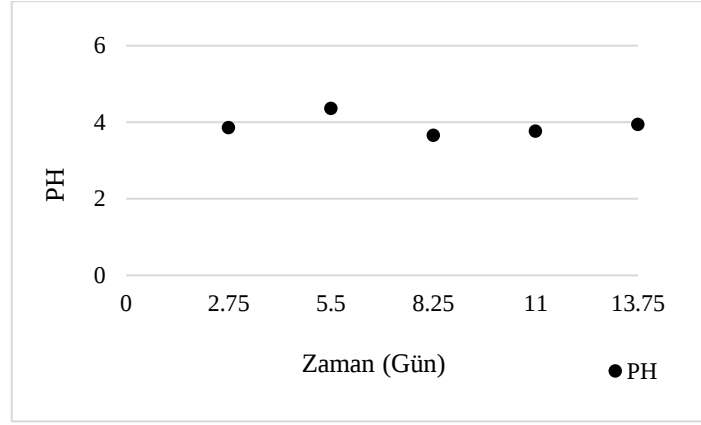
Şekil 4. 13.Muz sapı için KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi

4.2. Kestane Kabuğu

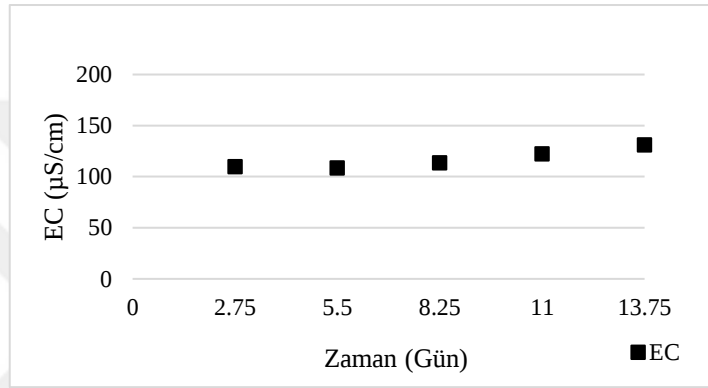
4.2.1. Kestane Kabuğu Salınım Deneyi Sonuçları

4.2.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Kestane Kabuğu için yapılan salınım deneyinden elde edilen pH verileri Şekil 4.14'de ve elektriksel iletkenlik sonuçları Şekil 4.15'de verilmiştir. Ölçümler sonucunda pH değerleri 3.66-4.36 aralığında kaldığı ve seyrini değiştirmeyip dengede kaldığı görülmektedir. Elektriksel iletkenlik ise zamana bağlı olarak artış gözlemlenmiştir. 100-150 µS/cm civarında sabit bir sonuç izlediği tespit edilmiştir.



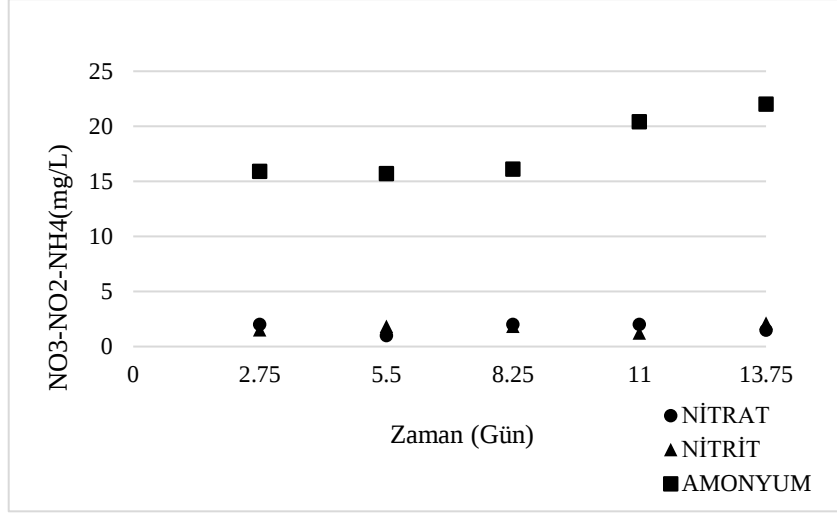
Şekil 4. 14.Kestane kabuğu salınım deneyi pH verileri



4. 15.Kestane kabuğu salınım deneyi EC verileri

4.2.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

Kestane kabuğu için yapılan salınım deneyinde 14 gün boyunca nitrit ve nitrat değerlerinde çok fazla bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir. Nitrat değeri yaklaşık 1-2 mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ ve nitrit değeri 1-2.5 mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$ aralığında seyrettiği gözlemlenmiştir. Buna karşılık amonyum seviyelerinde zamana bağlı bir yükselme tespit edilmiştir. Amonyum yaklaşık 14 günlük deney sonunda 15.9 mg $\text{NH}_4\text{-N/L}$ 'den 22 mg $\text{NH}_4\text{-N/L}$ değerine yükseldiği görülmüştür. Bu salınım testi sayesinde organik maddenin bünyesindeki nitrit, nitrat ve amonyum değerlerine bakılarak aralarındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Kestane kabuğu salınım deneylerinde elde edilen nitrit, nitrat ve amonyum değerlerinin sonucu Şekil 4.16'da verilmiştir.

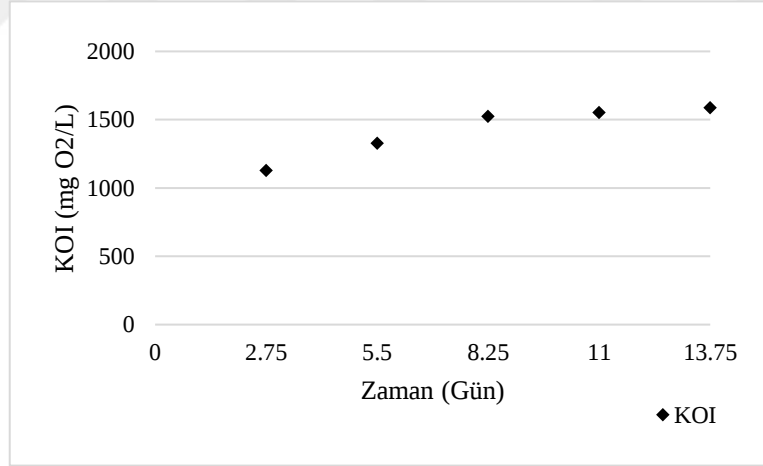


Şekil 4. 16. Kestane kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri

Şekil 4. 16.. Kestane kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri

4.2.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ değerlerinde zamana bağlı olarak düzenli bir artış saptanmıştır. Ölçüm yapılan ilk saat için 1128 mg O₂/L de ğerinden yaklaşık 14. günün sonunda 1586.7 mg O₂/L seviyelerine ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.17).



Şekil 4. 17. Kestane kabuğu salınım deneyi için KOİ verileri

4.2.2. Kestane Kabuğu ile Giderim Deney Sonuçları

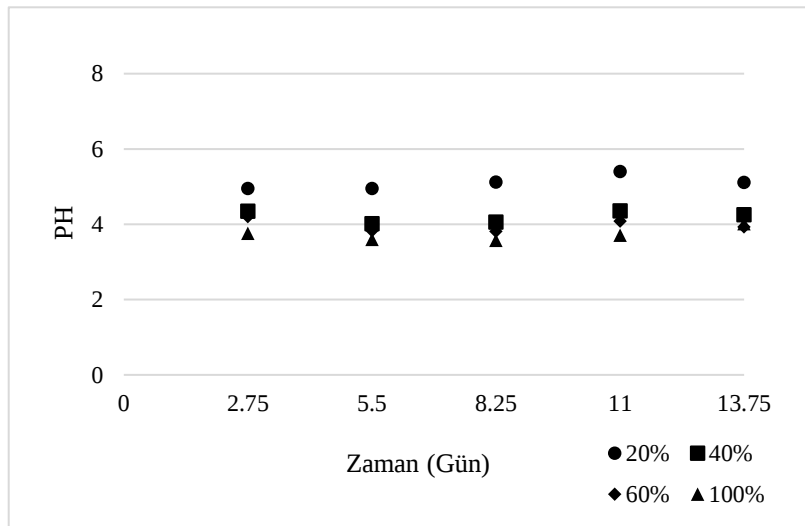
4.2.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Kestane kabuğu için yapılan giderim deneyleri sonucunda her yüzdelik için ayrı ayrı konulan organik madde içeriği (%20-%40- %60- %100) için pH değerlerinde sabit yaklaşık değerler kaydedilmiştir. Yaklaşık değerlerin 3.5-5 pH birimi aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Organik materyalin %100 olduğu deney

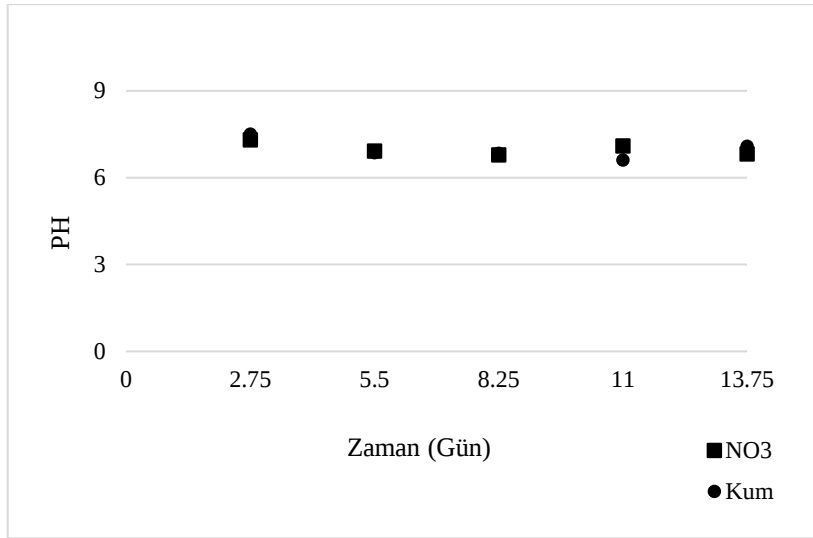
şişelerinde düşük pH seviyeleri okunurken organik materyalin az olduğu %20 şişelerinde %100'e göre yüksek değerler okunmuştur.

EC değerlerinde ise kestane yüzdesine göre zaman bağlı olarak farklı seyirler tespit edilmiştir. %20 kestaneli örneklerde EC zamanla azalırken, %40 kestaneli örneklerde sabit, %60 ve %100 kestaneli örneklerde ise artış gözlemlenmiştir. Giderim testlerindeki EC değerlerinin salınım deneyine göre daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde pH değerlerinde sabit seviyeler izlenmiştir. Bunlar genel olarak organik materyal bulunan şişelere göre daha yüksek bulunmuştur. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde; pH 6.5-7.5 birim aralığında seyredirken elektriksel iletkenlik yaklaşık olarak en düşük 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en yüksek 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu saptanmıştır. Bu değerler organik materyal bulunan örneklerinkiyle yaklaşık olarak yakın değerlerde çıkmıştır.

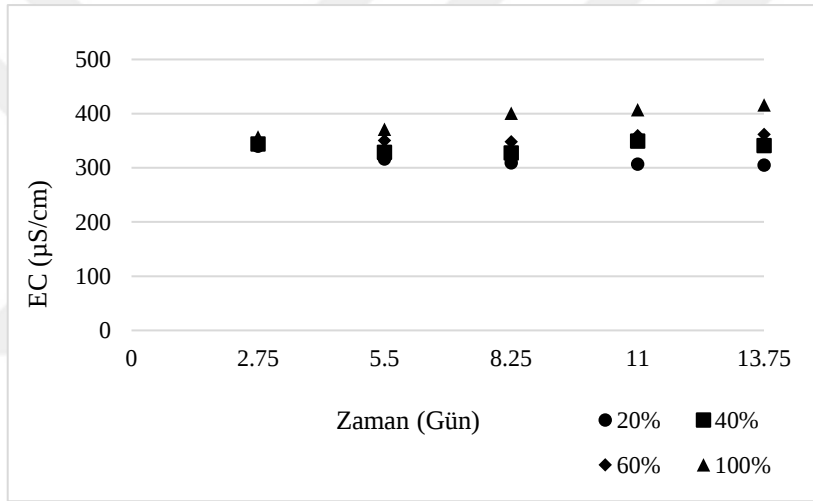
Genel sonuca bakıldığında pH değerleri için Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde organik materyal bulunan şişelere göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Elektriksel iletkenlik için ise Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişeler organik materyal bulunan şişelere yaklaşık olarak yakın değerler çıkmıştır. pH verileri kestane kabuğu için Şekil 4.18'de, NO_3 solüsyonu ve Kum pH verileri Şekil 4.19'da verilmiştir. EC verileri kestane kabuğu için Şekil 4.20'de, NO_3 solüsyonu ve Kum EC verileri Şekil 4.21'de verilmiştir.



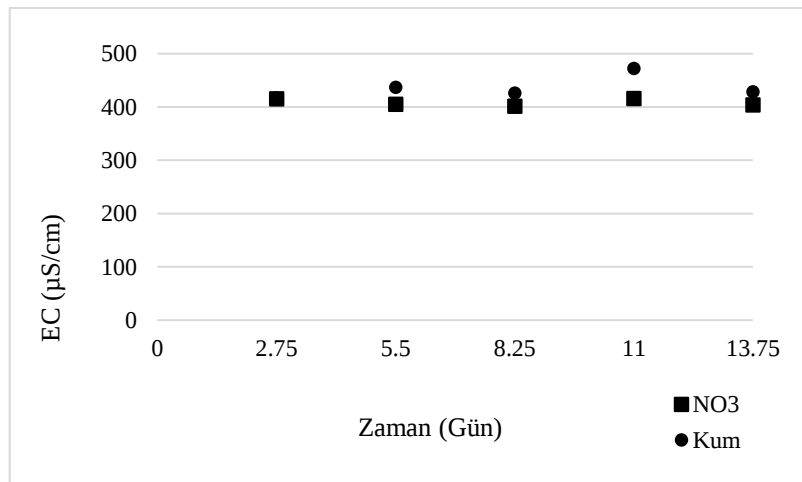
Şekil 4. 18.Kestane Kabuğu giderim deneyleri pH verileri



Şekil 4. 19.NO3 solüsyonu ve Kum pH verileri



Şekil 4. 20.Kestane Kabuğu giderim deneyleri EC verileri

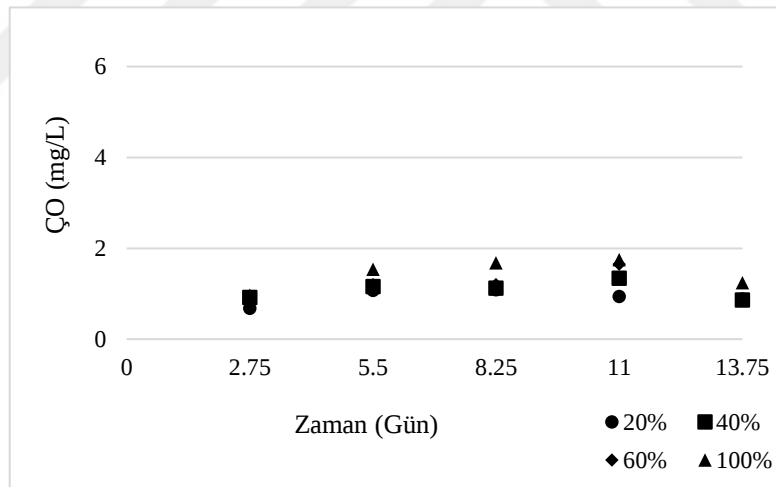


Şekil 4. 21.NO3 solüsyonu ve Kum EC verileri

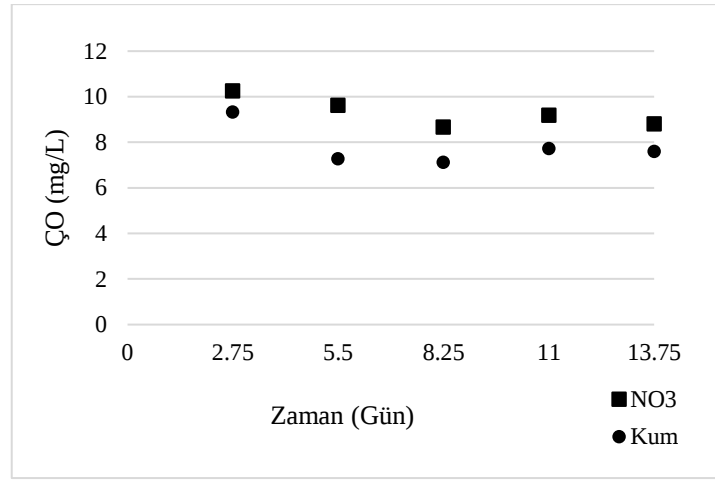
4.2.2.2. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen değerlerindeki organik materyal yüzdelikleri değişimine karşın sonuçların birbirine yakın değerler olduğu gözlemlenmiştir. Çözünmüş oksijen sonuçları 0-2 mg/L aralığında değişmiştir. Nitrat Solüsyonu (NO_3) bulunan şişede çözünmüş oksijen değerleri 8-10 mg/L aralığında değişmekte ve kum bulunan şişede 7-9.32 mg/L aralığında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir.

Ölçüm sonuçlarına genel olarak bakıldığında nitrat solüsyonunda Ç.O. 9 mg/L civarında iken içerisinde organik materyal bulunan şişelerde Ç.O. değerinin 9 mg/L'den 0.85 mg/L civarına kadar düştüğü görülmüştür. Çözünmüş oksijen değerleri muz sapında gözlemlendiği gibi organik materyal kaynaklı olarak düşüş göstermiştir. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde oksijeni tüketecek yeterli mikroorganizma bulunmadığından çözünmüş oksijen değerleri daha yüksek çıkmıştır. Kestane kabuğu giderim deneylerinden elde edilen çözünmüş oksijen sonuçları Şekil 4.22'de nitrat solüsyonu ve kum sonuçları ise Şekil 4.23'de verilmiştir.



Şekil 4. 22.. Kestane Kabuğu giderim deneyleri ÇO verileri



Şekil 4. 23.NO3 solüsyonu ve Kum ÇO verileri

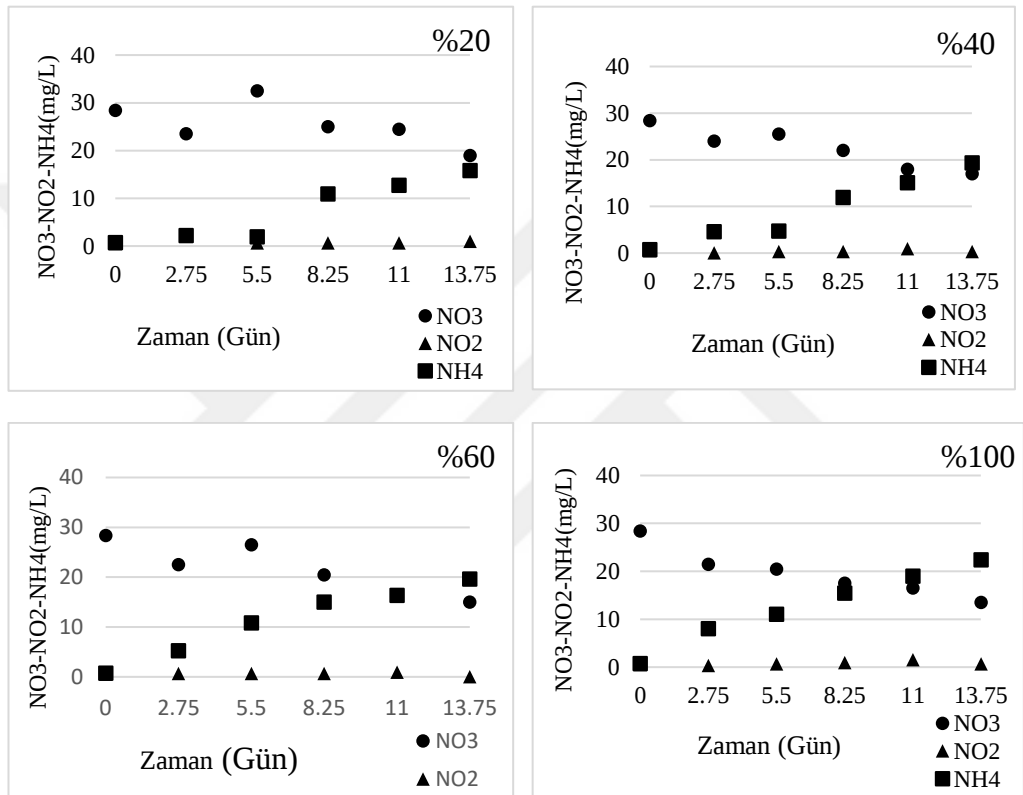
4.2.2.3. Kestane Kabuğu İçin Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

Nitrat solüsyonu için nitrat, nitrit ve amonyum seviyelerinde belirgin bir artış veya azalış görülmemiş ve genel olarak aynı seviyelerde ilerlediği gözlemlenmiştir. Nitrat değerinde 0. gün ile 14. Gün arasında 1 birimlik bir değişim söz konusudur. Kum için nitrat, nitrit ve amonyum seviyelerinde 0. günden yaklaşık 14. güne kadar bir değişim saptanmamıştır. Nitrat değerlerinin ölçümlerdeki değerleri yaklaşık olarak aynı çıkmıştır.

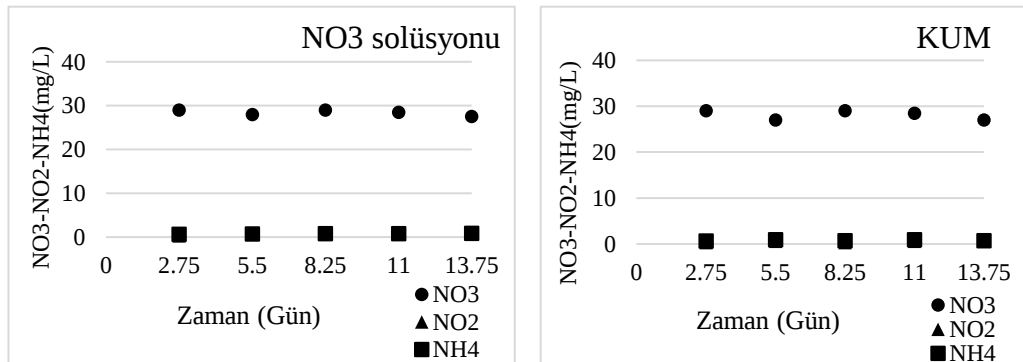
İçeriğinde organik materyal bulunan şişeler genel olarak değerlendirildiğinde, nitrat değerlerinin hepsinin seviyelerinde genel bir azalma olduğu izlenmiştir. %20, %40, %60 ve %100 oranlarındaki şişelerin nitrat seviyeleri yaklaşık olarak 14. günde 13-19 mg NO₃--N/L seviyelerine kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Nitrat giderimde en yüksek kestane kabuğu yüzdesinin (%100) diğerlerine daha iyi sonuç verdiği görülmüş ve nitrat değerinin yaklaşık 28.4 mg NO₃--N/L 'den 13.5 mg NO₃--N/L'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. En düşük nitrat giderimi ise en düşük kestane yüzdesi için belirlenmiş ve konsantrasyon 20 mg NO₃--N/L seviyesinde kalmıştır. Bu değerler muz çalışması değerlerine göre oldukça yüksek bulunmuştur. Nitrit değerlerinin 0-2 mg NO₂--N/L seviyelerinde seyrettiği gözlemlenmiştir. Amonyum değerlerindeyse zamana bağlı olarak bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış %20, %40, %60, %100 şişeleri için aynı seviyelerde ölçülmüştür. %20 kestane kabuğu için en yüksek amonyum değeri 15.83 mg NH₃-N/L, %40 kestane kabuğu için 19.33 mg NH₃-N/L, %60 kestane kabuğu için yaklaşık 19.63 mg NH₃-N/L ve %100 kestane kabuğu için yaklaşık 22.43 mg NH₃-N/L olduğu gözlemlenmiştir. Salınım deneylerinde kestanenin başlıca amonyum saldığı tespit edilmiş idi, ancak bu

amonyum nitrata oksitlenemediği nitrat konsantrasyonların sabit seyretmesinden anlaşılmaktadır. Bunun nedeni oksijen yetersizliği ve/veya denitrifikant bakterilerin fazla çoğalamamış olmasından ötürü olabilir.

Kestane kabuğu %20, %40, %60 ve %100 şişelerinin miktarlarına göre elde edilen nitrat, nitrit ve amonyum değeri ölçüm sonuçları Şekil 4.24’de verilmiştir. Nitrat solüsyonu ve kum için nitrat, nitrit ve amonyum değeri ölçüm sonuçları Şekil 4.25’de verilmiştir.



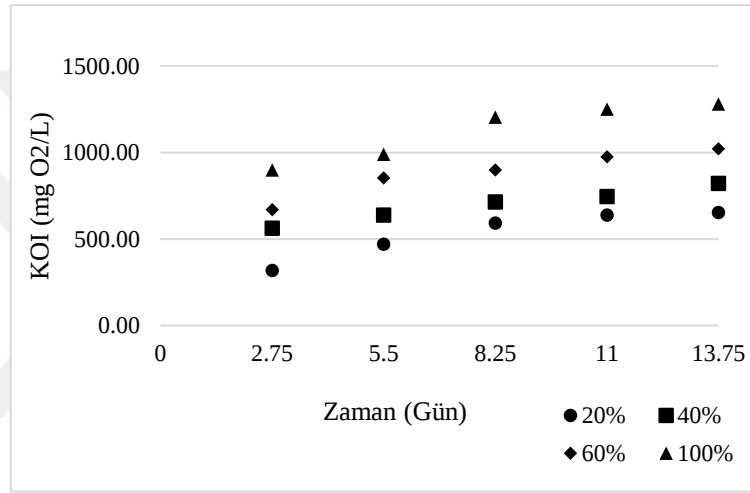
Şekil 4. 24. Kestane Kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi



Şekil 4. 25. NO3 solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi

4.2.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

KOİ değerlerinde zamanla birlikte artış gözlemlenmiştir. Bekleme süresi arttıkça; %20 kestane kabuğu bulunan şişelerde KOİ değerleri 317.58 mg O₂/L'den 653.97 mg O₂/L 'ye, %40 kestane kabuğu bulunan şişelerde KOİ değerleri 562.23 mg O₂/L'den 822.17 mg O₂/L 'ye, %60 kestane kabuğu bulunan şişelerde KOİ değerleri 669.26 mg O₂/L'den 1020.64 mg O₂/L 'ye, %100 kestane kabuğu bulunan şişelerde KOİ değerleri 898.62 mg O₂/L'den 1280.88 mg O₂/L 'ye yükselmiştir. Kestane kabuğu için KOİ değerlerinden elde edilen sonuçlar Şekil 4.26'da verilmiştir.



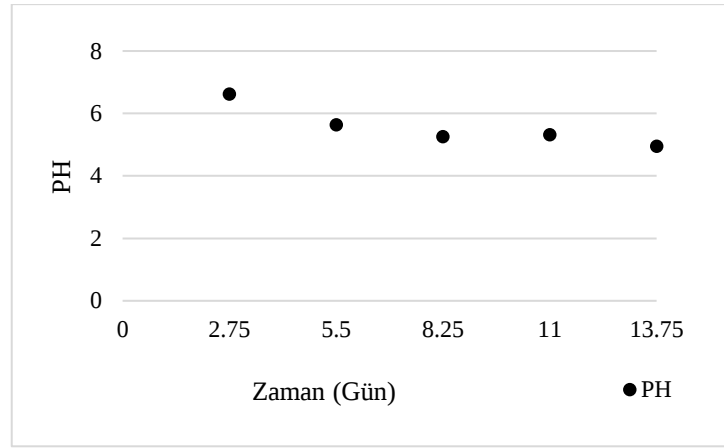
Şekil 4. 26.. Kestane Kabuğu KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi

4.3. Pirinç Çeltiği

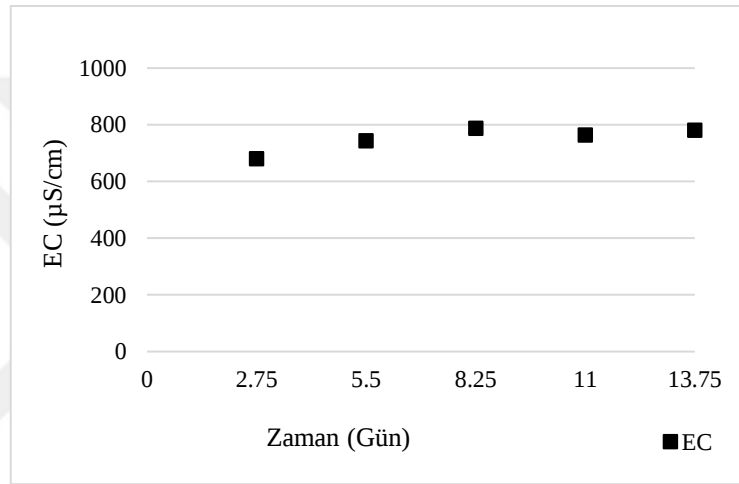
4.3.1. Pirinç Çeltiği Salınım Deneyi Sonuçları

4.3.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Pirinç çeltiği ile yapılan salınım deneyi pH değerleri zamana bağlı olarak azalış göstermiş ve 5-6.6 aralığında sonuçlar verdiği görülmüştür. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise zamanla birlikte artış göstererek yaklaşık 0. günde 680 µS/cm iken 14. günde 780 µS/cm 'ye çıktığı belirlenmiştir. Pirinç çeltiği için yapılan ölçümlerden elde edilen pH verileri Şekil 4.27'de ve EC verileri Şekil 4.28'de verilmiştir.



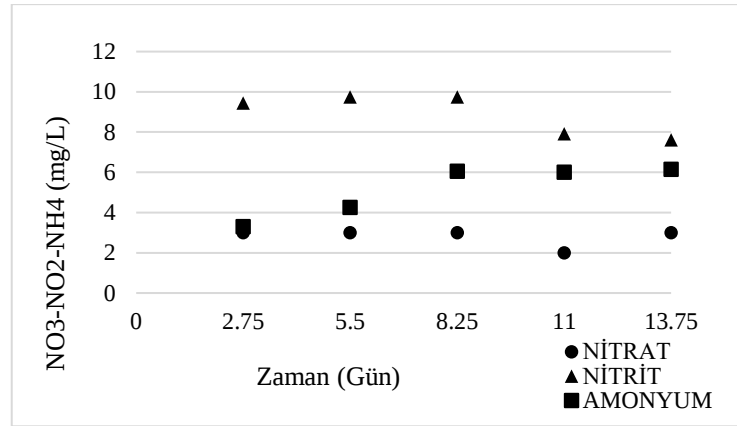
Şekil 4. 27. Pirinç çeltiği salınım deneyi pH verileri



Şekil 4. 28. Pirinç çeltiği salınım deneyi EC verileri

4.3.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

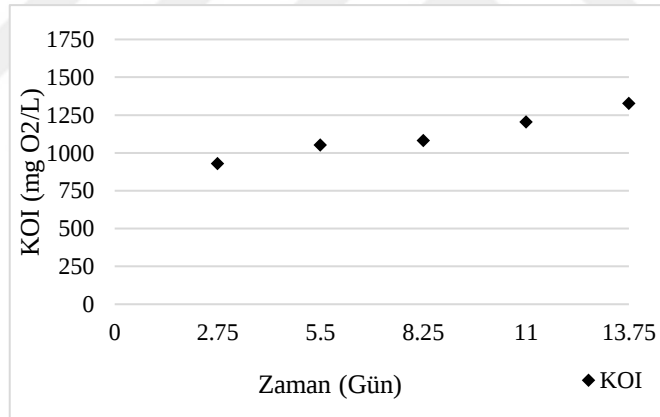
Pirinç çeltiği distile su ile etkileşimde bulunduğu nitrat genelde sabit ancak nitrit değerlerinde azalma ve amonyumda artış gözlemlenmiştir. Nitrat değerleri 2–3 mg $\text{NO}_3\text{--N/L}$ aralığındayken nitrit değerleri yaklaşık 7.5–9.5 mg $\text{NO}_2\text{--N/L}$ aralığında değişim göstermiştir. Pirinç çeltiğinin amonyum seviyelerine bakıldığında ise yaklaşık 14. günün sonunda 3.3 mg $\text{NH}_3\text{--N/L}$ 'den 6.15 mg $\text{NH}_3\text{--N/L}$ değerine yükselmiştir. Pirinç çeltiği sızıntı deneylerinden elde edilen nitrat, nitrit ve amonyum sonuçları Şekil 4.29'da verilmiştir.



Şekil 4. 29. Pirinç çeltiği salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri

4.3.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

Pirinç çeltiği KOİ sonuçları zamana göre yavaş bir şekilde artış göstererek yaklaşık olarak 0.günde 920 mg O₂/L değerindeyken 14. günün sonunda 1325 mg O₂/L seviyelerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Pirinç çeltiği salınım deneyinden elde edilen KOİ değerleri Şekil 4.30.'da verilmiştir.



Şekil 4. 30. Pirinç çeltiği salınım deneyi için KOİ verileri

4.3.2. Pirinç Çeltiği ile Giderim Deney Sonuçları

4.3.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

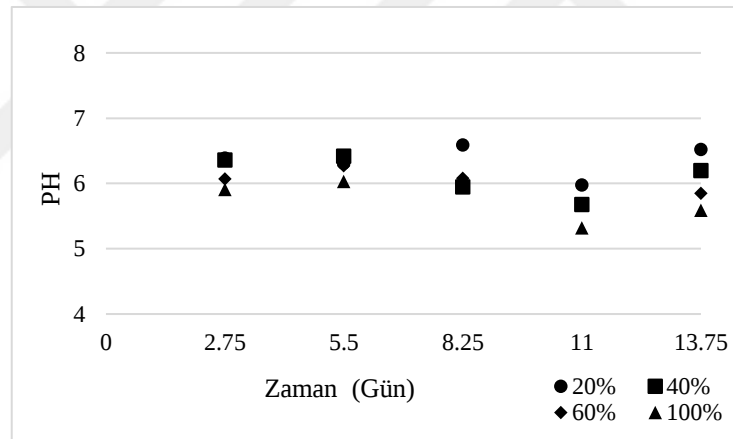
Pirinç çeltiği ile yapılan ölçümler sonucunda organik materyal bulunan şişeler için pH değerleri 5-6.5 aralığında seyretmiştir. Genel olarak organik materyal içeriği yüksek olan %60 ve %100 deney şişelerinde en düşük pH değerleri görülürken organik materyalin az olduğu %20 ve %40 deney şişelerinde diğerlerine göre daha yüksek değerler gözlemlenmiştir. Yaklaşık 14. günde %20, %40, %60 ve %100 pirinç çeltiği için tespit edilen pH değerleri sırasıyla 6.5, 6.2, 5.9 ve 5.6'dır. EC değerleri genel olarak aynı seviyelerde seyretmiş fakat salınım deneyinden elde

edilen değerlerden daha düşük sonuçlar verdiği görülmüştür. 14. günde %20, %40, %60 ve %100 pirinç çeltiği için sırasıyla 403, 407, 443 ve 514 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerleri ölçülmüştür.

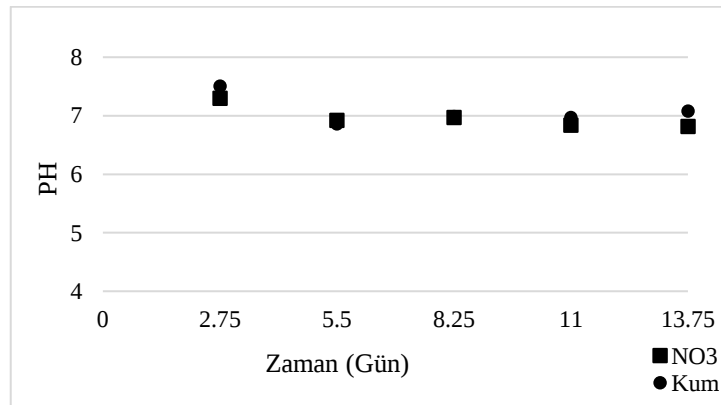
Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde pH birim değerleri aynı seviyelerde ölçülmüştür. Nitrat solüsyonu ve kum için ölçülen yaklaşık pH birim değerleri 6.8-7.5 aralığında seyretmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise birbirlerine yakın değerlerde sonuçlar vermiştir. Nitrat solüsyonu ve kum için yaklaşık EC değerleri 400-430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığındadır.

Genel olarak bakıldığında pH ve EC için; pirinç çeltiği bulunan şişeler ile nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişeler arasında gözle görülür bir fark gözlemlenmemiştir.

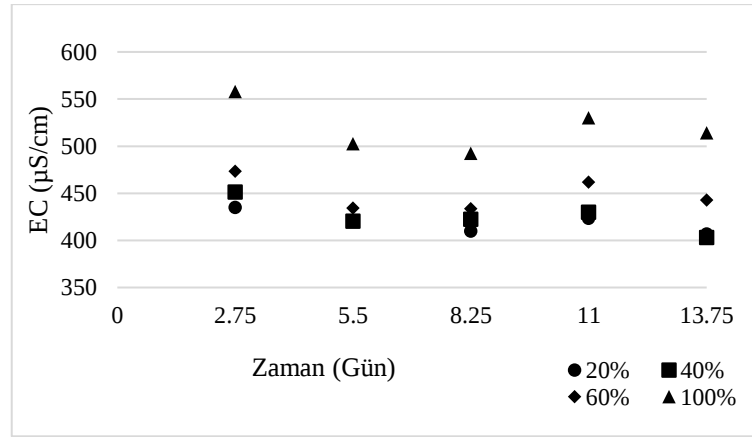
Pirinç Çeltiği pH sonuçları Şekil 4.31’de, Nitrat solüsyonu ve kum sonuçları Şekil 4.32’de verilmiştir. EC ölçümlerinden elde edilen pirinç çeltiği sonuçları Şekil 4.33’de Nitrat solüsyonu ve kum sonuçları ise Şekil 4.34.’te verilmiştir.



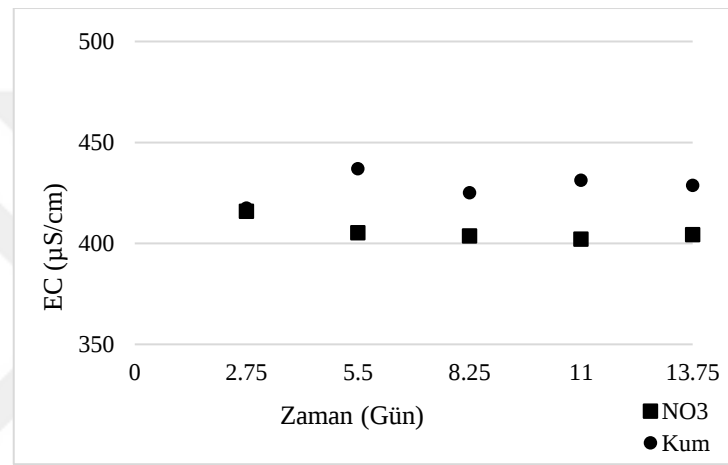
Şekil 4. 31. Pirinç çeltiği giderim deneyleri pH verileri



Şekil 4. 32. NO_3 solüsyonu ve Kum pH verileri



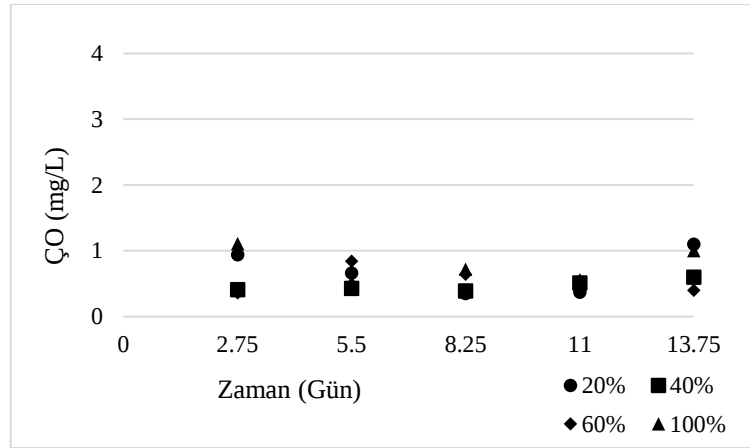
Şekil 4. 33. Pirinç çeltiği giderim deneyleri EC verileri



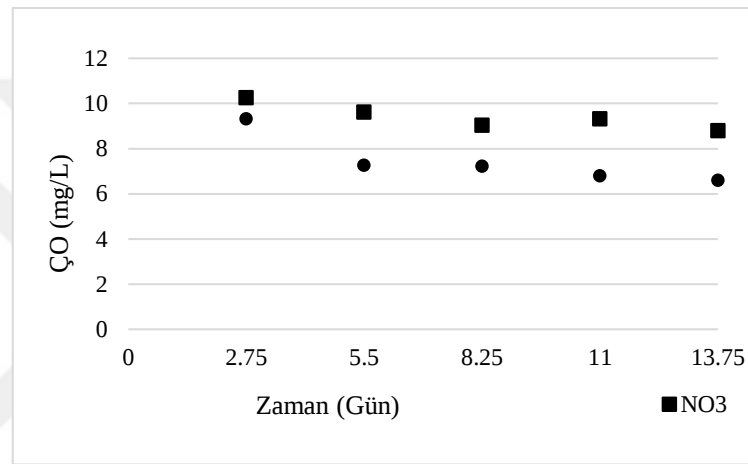
Şekil 4. 34. NO₃ solüsyonu ve Kum EC verileri

4.3.2.2. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen değerleri organik materyal miktarı değişse bile sonuçlar birbirine yakın değerler çıkmıştır. Sonuçlar yaklaşık olarak 0.3-1.2 mg/L aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde çözünmüş oksijen değerlerinin birbirlerine yakın yani aynı seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen değerinin Nitrat solüsyonu bulunan şişelerde 8.8-10 mg/L aralığında, kum bulunan şişelerde ise 6.8-7.3 mg/L aralığında seyrettiği gözlemlenmiştir. Çözünmüş oksijen değerleri diğer organiklerde olduğu gibi organik madde kaynaklı olarak düşüş gözlemlenmiştir. Pirinç çeltiği için çözünmüş oksijen ölçüm sonuçları Şekil 4.35’de Nitrat solüsyonu ve kum verileri ise Şekil 4.36’da verilmiştir.



Şekil 4. 35. Pirinç çeltiği giderim deneyleri ÇO verileri



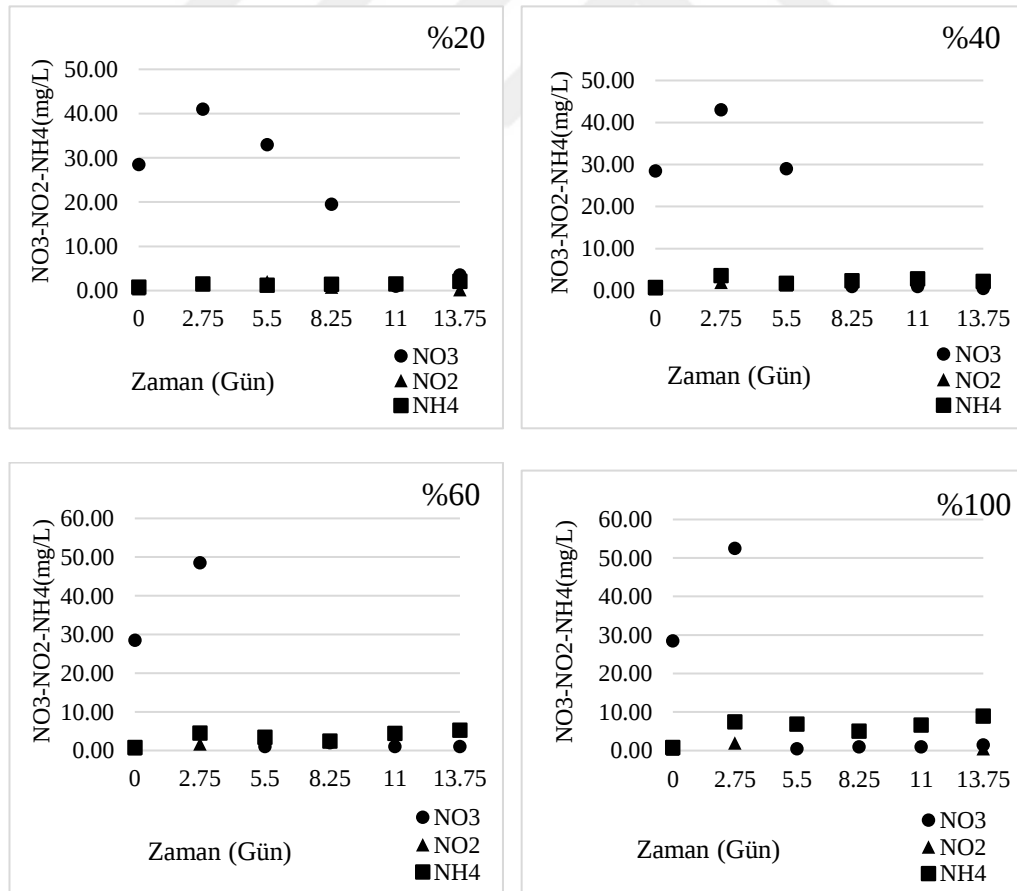
Şekil 4. 36. NO₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri

4.3.2.3. Pirinç Çeltiği Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

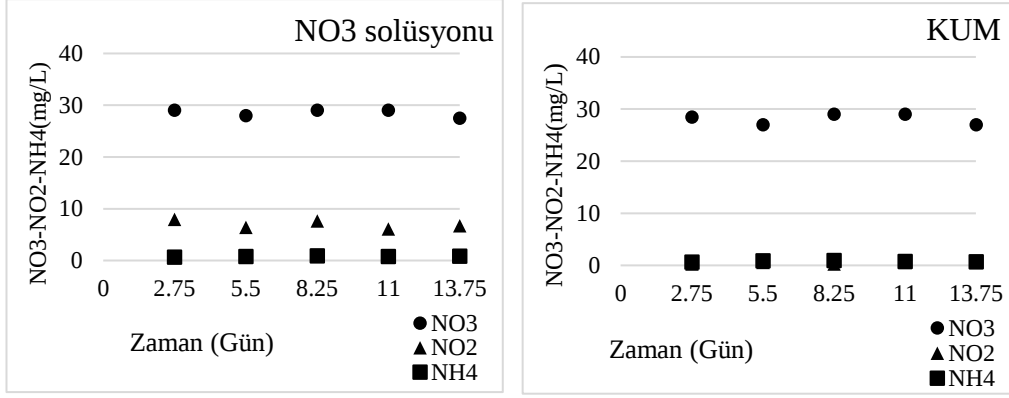
Nitrat solüsyonu için nitrit ve amonyum seviyelerinde belirgin bir artış veya azalış görülmemiş ve genel olarak aynı seviyelerde ilerlediği gözlemlenmiştir. Nitrat değerindeyse 0. gün ile 14. Gün arasında 2.5 birimlik bir azalma söz konusudur. Ölçüm seviyesi yaklaşık 29 mg NO₃--N/L olduğu görülmüştür. Kum için nitrit ve amonyum seviyelerinde 0. günden yaklaşık 14. güne kadar gözle görülür bir değişim saptanmamıştır. Nitrat değerlerindeyse yaklaşık olarak 1.5 birimlik bir fark çıkmıştır. Ölçüm seviyesi yaklaşık 28.5 mg NO₃--N/L olduğu görülmüştür.

Pirinç çeltiği bulunan şişeler genel olarak değerlendirildiğinde, nitrat konsantrasyonunun tüm yüzdelikler için (%20, %40, %60, %100) yaklaşık 3. güne kadar yükseldiği ancak daha sonrasında belirgin bir düzeyde düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu yükselişin çeltik yüzdesiye arttığı ve %20, %40, %60 ve %100 için sırasıyla 41, 43, 48 ve 53 mg NO₃- -N/L değerlerine ulaştığı Şekilde 4.37'de

görülmektedir. Nitrat giderimi için 13,75'inci günde %20 için 3.5 mg NO₃--N/L, %40 için 0.5 mg NO₃--N/L, %60 için 1 mg NO₃--N/L, %100 için 1.5 mg NO₃--N/L'ye kadar düştüğü ve çok iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Ortamdaki nitrit değerlerinin de ilk günlerde yükseldiği gözlemlenmiş daha sonrasında azalma göstererek 0-1 mg NO₂--N/L seviyelerine düştüğü görülmüştür. Amonyum değerlerindeyse %20, %40, %60 ve %100 için ölçümler yapılmış ve organik madde içeriği arttıkça amonyum seviyelerinin arttığı belirlenmiştir. Amonyum değerleri yaklaşık olarak %20 pirinç çeltiği için 1.22 mg NH₃-N/L'den 2.07 mg NH₃-N/L 'ye %40 pirinç çeltiği için 1.72 mg NH₃-N/L'den 2.17 mg NH₃-N/L 'ye, %60 pirinç çeltiği için 2.42 mg NH₃-N/L 'den 4.57 mg NH₃-N/L 'ye ve %100 pirinç çeltiği için 5.02 mg NH₃-N/L'den 9 mg NH₃-N/L seviyesine kadar yükselmiştir. En yüksek amonyum değeri artışı en yüksek organik materyal içeriğine sahip %100 deney şişesi için bulunmuştur. Pirinç çeltiği miktarlarına (%20, %40, %60, %100) göre elde edilen nitrat, nitrit ve amonyum değeri Şekil 4.37'de nitrat solüsyonu ve kum için nitrat, nitrit ve amonyum değerlerinin sonuçları ise Şekil 4.38'de verilmiştir.



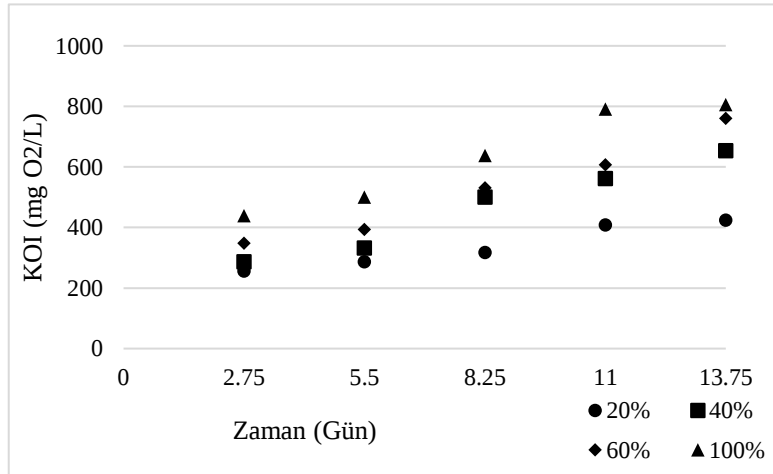
Şekil 4. 37. Pirinç çeltiği için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi



Şekil 4. 38. NO₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi

4.3.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

Deney kurulum sonucunda yapılan KOİ deneylerinde zamana ve organik maddeye doğru orantılı bir şekilde artış gözlemlenmiştir. KOİ sonuçlarına göre %20<%40 <%60 <%100 sıralaması elde edilmiştir. %20 pirinç çeltiği için KOİ değerinin 256.42 mg O₂/L ‘den 424.61 mg O₂/L’ye, %40 pirinç çeltiği için KOİ değerinin 287 mg O₂/L ‘den 653.97 mg O₂/L’ye, %60 pirinç çeltiği için 348.16 mg O₂/L’den 761 mg O₂/L ‘ye ve %100 pirinç çeltiği için 439.9 mg O₂/L’den 806.87 mg O₂/L ‘ye yükseldiği gözlemlenmiştir. KOİ değerlerindeki bu artışlar organik materyalin daha gözenekli olması ve su ile temasından dolayı daha fazla şişmesi etkilidir. Pirinç çeltiği için kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ölçüm sonuçları Şekil 4.39’da verilmiştir.



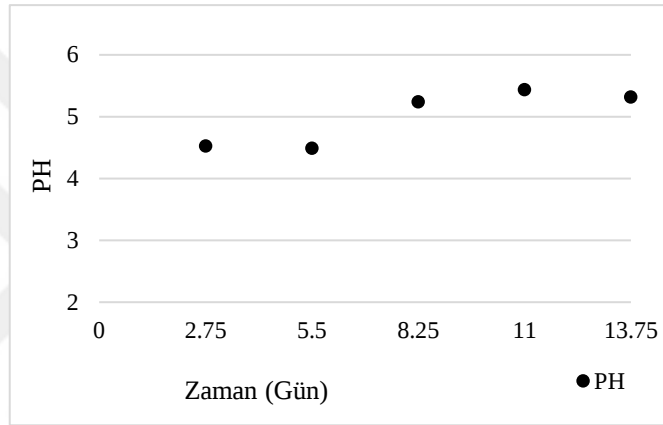
Şekil 4. 39. Pirinç çeltiği KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi

4.4. Nohut Kabuğu

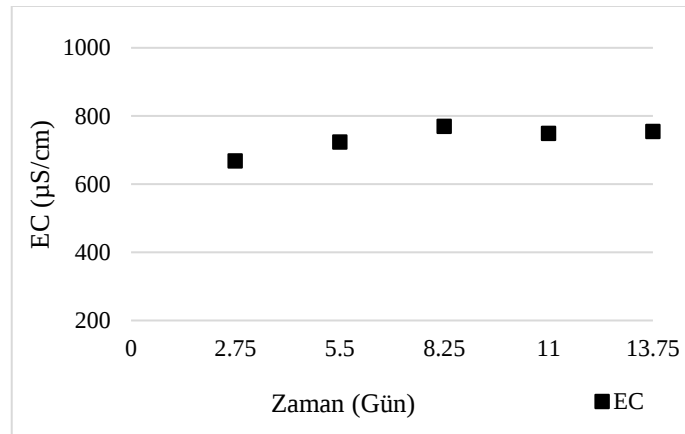
4.4.1. Nohut Kabuğu Salınım Deneyi Sonuçları

4.4.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Nohut kabuğu için yapılan salınım deneyi deneylerinden elde edilen pH verileri Şekil 4.39’da EC verileri ise 4.40’da verilmiştir. Ölçümler sonucunda pH değerleri 4-5.5 aralığında değişmiştir ve asidik özellik gösterdiği gözlemlenmiştir. EC değerleri ise 650-770 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında sonuçların sabitlendiği tespit edilmiştir. Nohut kabuğu için yapılan salınım deneyinden elde edilen pH sonuçları Şekil 4.40’da ve EC verileri Şekil 4.41’de verilmiştir.



Şekil 4. 40. Nohut kabuğu salınım deneyi pH verileri

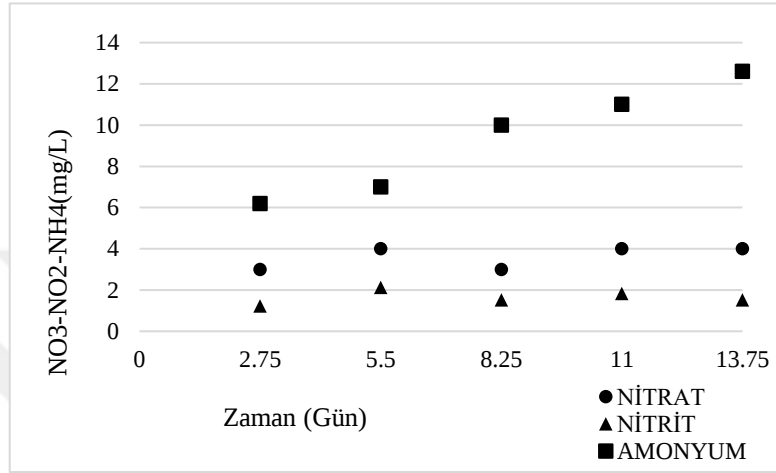


Şekil 4. 41. Nohut kabuğu salınım deneyi EC verileri

4.4.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

Nohut kabuğu 14 gün boyunca distile su ile etkileşimde bulunduğu nitrat ve nitrit değerlerinde gözle görülür bir fark olmamıştır. Yaklaşık 3-4 mg $\text{NO}_3\text{-N/L}$ ve 1-2.2 mg $\text{NO}_2\text{-N/L}$ ve seviyelerinde seyrettiği gözlemlenmiştir. Bununla beraber

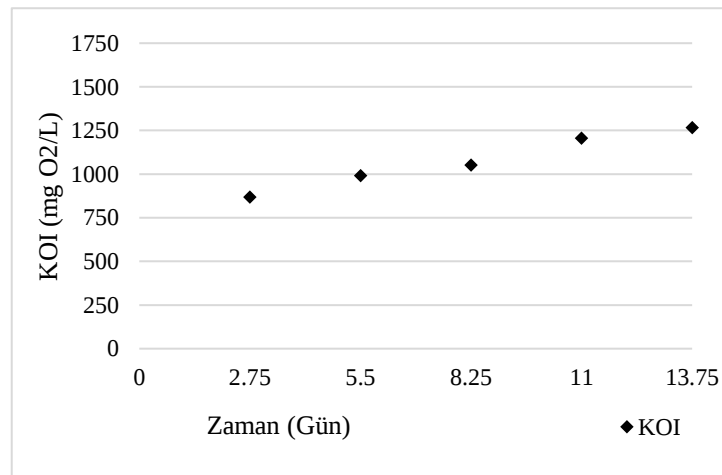
amonyum seviyelerinde bir yükselme olduğu görülmüştür. Amonyum değerleri yaklaşık olarak 14 günlük bir etkileşim süresince 6 mg NH₄-N/L'den 13 mg NH₄-N/L değerlerine yükselmiştir. Bu salınımlar ile organik materyalin içeriğindeki nitrat, nitrit ve amonyum değerlerine ulaşılmış ve nitrat giderim deneyleriyle birlikte aralarındaki bağıntı değerlendirilmiştir. Nohut kabuğu salınım deneyinden elde edilen nitrat, nitrit ve amonyum değerlerinin sonuçları Şekil 4.42'de verilmiştir.



Şekil 4. 42. Nohut kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri

4.4.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ değerleri zamanla doğru orantılı olarak artış göstermiş ve yaklaşık olarak 850 mg O₂/L değerinden 14. günün sonunda 1300 mg O₂/L seviyelerine çıktığı görülmüştür (Şekil 4.43).

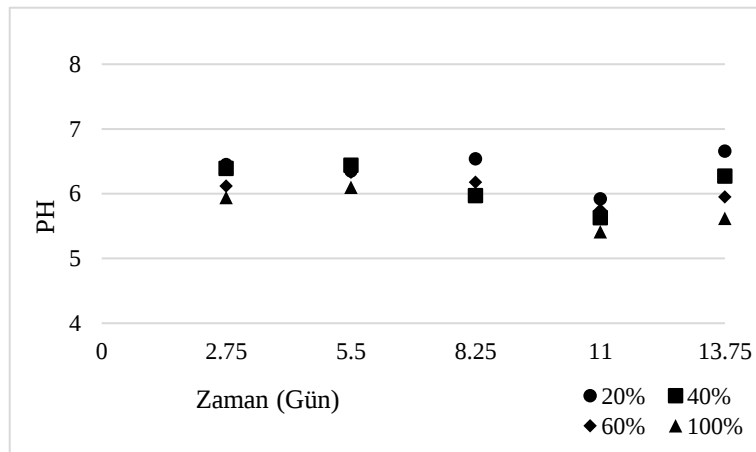


Şekil 4. 43. Nohut kabuğu salınım deneyi için KOİ verileri

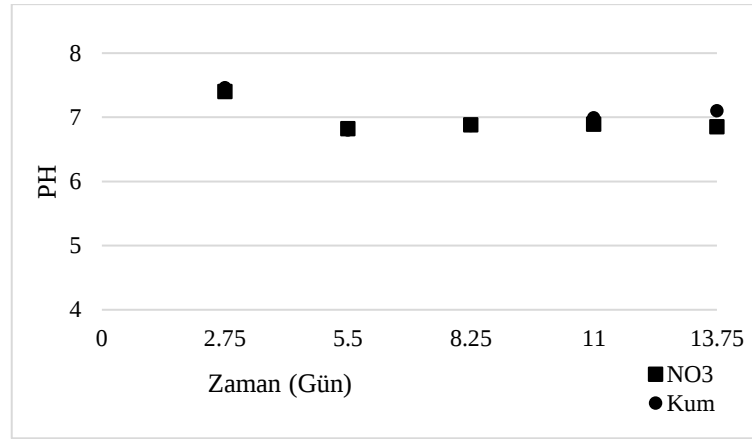
4.4.2. Nohut Kabuğu ile Giderim Deney Sonuçları

4.4.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

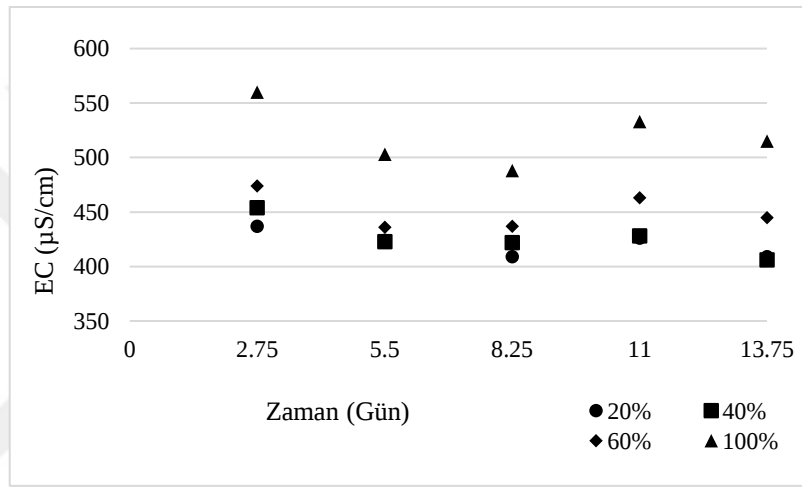
Nohut kabuğu ile yapılan ölçümler sonucunda %20, %40, %60 ve %100 materyal içeren deney şişeleri için pH değerleri yaklaşık 5-6.7 aralığında seyretmiştir. Genel anlamda organik materyal içeriğinin yüksek olduğu %100 deney şişelerinde düşük pH değerleri 5.62 okunurken organik materyalin az olduğu %20 deney şişelerinin daha yüksek değerler 6.6 verdiği gözlemlenmiştir. EC değerleri ise genel itibarıyla azalma eğiliminde olduğu ve 14. günde %20, %40, %60 ve %100 için sırasıyla 409, 406, 445 ve 515 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyelerinde sonuçlar vermiş ve organik materyalin çok belirgin bir etkisi izlenememiştir. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerde pH değerleri belirgin bir değişim göstermemiştir. Nitrat solüsyonu ve Kum bulunan şişeler yaklaşık 6.9 civarında değerler saptanmıştır. EC iletkenlik değerleri ise Nitrat solüsyonu ve Kum birbirlerine orantılı sonuçlar vermiştir. Yaklaşık olarak en düşük 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en yüksek 445 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak yorumlanırsa nohut kabuğu bulunan şişelerdeki pH değerleri Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerle birbirleriyle doğru orantılı sonuçlar elde edilmiştir. Nohut kabuğu bulunan şişelerdeki elektriksel iletkenlik değerlerinin Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerle aynı seviyelerde olduğu görülmüştür. Nohut kabuğu pH sonuçları Şekil 4.44’de, Nitrat solüsyonu ve kum sonuçları Şekil 4.45’de verilmiştir. EC ölçümlerinden elde edilen nohut kabuğu sonuçları Şekil 4.46’da Nitrat solüsyonu ve kum sonuçları ise Şekil 4.47’de verilmiştir.



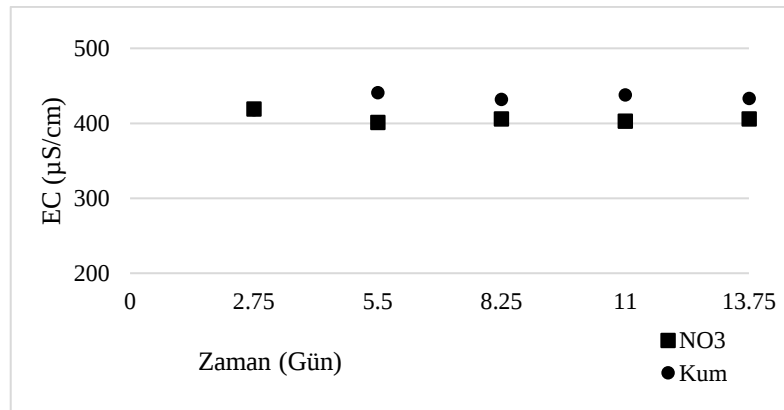
Şekil 4. 44. Nohut kabuğu giderim deneyleri pH verileri



Şekil 4. 45. NO₃ solüsyonu ve Kum pH verileri



Şekil 4. 46. Nohut kabuğu giderim deneyleri EC verileri

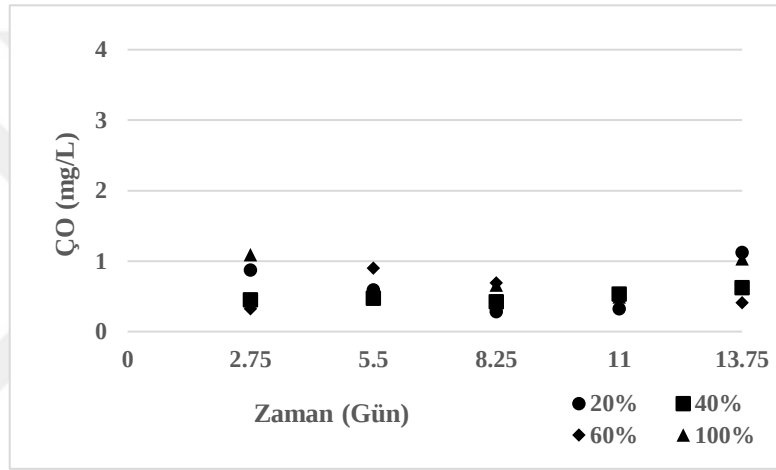


Şekil 4. 47. NO₃ solüsyonu ve Kum EC verileri

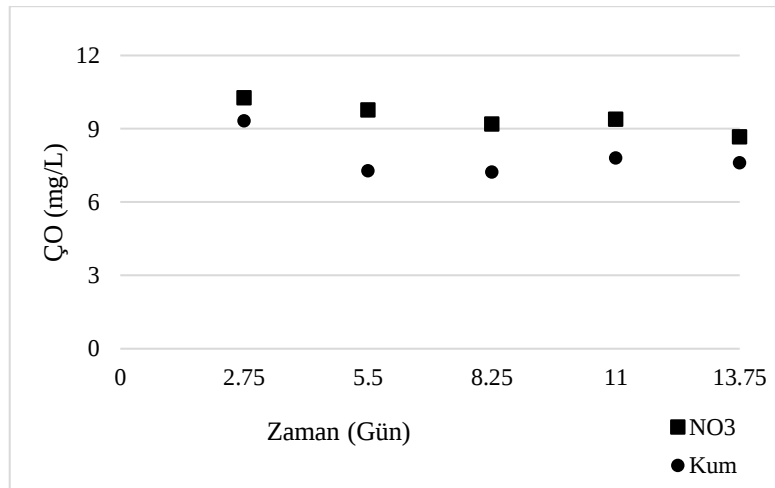
4.4.2.2. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen değerlerini yorumlarsak organik materyal miktarı değiştiği halde ölçüm sonuçlarının birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Yaklaşık değerlerin 0-1.2 mg/L aralığında değiştiği görülmüştür. Organik materyal içeriğinin

çözünmüş oksijen üzerine herhangi bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Nitrat solüsyonu ve Kum bulunan şişelerdeki çözünmüş oksijen yaklaşık değerleri sırasıyla 8-10 mg/L ve 7-9.5 mg/L aralığında değişim göstermiştir. Ölçüm değerlerinden yola çıkarak Nitrat solüsyonunda çözünmüş oksijen değeri 9 mg/L civarındayken içerisinde organik materyal bulunan örneklerde 9 mg/L'den ortalama 0.6 mg/L civarına kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Çözünmüş oksijen değerlerinin organik materyal bulunan şişelerde düşmesinin sebebi organik madde içeriğinde var olan mikroorganizmaların oksijeni tüketmesi olarak açıklanabilmektedir. Nohut kabuğu giderim deneyleri için çözünmüş oksijen sonuçları Şekil 4.48'de, Nitrat solüsyonu ve Kum için çözünmüş oksijen sonuçları ise 4.49'da verilmiştir.



Şekil 4. 48. Nohut kabuğu giderim deneyleri ÇO verileri



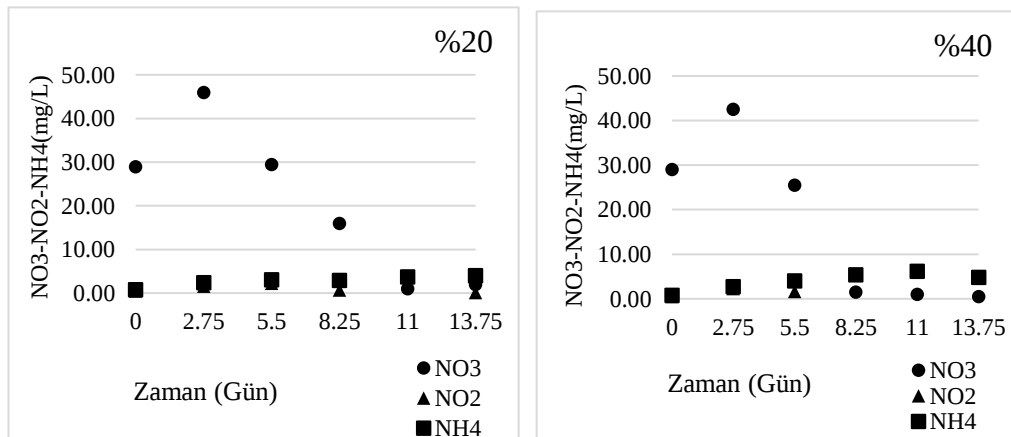
Şekil 4. 49. NO₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri

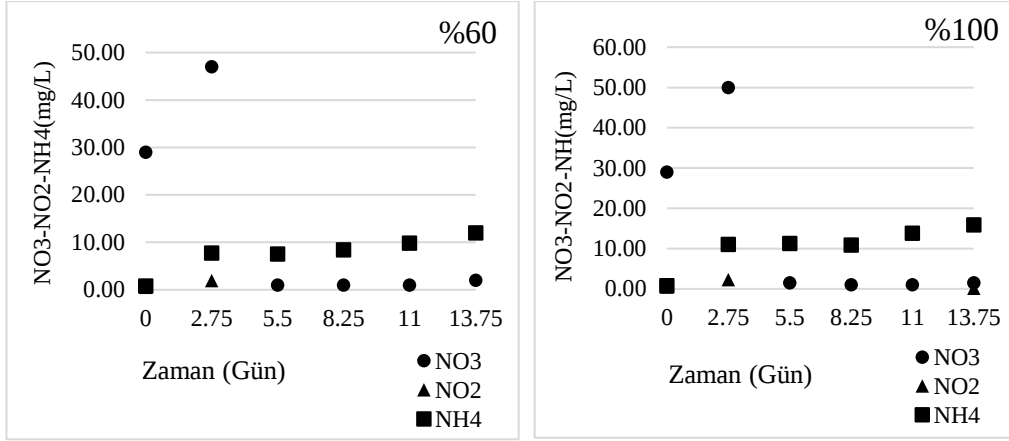
4.4.2.3. Nohut Kabuğu İçin Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

Nitrat solüsyonu değerlerinde yaklaşık 14. günde 1.5 mg $\text{NO}_3\text{--N/L}$ 'lık bir giderim görülerek yaklaşık 30 mg $\text{NO}_3\text{--N/L}$ 'den 28.5 mg $\text{NO}_3\text{--N/L}$ 'ye düştüğü gözlemlenmiştir. Nitrat solüsyonu için nitrit ve amonyum değerlerinde belirgin bir artış veya azalış olmadığı sabit seviyelerde ilerlediği saptanmıştır. Kum için amonyum ve nitrit değerlerinde 0. günden yaklaşık 14. güne kadar çok büyük bir değişim olmadığı görülmüştür.

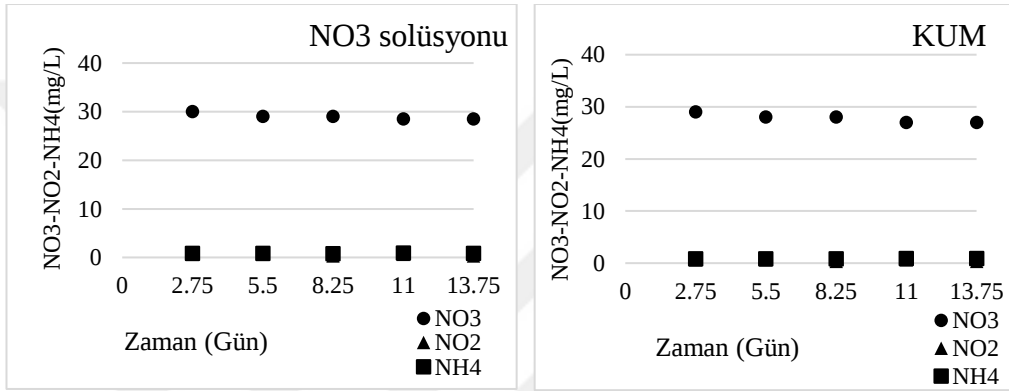
Organik materyal bulunan şişelerdeki değişimler genel olarak yorumlandığında, nitrat konsantrasyonunun %20 ve %40 için ilk günlerde yükseldiği ancak 5.günden sonra düştüğü gözlemlenmiştir. %60 ve %100 organik materyal bulunan şişelerde nitrat konsantrasyonunun ilk gün arttığı yaklaşık 3.günden sonra gözle görülür bir düşüş olduğu anlaşılmıştır. 14. güne gelindiğinde tüm organik materyal bulunan şişeler için nitrat konsantrasyon değerinin 0.5-2 mg $\text{NO}_3\text{--N/L}$ seviyelerine düştüğü görülmüştür. Nitrit değerlerinin ise yaklaşık 3. günde yükseldiği ve deney devamında azalma göstererek 0-1 mg $\text{NO}_2\text{--N/L}$ seviyelerine düştüğü görülmüştür. Buna karşılık zaman ile bağlantılı olarak amonyum seviyelerinde bir artış gözlemlenmiştir. En yüksek artış organik materyal içeriği en fazla olan %100 deney şişesi için okunmuştur. %20 nohut kabuğu için en yüksek amonyum değeri 4 mg $\text{NH}_3\text{--N/L}$, %40 nohut kabuğu için en yüksek amonyum değeri yaklaşık 6.5 mg $\text{NH}_3\text{--N/L}$, %60 nohut kabuğu içinse 12 mg $\text{NH}_3\text{--N/L}$ ve %100 nohut kabuğu için yaklaşık 16 mg $\text{NH}_3\text{--N/L}$ olduğu saptanmıştır.

Nohut kabuğu oranlarına (%20, %40, %60, %100) göre nitrat, nitrit ve amonyum sonuçları Şekil 4.50'de grafik halinde verilmiştir. Nitrat solüsyonu ve kum için nitrat, nitrit ve amonyum seviyeleri ise Şekil 4.51'de verilmiştir.





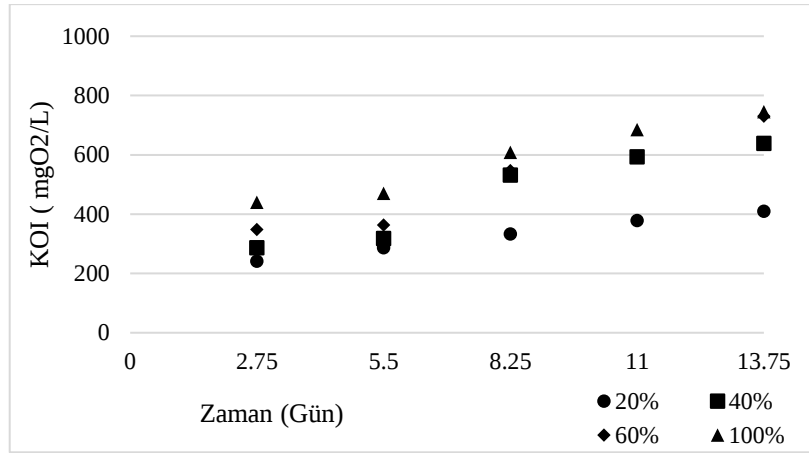
Şekil 4. 50. Nohut kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi



Şekil 4. 51. NO₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi

4.4.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

Diğer deneylerde olduğu gibi organik madde içeriğinin etkisi izlenmiştir. En yüksek KOİ verileri %100 nohut kabuğu bulunan şişeler için gözlemlenmiştir. Bekleme süresi arttıkça; %20 nohut kabuğu bulunan şişelerde KOİ konsantrasyonları yaklaşık 240 mg O₂/L ‘den 410 mg O₂/L ‘ye, %40 nohut kabuğu yaklaşık 280 mg O₂/L ‘den 640 mg O₂/L ‘ye, %60 nohut kabuğu yaklaşık 340 mg O₂/L ‘den 730 mg O₂/L ‘ye, %100 nohut kabuğu için ise yaklaşık 440 mg O₂/L ‘den 750 mg O₂/L ‘ye yükselmiştir. Genel olarak bakıldığında KOİ değerlerindeki zamana bağlı izlenen bu artışın nohut kabuğunun uzun vadede organik karbon salma özelliğine sahip olduğu sonucuna varılabilir. Nohut kabuğu için KOİ seviyeleri Şekil 4.52’de verilmiştir.



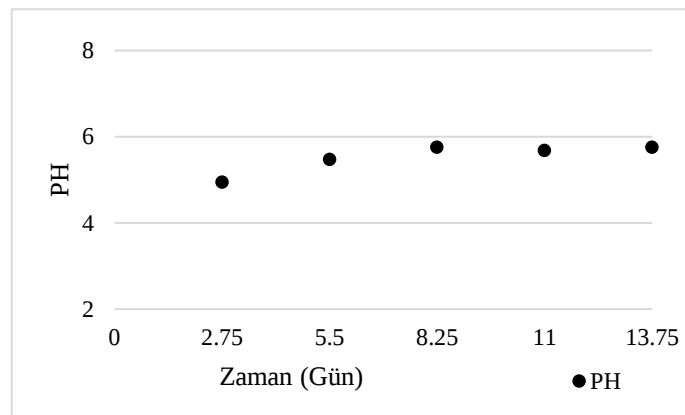
Şekil 4. 52. Nohut kabuğu KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi

4.5. Bezelye Kabuğu

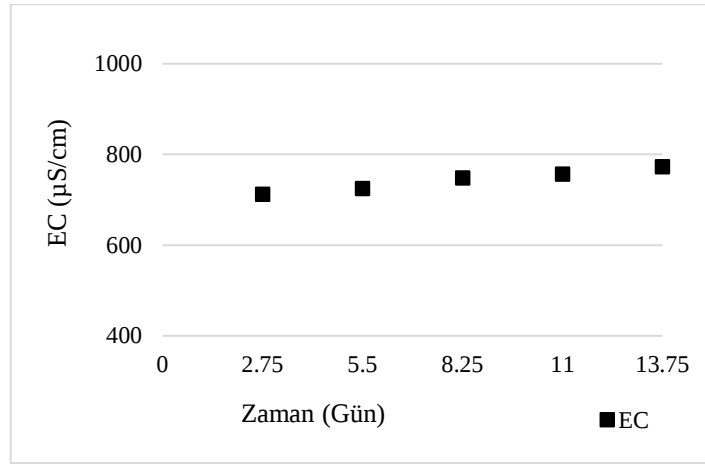
4.5.1. Bezelye Kabuğu Salınım Deneyi Sonuçları

4.5.1.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

Bezelye kabuğu için yapılan salınım deneyi analizleri sonucundaki veriler yaklaşık 4.9-5.75 pH birimi aralığında sabit seviyelerde seyretmiş ve asidik özellik göstermiştir. Genel olarak bakıldığında salınım deneylerinde pH seviyelerinde birbirleriyle benzer sonuçlar görülmüştür. EC değerlerindeyse zamana göre az da olsa bir artış gözlemlenmiştir. EC değerleri 700-780 μ S/cm aralığında seyretmektedir. Bezelye kabuğu için yapılan salınım deneylerinden elde edilen pH sonuçları Şekil 4.53’de ve EC ölçüm sonuçları Şekil 4.54’de verilmiştir.



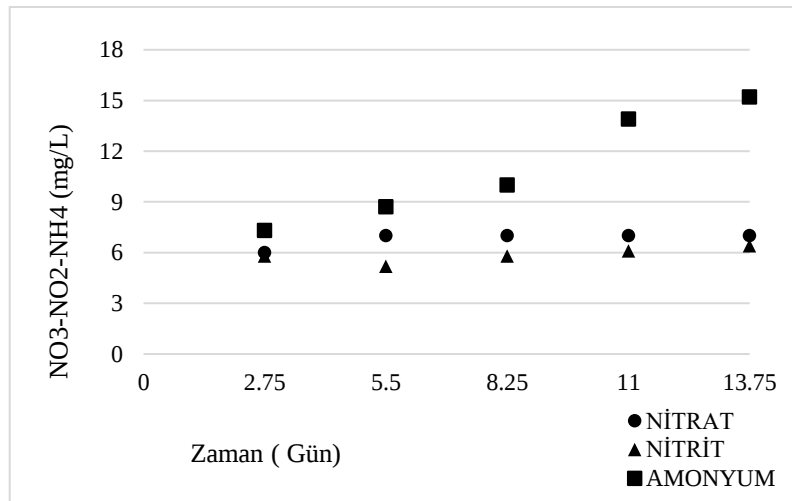
Şekil 4. 53. .Bezelye Kabuğu salınım deneyi pH verileri



Şekil 4. 54. Bezelye Kabuğu salınım deneyi EC verileri

4.5.1.2. Nitrat, Nitrit ve Amonyum Değerleri

Bezelye kabuğu için yapılan deneylerde nitrit ve nitrat değerleri zamana göre çok fazla değişim göstermemiştir. Nitrat değerlerinde 5-8 mg NO₃--N/L aralığında salınım gerçekleşirken nitrit değerlerindeyse yaklaşık 5-6.5 mg NO₂--N/L aralığında salınım gerçekleşmiştir. Amonyum değerlerinde çok yüksek bir artış saptanmıştır. Amonyum seviyeleri 7.3 mg NH₄-N/L ‘den 15.2 mg NH₄-N/L ‘e yükselmiştir. Amonyum salınımı nohut kabuğu ile benzerlik göstermiştir. Bezelye kabuğu salınım deneylerinden elde edilen nitrat, nitrit ve amonyum değeri ölçüm verileri Şekil 4.55’de gösterilmiştir.

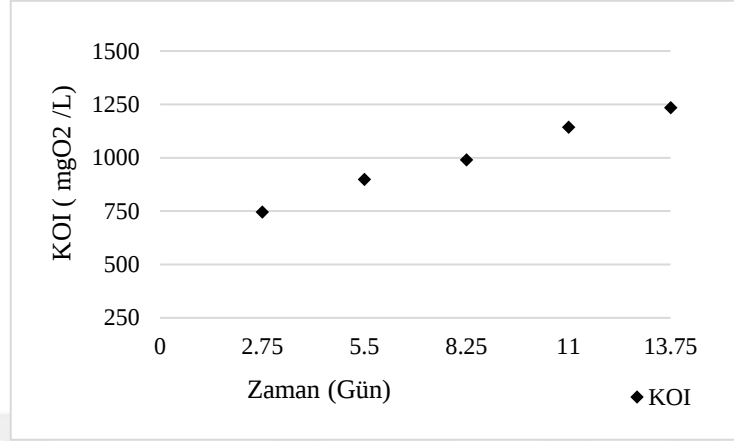


Şekil 4. 55..Bezelye kabuğu salınım deneyi için nitrat, nitrit ve amonyum verileri

4.5.1.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Bezelye kabuğu için KOİ değerleri zamana bağlı olarak yavaş bir şekilde artmıştır. KOİ değeri yaklaşık olarak 745 mg O₂/L’den 1250 mg O₂/L seviyelerine

ulaştığı görülmüştür. Salınım deneyleri için yapılan KOİ değerleri diğer organiklerle birbirine yakın seviyelerde sonuçlar vermiştir. Bezelye kabuğu salınım deneylerinden elde edilen KOİ verileri Şekil 4.56'daki gibidir.



Şekil 4. 56. Bezelye kabuğu salınım deneyi için KOİ verileri

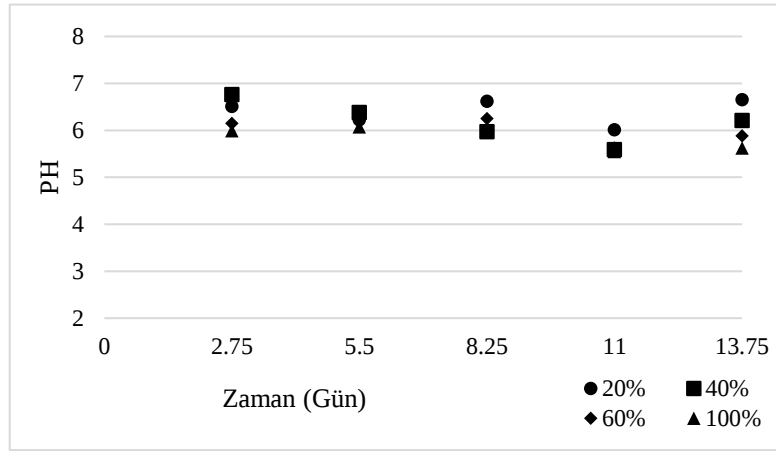
4.5.2. Bezelye Kabuğu ile Giderim Deney Sonuçları

4.5.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik (EC)

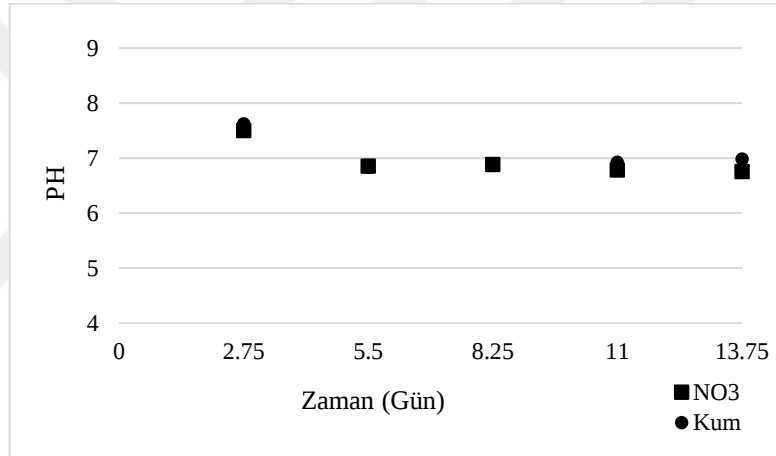
Bezelye kabuğu için yapılan deneyler sonucunda organik materyal içerikleri (%20, %40, %60, %100) için pH değerleri ilk günlerde artış gösterirken 14. güne yaklaştıkça sabit seviyelere gelmiştir. Genel anlamda organik materyal içeriği %100 olan deney şişelerinde en düşük pH değerleri okunurken organik materyalin daha az olduğu %20 şişelerde daha yüksek veriler saptanmıştır. Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerdeki pH değerleri çok büyük değişimler göstermemiştir. Sırasıyla Nitrat solüsyonu bulunan şişe için yaklaşık 6.7-7.5 pH birimi, kum bulunan şişe için yaklaşık 6.8-7.6 pH birimi aralığında okumalar yapılmıştır.

EC değerleri ise organik materyal içeriğinin yüksek olduğu %100 deney şişesinde en yüksek Elektriksel iletkenlik değeri okunurken organik materyalin en düşük olduğu %20 deney şişelerinde daha düşük olduğu saptanmıştır. Nitrat solüsyonu ve kum değerleri ise birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. İkisi içinde yaklaşık olarak en düşük 400 μ S/cm en yüksek 450 μ S/cm seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bezelye kabuğu bulunan şişelerdeki elektriksel iletkenlik değerlerinin Nitrat solüsyonu ve kum bulunan şişelerle yakın seviyelerde sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bezelye kabuğu pH sonuçları Şekil 4.57'de, Nitrat solüsyonu ve kum sonuçları Şekil 4.58'de verilmiştir. EC ölçümlerinden elde edilen

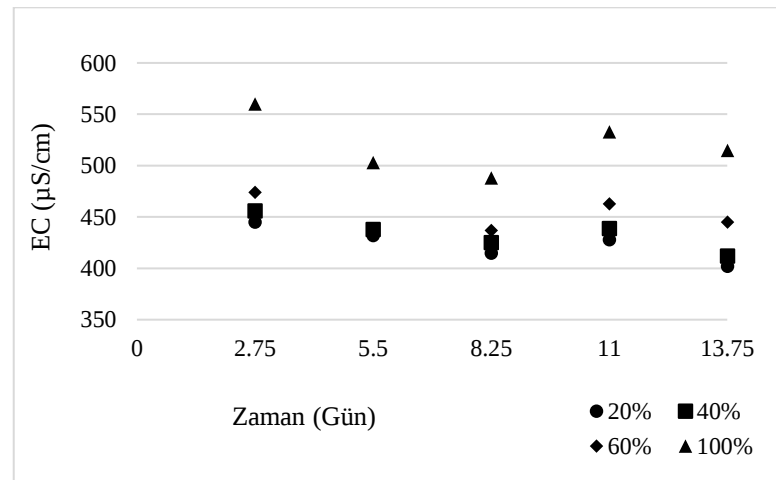
bezelye kabuğu sonuçları Şekil 4.59’da Nitrat solüsyonu ve kum sonuçları ise Şekil 4.60’da grafik halinde gösterilmiştir.



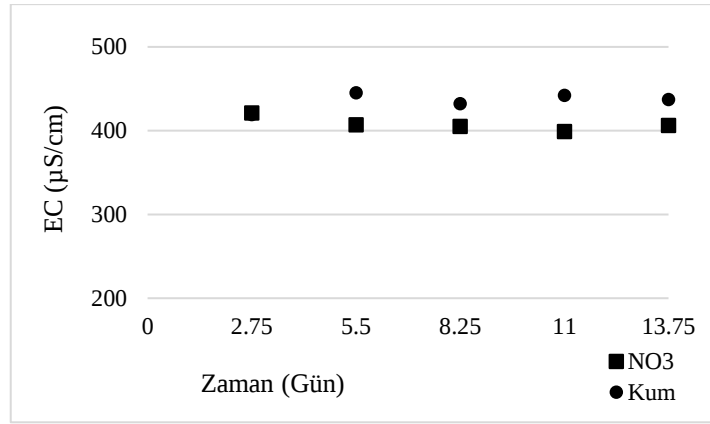
Şekil 4. 57. Bezelye kabuğu giderim deneyleri pH verileri



Şekil 4. 58. NO₃ solüsyonu ve Kum pH verileri



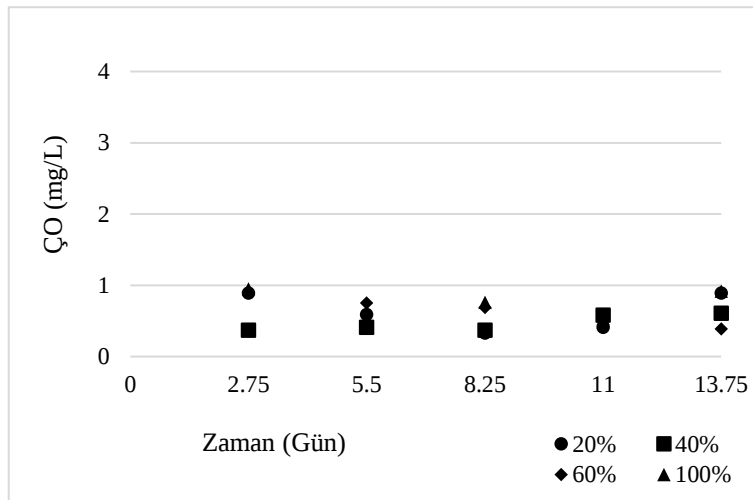
Şekil 4. 59. Bezelye kabuğu giderim deneyleri EC verileri



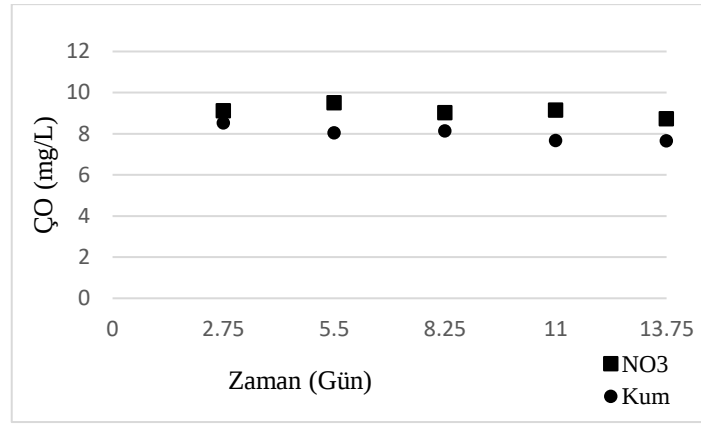
Şekil 4. 60. NO₃ solüsyonu ve Kum EC verileri

4.5.2.2. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen değerlerini yorumlarsak organik materyal miktarı değiştiği halde ölçüm sonuçlarının birbirine yakın sonuçlar verdiği ve değerlerin 0.3-1 mg/L aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Nitrat solüsyonu bulunan şişelerdeki verilerin 8.7-9.5 mg/L aralığında, kum bulunan şişelerde ise 7.6-8.5 mg/L aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre Nitrat solüsyonu bulunan şişelerdeki çözünmüş oksijen değeri 9 mg/L seviyelerindeyken organik materyal bulunan şişelerdeki çözünmüş oksijen değerinin 0.3-1 mg/L seviyelerine düştüğü görülmüştür. Bezelye kabuğu için çözünmüş oksijen sonuçları Şekil 4.61’de, nitrat solüsyonu ve kum sonuçlarıysa Şekil 4.62’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 61. Bezelye kabuğu giderim deneyleri ÇO verileri



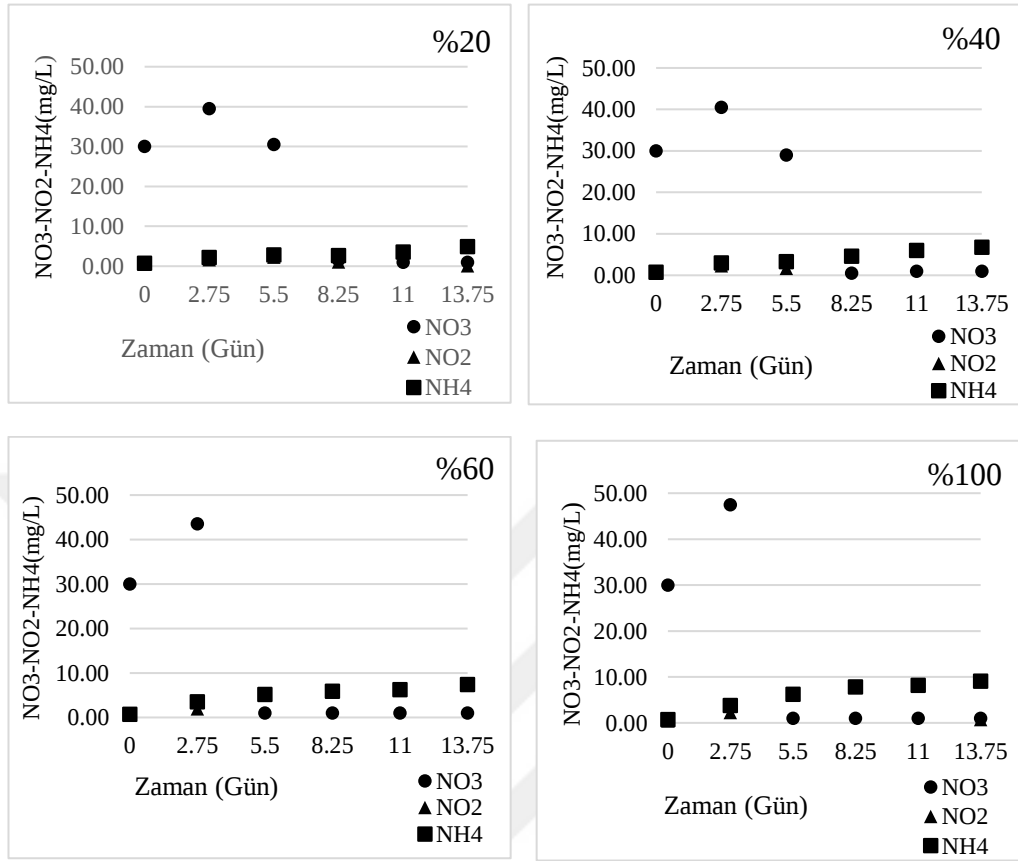
Şekil 4. 62. NO₃ solüsyonu ve Kum ÇO verileri

4.5.2.3. Bezelye Kabuğu İçin Nitrit, Nitrat ve Amonyum Değerleri

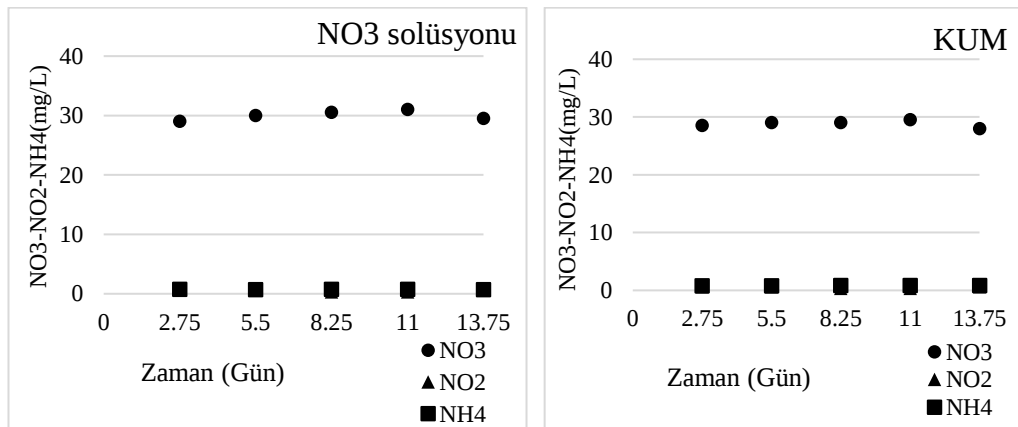
Nitrat solüsyonu bulunan şişelerde nitrat seviyeleri değişim göstermemiştir. Yaklaşık 29-31 mg NO₃--N/L 'de sabit seviyelerde okuma yapılmıştır. Amonyum ve nitrit seviyelerinde herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir. Kum için nitrat seviyelerinde ise her biri için yaklaşık 1 mg NO₃--N/L 'lik bir azalma olmuştur. Nitrit ve amonyum değerleri 0. günden 14. güne kadar yaklaşık olarak aynı seviyelerde sonuçlar vermiştir.

Organik materyal bulunan şişelerin azot bileşiklerindeki değişimler yorumlandığında; nitrat konsantrasyonu %20 ve %40 bezelye kabuğundaki ilk ölçümlerde salınım göstererek yaklaşık 30 mg NO₃--N/L 'den 40 mg NO₃--N/L 'ye çıkmış ve 5. günden sonra organik materyal miktarı az olmasına karşın iyi oranda giderim verimi sağlanmıştır. %60 ve %100 bezelye kabuğu için ilk ölçümde yüksek seviyelerde okunan nitrat değerleri yaklaşık 3. günden sonra hızlı bir giderim göstermiştir. İlk ölçümde yaklaşık 40-50 mg NO₃--N/L seviyelerine yükselirken 14.günün sonunda 1 mg NO₃--N/L'e kadar düşmüştür Nitrit değerleri ise aynı şekilde ilk günlerde yükselirken deney devamında azalma göstererek 0-0.7 mg NO₂--N/L seviyelerine düştüğü gözlemlenmiştir. Amonyum değerlerindeyse organik materyal oranı attıkça değerlerde artış gözlemlenmiştir. %100 organik materyal içeriği bulunan şişelerde en yüksek amonyum değerleri okunmuştur. %20 bezelye kabuğu için en yüksek değer 4.87 mg NH₄-N/L, %40 bezelye kabuğu için en yüksek 6.77 mg NH₄-N/L, %60 bezelye kabuğu için en yüksek 7.37 mg NH₄-N/L, %100 bezelye kabuğu için en yüksek 9.07 mg NH₄-N/L değeri okunmuştur. Bu değerleri 14. günde en yüksek değer olarak verdiği gözlemlenmiştir. Bezelye kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum konsantrasyonları ölçüm verileri Şekil 4.63.'de, nitrat solüsyonu ve kum

için nitrat, nitrit ve amonyum konsantrasyonları ölçüm verileri Şekil 5.64.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 63.Bezelye kabuğu için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişimi

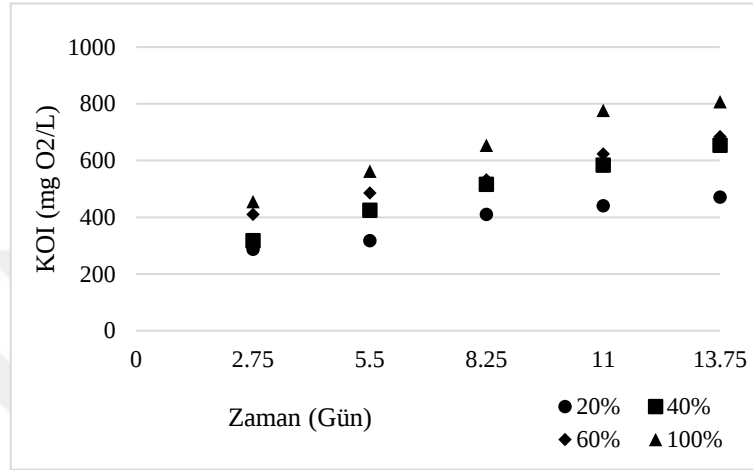


Şekil 4. 64. NO₃ solüsyonu ve Kum için nitrat, nitrit ve amonyum verilerinin zamana göre değişim

4.5.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

Ölçüm verilerine göre KOİ değerlerinde zamanla doğru orantılı olarak bir artış gözlemlenmiştir. Materyal miktarı artışına bağlı olarak KOİ verilerinin de arttığı anlaşılmıştır. %100>%60>%40>%20 sıralaması oluşmuştur. KOİ konsantrasyon

değerleri; %20 bezelye kabuğu için yaklaşık 280 mg O₂/L ‘den 470 mg O₂/L ‘ye, %40 için yaklaşık 310 mg O₂/L ‘den 655 mg O₂/L ‘ye, %60 için yaklaşık 400 mg O₂/L ‘den 690 mg O₂/L ‘ye, %100 için yaklaşık 450 mg O₂/L ‘den 810 mg O₂/L ‘ye yükselmiştir. Salınım deneylerinde 1250 mg O₂/L seviyesine çıkan KOİ verileri 280 mg O₂/L seviyelerine kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bezelye kabuğu için KOİ verilerinin sonuçları Şekil 4.65’de gösterilmiştir.

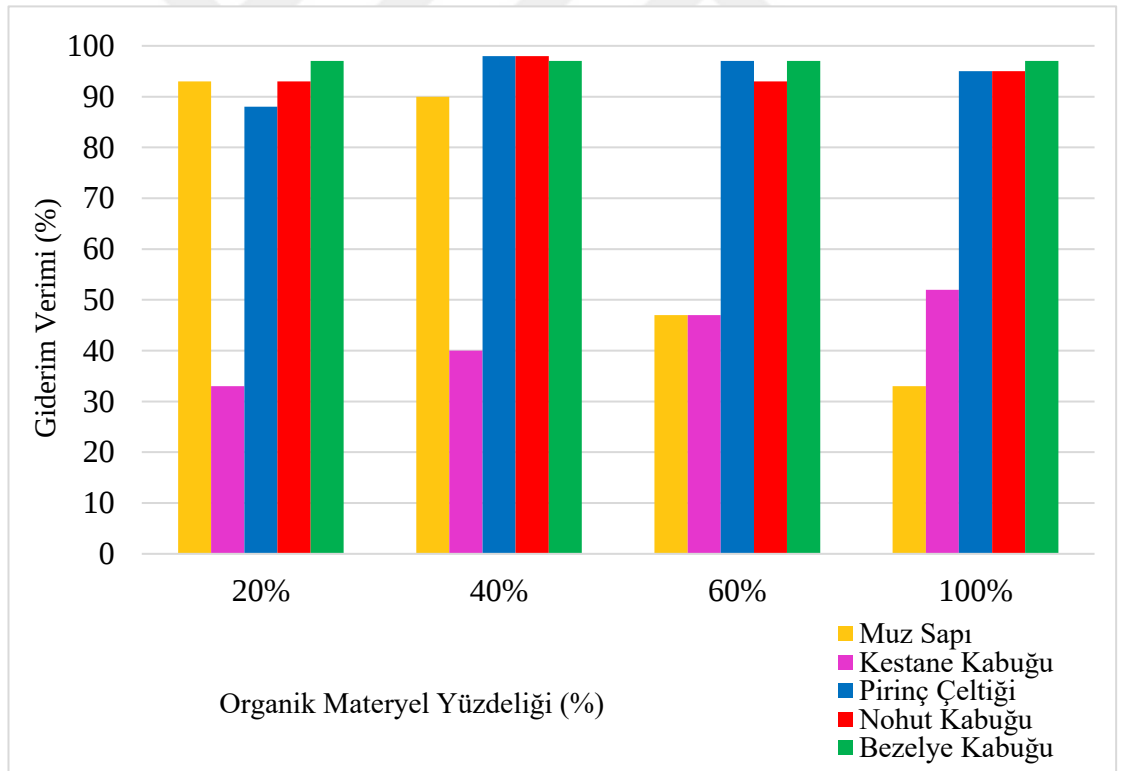


Şekil 4. 65. Bezelye kabuğu KOİ ölçüm verilerinin zamana göre değişimi

5. ORGANİK MATERYALLERİN NİTRAT GİDERİM POTANSİYELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışma kapsamında beş farklı organik materyalin giderim potansiyelleri araştırılmış ve Şekil 5.1’de yüzde (%) giderim verimleri 14. gün için karşılaştırılmıştır. Muz sapı ve kestane kabuğu için giderim verimi ortalama %45-70 aralığındayken pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğunun giderim verimi ortalama %90-99 aralığındadır.

Muz sapı için en yüksek verim %20 organik materyal bulunan şişede görülürken kestane kabuğu için en yüksek verim %100 organik materyal bulunan şişede görülmüştür. Pirinç çeltiği, Nohut ve Bezelye kabuğu için tüm deney şişelerinde giderim verimi %85’in üzerinde çıktığı izlenmiştir. Buradan hareketle organik materyalin türünün, içeriğinin ve oranının giderim verimi üzerinde etkili olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 5. 1. Organik Materyallerin yüzde giderim verimleri grafiği

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deneylerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde organik materyaller sayesinde denitrifikasyon ile genellikle nitrat gideriminin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Organik materyal bulunan şişelerde (muz sapı, kestane kabuğu, pirinç çeltiği, nohut kabuğu, bezelye kabuğu) çözünmüş oksijen verileri 0-2 mg/L aralığında seyrederken NO_3 solüsyonu ve Kum bulunan şişelerde genel olarak 7-10 mg/L aralığında sonuçlar vermiştir.

Her mikroorganizmanın yaşayabildiği belli pH aralıkları vardır. Bu pH aralıklarında maksimum hızla büyümektedirler. Genellikle en uygun pH 5-9 aralığındadır. Bu çalışmada, pH değerleri organik materyal olan şişelerde 4-7 aralığında sonuçlar vermiştir.

EC değerleri kestane kabuğu, pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğunda 300-550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında seyrederken diğer materyallere göre daha yumuşak olan muz sapında bu değer artış göstermiş yaklaşık kabaca 600-950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında sonuçlar vermiştir. Bu verilere göre organik materyal içeriğine ve miktarına bağlı olarak EC iletkenlik değerleri değişebilmektedir.

KOİ değerleri şişelere konulan organik materyalin miktarının artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Muz sapında en yüksek değer yaklaşık 1000 mg O_2/L iken kestane kabuğunda yaklaşık 1250 mg O_2/L 'ye ulaşmıştır. Çeltik, nohut ve bezelye kabuğundaysa KOİ değerleri çok fazla değişim göstermemiş en yüksek değer yaklaşık 800 mg O_2/L 'ye ulaşmıştır. KOİ değerlerine bakıldığında beş materyal içerisinde muz sapı ve kestane kabuğu ortamdaki oksijeni diğer materyallere göre daha fazla tükettiği görülmüştür. KOİ değerinin yüksek olması geçirgen reaktif bariyer (GRB) sistemler için materyalin ömrünün uzun olacağını göstermektedir.

Organik materyallerin nitrat giderim verilerine bakacak olursak, muz sapındaki giderim %20- %40- %60- %100 organik materyal bulunan şişeler için yüzde verimler sırasıyla %93- %90- %47- %33 olarak bulunmuştur.

Kestane kabuğu için %20- %40- %60- %100 organik materyal bulunan şişelerin yüzde verimleri sırasıyla %33- %40- %47- %52 olarak bulunmuştur. Pirinç çeltiği için nitrat giderimi %20- %40- %60- %100 organik bulunan şişelerdeki yüzde verim sırasıyla %88- %98- %97- %95 olarak bulunmuştur. Nohut kabuğu için nitrat giderimi %20- %40- %60- %100 organik materyal bulunan şişeler için verim

sırasıyla %93- %98- %93- %95 olarak bulunmuştur. Bezelye kabuğu için nitrat giderimi %20- %40- %60- %100 organik bulunan şişeler için yüzde verim tümü için %97 olarak bulunmuştur. Nitrat giderim deneylerinin tümünde ilk günlerde nitrat artışı görülmüştür. Buradan anlaşılan salınım deneyleriyle organik materyalin salınım yaparak amonyumu nitrata oksitlemesi sonucuna varılmıştır.

Giderim sonuçlarından hareketle materyalin türü ve değişen yüzde organik miktarına göre giderim verimlerinin de değiştiği gözlemlenmiştir. Muz sapında materyal miktarı arttıkça verimin azaldığını kestane kabuğunda ise materyal arttıkça veriminde arttığı gözlemlenmiştir. Pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğunda organik materyal oranlarının giderim verimi üzerine bir etkisi gözlemlenmemiştir.

Genel olarak bakıldığında materyallerin ilk 66 saatlik ölçümlerinde nitrit oluştuğu ve ölçüm süresi arttıkça nitrit değerlerinin azaldığı ($<3.4 \text{ mg NO}_2\text{--N/L}$) görülmüştür. Oluşan nitrit materyal türü ve miktarına göre değişmiş ve en yüksek nitrit verileri sırasıyla muz sapı> nohut kabuğu> bezelye kabuğu> pirinç çeltiği> kestane kabuğu şeklinde belirlenmiştir.

İlk ölçüm değeri 66 saatlik deneyde nitrit seviyesinin yükselmesi nitrat giderimi gerçekleşirken geçici olarak nitrit oluşabileceğini göstermiştir. Bekleme süresi arttıkça zamana bağlı olarak oluşan nitrat, nitrit giderimi azalma ve bu denitrifikasyonun gerçekleştiğini göstermiştir.

Nitrat giderim sağlanırken diğer yanda materyallerde amonyum salınımı gerçekleşmiştir. Salınımın zamana bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. 330 saatlik deney sonucunda ölçülen en yüksek amonyum verileri sırasıyla kestane kabuğu ($22.43 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$) > nohut kabuğu ($15.9 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$) > bezelye kabuğu ($9.07 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$) > pirinç çeltiği ($8.97 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$) > muz sapı ($8.06 \text{ mg NH}_4\text{-N/L}$) şeklinde belirlenmiştir.

Amonyumdaki artış yapılan salınım deneyi sonuçlarından görüldüğü üzere organik materyalin saldıgı amonyuma ilave olarak anaerobik koşulda gerçekleştirilen nitrat giderimi aşamasında biyolojik ortamda amonyuma dönüşmüş olmasının da büyük etkisi vardır. Nitrat giderimi olurken düşük düzeyde amonyum oluşsa bile bu bize DNRA 'nın oluştuğunu göstermektedir(Özkaraova, vd., 2020).

Bu çalışmada kullanılmış olan organik materyallerden elde edilen veriler incelendiğinde her bir materyalin nitrat giderimi için etkin rol oynadığı

gözlemlenmiştir. Nitrat gideriminde pirinç çeltiği, nohut ve bezelye kabuğunun daha iyi sonuç verdiği izlenmiştir. Muz sapı için en yüksek verim %20 ve %40 organik materyal bulunan şişelerde gözlemlenmiştir. Kestane kabuğunun tüm yüzde oran çalışmalarında %50'ye kadar giderim verimi görülmüştür. Marco ve diğerlerinin (2014) yaptığı kesikli testlerde karbon kaynağı olarak seçilen dört organik maddeden (talaş, zeytin pirinası, çam kabuğu ve mantar) en iyi verim veren denitrifikasyon oranları zeytin posası ve talaş olarak belirlenmiştir.

Bu verimler göz önüne alındığında materyalin içeriğine ve türüne bağlı olarak değişimler göstermiştir.

Elde edilen veriler sonucunda kullanılan organik maddelerin geçirgen reaktif bariyer sistemler için alternatif materyaller olduğu söylenebilmektedir. Bu materyallerin kullanılabilirliği ve uygunluğu kolon çalışmalarıyla desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, F., Adamson, D. T., & Farhat, S. K. (2009). Treatment of an explosives plume in groundwater using an organic mulch biowall. *Remediation Journal: The Journal of Environmental Cleanup Costs, Technologies & Techniques*, 20(1), 21-40.
- Ahmad, F., Newell, C. J., & Adamson, D. T. (2008). *Treatment of RDX and/or HMX Using Mulch Biowalls*. ENVIRONMENTAL SECURITY TECHNOLOGY CERTIFICATION PROGRAM OFFICE (DOD) ARLINGTON VA.
- Akkurt, F., ALICILAR, A., & ŞENDİL, O. (2002). Sularda bulunan nitratın adsorpsiyon yoluyla uzaklaştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17(4), 83-91.
- Ardıç, C. (2013). İçme suyundaki nitrat bölümlerinin sağlık sağlığınızla ilgili risklerin gidişatı.
- Aslan, Ş., & Türkman, A. (2005). Substrat olarak buğday samanı kullanılarak nitrat ve pestisitlerin biyolojik olarak uzaklaştırılması. *Proses Biyokimyası* , 40 (2), 935-943.
- Aziz, CE, Hampton, MM, Schipper, M., & Haas, P. (2001, Haziran). Klorlu solvent etkili yeraltı suyunun organik malç biowall tedavisi. *Yerinde ve Yerinde Biyoremediasyon Üzerine Altıncı Uluslararası Sempozyum Bildirilerinde* (Cilt 6, No. 8, s. 73-78).
- Capodici, M., Morici, C. ve Viviani, G. (2014). Biyolojik yeraltı suyu denitrifikasyonu için uygun dört organik substratın toplu test değerlendirmesi. *Kimya Mühendisliği* , 38 .
- Careghini, A., Saponaro, S. ve Sezenna, E. (2013). Yeraltı suyu arıtımı için biyolojik engeller: bir inceleme. *Su bilimi ve teknolojisi* , 67 (3), 453-468.
- Fan, XYL ve Erickson, LE (1995). Bio-wall teknolojisi: kavramsal tasarım ve analiz.
- Force, U. A. (2008). *Technical protocol for enhanced anaerobic bioremediation using permeable mulch biowalls and bioreactors*. Final Report, Air Force Center for Engineering and the Environment Technical Directorate Environmental Science Division Technology Transfer Outreach Office,[Adobe Acrobat Reader version] available at: <https://clu-in.org/download/techfocus/prb/Final-Biowall-Protocol-05-08.pdf>.

- Gibert, O., Assal, A., Devlin, H., Elliot, T., & Kalin, RM (2019). Nitratla kirlenmiş yeraltı suyunun yerinde iyileştirilmesi için saha ölçeğinde biyolojik geçirgen bir reaktif bariyerin performansı. *Toplam çevre bilimi* , 659 , 211-220.
- Gibert, O., Pomierny, S., Rowe, I., & Kalin, RM (2008). Denitrifikasyon geçirgen reaktif bariyerde (PRB) kullanım için potansiyel reaktif malzemeler olarak organik substratların seçimi. *Biyolojik kaynak teknolojisi* , 99 (16), 7587-7596.
- Groundwater, B. O. (2013). Introduction to In Situ Bioremediation of Groundwater.
- Henry, B. M., Perlmutter, M. W., & Downey, D. C. (2009). Permeable organic biowalls for remediation of perchlorate in groundwater. In *In situ bioremediation of perchlorate in groundwater* (pp. 177-197). Springer, New York, NY.
- Hiller, K. A., Foreman, K. H., Weisman, D., & Bowen, J. L. (2015). Permeable reactive barriers designed to mitigate eutrophication alter bacterial community composition and aquifer redox conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(20), 7114-7124.
- Li, XL, Yang, JJ, Lu, XX, Zhang, S., & Hou, Z. (2013). Geçirgen reaktif bariyer kullanarak nitratin yeraltı suyundan uzaklaştırılması. *Huan Jing ke Xue= Huanjing Kexue* , 34 (3), 914-918.
- Mondal, P. K., Lima, G., Zhang, D., Lomheim, L., Tossell, R. W., Patel, P., & Sleep, B. E. (2016). Evaluation of peat and sawdust as permeable reactive barrier materials for stimulating in situ biodegradation of trichloroethene. *Journal of hazardous materials*, 313, 37-48.
- Newell, C. (2008). *Treatment of RDX & HMX plumes using mulch biowalls*. GSI ENVIRONMENTAL INC HOUSTON TX.
- Obiri-Nyarko, F., Grajales-Mesa, S. J., & Malina, G. (2014). An overview of permeable reactive barriers for in situ sustainable groundwater remediation. *Chemosphere*, 111, 243-259.
- Özkaraova, EB (2020). Tarımsal veya bitkisel üretim artıkları kullanılarak biyolojik bariyerlerle sürdürülebilir yeraltı suyu iyileştirmesi. *Mühendislik Bilimlerinde Akademik Çalışmalar, Lyon, Livre de Lyon* , 183-213.
- Park, JBK, Craggs, RJ ve Sukias, JPS (2009). Hibrit denitrifikasyon filtresi (HDF) kullanılarak hidroponik atık sudan nitrat ve fosforun uzaklaştırılması. *Biyolojik kaynak teknolojisi* , 100 (13), 3175-3179.

- Robertson, WD, Blowes, DW, Ptacek, CJ ve Cherry, JA (2000). Nitrat iyileştirme için yerinde reaktif bariyerlerin uzun vadeli performansı. *Yeraltı suyu* , 38 (5), 689-695.
- Robertson, WD, Ford, GI ve Lombardo, PS (2005). Septik sistemlerde nitrat giderme için ahşap bazlı filtre. *ASAE İşlemleri* , 48 (1), 121-128.
- Robertson, WD, Vogan, JL ve Lombardo, PS (2008). Septik sistem nitratını işleyen 15 yıllık geçiren bir reaktif bariyerde nitrat giderme oranları. *Yeraltı Suyu İzleme ve İyileştirme* , 28 (3), 65-72.
- Schipper, L. ve Vojvodić-Vuković, M. (1998). *Talaşla değiştirilmiş bir denitrifikasyon duvarı kullanılarak yeraltı suyundan nitratin uzaklaştırılması: saha denemesi* (Cilt 27, No. 3, pp. 664-668). Amerikan Tarım Bilimleri Derneği, Amerika Mahsul Bilimi Derneği ve Amerika Toprak Bilimi Derneği.
- Schipper, LA ve Vojvodić-Vuković, M. (2000). Talaşla değiştirilmiş gözenekli bir arıtma duvarında yeraltı suyundan nitrat giderimi ve denitrifikasyon oranları. *Ekolojik Mühendislik* , 14 (3), 269-278.
- Schipper, LA ve Vojvodić-Vuković, M. (2001). Bir denitrifikasyon duvarında beş yıllık nitrat giderme, denitrifikasyon ve karbon dinamiği. *Su araştırması* , 35 (14), 3473-3477.
- Schmidt, C. A., & Clark, M. W. (2012). Efficacy of a denitrification wall to treat continuously high nitrate loads. *Ecological Engineering*, 42, 203-211.
- Seo, Y., & Bishop, P. L. (2008). The monitoring of biofilm formation in a mulch biowall barrier and its effect on performance. *Chemosphere*, 70(3), 480-488.
- Seo, Y., Jang, A., & Bishop, P. L. (2007). Organic mulch biowall for PAH contaminated groundwater remediation. *European journal of soil biology*, 43(5-6), 304-309.
- Seo, Y., Lee, W. H., Sorial, G., & Bishop, P. L. (2009). The application of a mulch biofilm barrier for surfactant enhanced polycyclic aromatic hydrocarbon bioremediation. *Environmental pollution*, 157(1), 95-101.
- Serin, S. (2014). *Yer altı sularında nitrat giderimi/The removal of nitrate in groundwater* (Doctoral dissertation).
- Stroo, H. F., & Ward, C. H. (Eds.). (2008). *In situ bioremediation of perchlorate in groundwater*. Springer Science & Business Media.

- Su, C., & Puls, R. W. (2007). Removal of added nitrate in cotton burr compost, mulch compost, and peat: mechanisms and potential use for groundwater nitrate remediation. *Chemosphere*, 66(1), 91-98.
- Şahin, Ü., Talip, T. U. N. Ç., & Selda, Ö. R. S. (2011). Yeraltı suyu kirliliği açısından atık su kullanımı. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 4(1), 33-39.
- Türkyılmaz, M., Küçükçongar, S., & Özaytekin, İ. (2020). Hidrotermal yöntemle sentezlenmiş Fe₃O₄ nanoparçacıklarının sulardan nitrat gideriminde kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 323-332.
- Uyuşur, B. (2006). *Kromla kirlenmiş yeraltı sularının demir bazlı geçirgen reaktif bariyerlerle arıtılmasının laboratuvar araştırması* (Yüksek Lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi).

ÖZ GEÇMİŞ

Neşe Özdemir, Samsun Mithat Paşa Lisesi’ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi’nden 2018 yılında mezun oldu. 2018 yılında OMÜ Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi ve halen devam etmektedir.

İletişim Bilgileri

Öğrenci no :18210086

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-5903-7404>

