T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARITMA ÇAMURUNUN TOPRAKTA BİYOBOZUNUR PLASTİĞİN MİNERALİZASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Nurgül UZUNBOY
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Tezin Sunulduğu Tarih: **15/08/2018**

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN

ÇANAKKALE

Nurgül UZUNBOY tarafından Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN yönetiminde hazırlanan ve **15/08/2018** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Arıtma Çamurunun Toprakta Biyobozunur Plastiğin Mineralizasyonu Üzerine Etkisinin Araştırılması**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN .....
Başkan

Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK .....
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali SÜMER .....
Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FLY-2016-1052.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Nurgül UZUNBOY

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren, destek olan, sabırla ve büyük bir ilgiyle faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunmaya çalışan danışman hoca statüsünü hakkıyla yerine getiren değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN'e; çalışmamın farklı aşamaları boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Nuray Mücellâ MÜFTÜOĞLU'na, Doç. Dr. Ayhan ORAL'a, Arş. Gör. Dr. Soner YİĞİT'e, Dr. Öğr. Üyesi Ümit GÜDER'e ve Arş. Gör. Tolga SARIYER hocalarıma teşekkürü bir borç bilir ve şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Yasemin EKLEME, ve başta sevgili kız kardeşim Alime UZUNBOY olmak üzere tüm eğitim hayatım boyunca bana her yönden destek olan kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca; "Bu araştırma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koodinasyon Birimi tarafından FYL-2016-1052 No.'lu Proje numarasıyla "Yüksek Lisans Tez Projesi" olarak desteklenmiştir." ÇOMÜ-BAP Koordinasyon Birimi'ne ve ÇOMÜ-Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Nurgül UZUNBOY

Çanakkale, Ağustos 2018

SİMGELER VE KISALTMALAR

PLA	Polilaktik asit
ÇOBİLTUM	ÇOMÜ Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
ÇOMÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
NH_4	amonyum
NO_3	nitrat
Cu	bakır
Cr	krom
Pb	kurşun
Ni	nikel
Cd	kadmiyum
Zn	çinko
Mg	magnezyum
Na	sodyum
Fe	demir
Al	alüminyum
Mn	mangan
B	bor
mg	milligram
kg	Kilogram
m^3	Metre küp
ºC	derece (Celsius)
ha	hektar
t	ton

ÖZET

ARITMA ÇAMURUNUN TOPRAKTA BİYOBOZUNUR PLASTİĞİN MİNERALİZASYONU ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Nurgül UZUNBOY
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Cafer TÜRKMEN
15/08/2018, 44

İnsanların nüfus baskısı, endüstrileşme ve sosyal refahı yükseltme arzusuna bağlı olarak çevreye baskıları artmış; bu durum endüstriyel ve kentsel atıkları da artırmıştır. Arıtma çamurları ve plastik ambalaj atıkları başlıca artan katı atıklardan olmuştur. Benzer durum son yıllarda polilaktikasit (PLA) gibi doğal materyallerden elde edilen ve biyobozunur plastikler olarak adlandırılan biyoplastikler için de geçerli oluştur. Oluşan biyoplastik atıkların ve arıtma çamurlarının bertarafındaki zorluklar ve topraklarda birikimleri bu materyallerin biyolojik olarak parçalanabilirlik potansiyellerinin araştırılması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışması; bir biyobozunur plastik materyalin toprak ortamındaki bozunum sürecine arıtma çamurunun etkisini belirlemek için kurgulanmıştır. Arıtma çamurunun yönetmelikçe topraklara uygulama izni verilen miktarı, bu miktarın yarısı, iki katı ve 1:1 (%50 toprak + %50 arıtma çamuru) ve hiç arıtma çamuru uygulanmayan doz olmak üzere beş çamur dozu belirlenmiş ve biyobozunur plastik levhalarla birlikte topraklara uygulanmıştır.

Dört aylık inkübasyon sonucu elde edilen verilere göre toprağa gömülen biyoplastik levhalardaki kütle kaybı örnekleme zamanına göre önemli miktarda değişmiştir ($p \leq 0,01$). Kütle kaybı, arıtma çamurunun uygulama dozlarına göre de değişmiştir ($p \leq 0,01$). Sekizinci örnekleme (120. Gün) zamanındaki "1:1" dozu uygulanan biyoplastiklerin kütle kaybı en fazla olmuştur ($p \leq 0,05$). Topraktaki mikroorganizma sayıları üzerine örnekleme zamanı ile arıtma çamuru dozlarının birlikte etkisi "interaksiyonu" istatistik olarak önemli bulunmazken, bu iki faktörün bağımsız etkileri önemli bulunmuştur ($P \leq 0.05$). Arıtma

çamurunun miktarı arttıkça mikroorganizma sayısında artış gözlemlenmiştir. Toprak örneklerinde incelenen NH4+, NO3-, üreaz ve katalaz özelliklerine uygulanan arıtma çamuru ve inkübasyon zamanlarının birlikte etkisi önemli olmuştur ($p<0.05$). Uygulanan arıtma çamuru arttıkça NH4+, NO3-, üreaz ve katalaz enziminde artış gözlemlenirken, inkübasyon zamanı arttıkça bu özelliklerin tümünde azalma gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Polilaktik Asit, Biyoplastik, Arıtma Çamuru, Toprak, Biyobozunma

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF TREATMENT SEWAGE SLUDGE ON MINERALIZATION OF BIODEGRADABLE PLASTIC IN SOIL

Nurgül UZUNBOY

Çanakkale Onsekiz Mart University

Institute of Natural and Applied Sciences

Soil Science and Plant Nutrition Department

Graduate Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN

15/08/2018, 44

Together with rapid industrialization, ever-increasing populations and social welfare desires of humans increased the pressure exerted on environment. Such cases ultimately increased industrial and domestic solid wastes. Wastewater treatment sludge and plastic packaging wastes are the primary ones with increasing quantities. A similar case is also valid recently for biodegradable plastics made of natural materials like polylactic acid. The problems experienced in disposal of created bioplastic wastes and treatment sludge and accumulation of these wastes in soils led the researchers to investigate the biodegradability potential of these materials.

This thesis was designed to investigate the effects of treatment sludge on biodegradability process of plastic material in soils. Five different sludge treatments were experimented as of the control treatment without any sludge applications, regulatory allowed sludge dose, half of this dose, double of this dose, 1:1 (50% soil + 50% treatment sludge. These sludge doses were applied to soils together with biodegradable plastic plates.

Following 4-months of incubation period, mass loss in bioplastic plates buried into the soil significantly varied with sampling time ($p \leq 0,01$). Mass loss values significantly varied also with sludge treatment doses ($p \leq 0,01$). The greatest mass loss of biodegradable plastics at 8th sampling time (120th day) was observed in “1:1” ($p \leq 0,05$). While the sampling time x sludge treatment dose interactions did not have significant effects on number of soil microorganisms, they both alone had significant effects of number of microorganisms ($p \leq 0.05$). Increasing number of microorganisms was observed with

increasing sludge doses. Sludge dose x incubation duration interactions had significant effects on NH4+, NO3-, urease and catalase enzymes ($p<0.05$). Increasing NH4+, NO3-, urease and catalase enzyme was observed with increasing sludge doses, all these parameters decreased with increasing incubation durations.

Keywords: Polylactic Acid, Bioplastic, Sewage Sludge, Soil, Biodegradability

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT viii
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
ÇİZELGELER DİZİNİ xiii
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
1.1. Atıkların Sınıflandırılması 2
1.1.1. Ambalaj Atıkları 4
1.1.2. Ambalaj Atığı Plastikler 4
1.1.3. Biyoplastikler 6
1.1.4. Biyoplastiklerin Parçalanabilirlikleri 10
1.1.5. PLA ve Biyobozunurluk 11
1.2. Arıtma Çamurları 12
BÖLÜM 2 15
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 15
BÖLÜM 3 17
MATERYAL VE YÖNTEM 17
3.1. Deneme Materyalleri 17
3.2. Denemde Kullanılan Yöntemler: 18
3.3. İnkübasyon Denemesinin Kurulması: 18
3.4. Toprak ve Biyoplastik Örnekleri Analizleri ve Kullanılan Cihazlar 21
3.5. Verilerin İstatistiksel Analizleri 22
BÖLÜM 4 23
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 23
4.1. Deneme Toprağının Özellikleri 23
4.2. Deneme Materyallerinin Toplam Ağır Metal Kapsamları 23
4.3. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Biyoplastiklerin Kütle Kaybı 25
4.4. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta Mikroorganizma Sayıları 28
4.5. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta NO_3 Kapsamı 29

4.6. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta NH_4 Kapsamı 31
4.7. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta Üreaz Enzimi 31
4.8. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta Katalaz Enzimi 33
BÖLÜM 5 35
SONUÇ VE ÖNERİLER 35
KAYNAKLAR 37
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Atık çeşitleri 3
Şekil 1.2. Dünya ve Avrupa toplam plastik üretim verileri. 5
Şekil 1.3. Avrupa plastik malzemeleri talebinin sektörel dağılımı 5
Şekil 1.4. Biyoplastik küresel üretim kapasiteleri 7
Şekil 1.5. Malzeme türüne göre yeni biyoplastik üretim kapasiteleri 7
Şekil 1.6. Biyoplastiklerin üretim kaynaklarına göre sınıflandırılması 8
Şekil 1.7. Biyoplastik çeşitlerinin biyoplastik endüstrisindeki paylaşımı 10
Şekil 1.8. Avrupa Birliği'nde uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin oranları. 14
Şekil 3. 1. Çanakkale belediyesi ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi arıtma çamuru 17
Şekil 3.2. PLA levhaların üretim aşamaları 18
Şekil 3.3. Farklı dozlarda arıtma çamuru eklenen deneme kavanozları 20
Şekil 4.1. En düşük ağırlık kaybı olan kontrol dozu (1K3-2) ile ½ x Max. Dozunun (1A1-2) petrografi mikroskobu görüntüleri 26
Şekil 4.2. En yüksek ağırlık kaybı olan "%50 toprak+%50 çamur dozunun 7. ve 8. örnekleme zamanındaki (7D2-4, 8D3-4) petrografi mikroskobu görüntüleri 26
Şekil 4.3. Zamana göre biyoplastiklerin kütle kaybındaki değişim 27
Şekil 4.4. Dozlara göre biyoplastiklerin kütle kaybındaki değişim 27
Şekil 4.5. Zamanın mikroorganizma sayısı kapsamına etkisi 28
Şekil 4.6. Arıtma çamuru dozlarının mikroorganizma sayısı kapsamına etkisi 29
Şekil 4.7. Arıtma çamuru dozlarının toprağın NO_3^- kapsamına etkisi 30
Şekil 4.8. Arıtma çamuru dozlarının toprağın NH_4^+ kapsamına etkisi 32
Şekil 4.9. Arıtma çamuru dozlarının toprağın üreaz enzimi kapsamına etkisi 33
Şekil 4.10. Arıtma çamuru dozlarının toprağın katalaz enzimi kapsamına etkisi 34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Belediye atık miktarları, 2012-2016 2
Çizelge 1.2. Biyoplastik çeşitleri ve kullanım alanları 9
Çizelge 1.3. Türkiye belediye atıksu göstergeleri 13
Çizelge 3.1. Deneme materyallerinin özellikleri ve belirlenme yöntemleri 19
Çizelge 3.2. Denemede uygulanan deneme materyalleri, dozları, PLA adetleri ve karışım kodları 20
Çizelge 3.3. Deneme sonrası yapılan analizler ve kullanılan cihazlar 22
Çizelge 4.1. Araştırma materyallerinin temel özellikleri 23
Çizelge 4.2. Araştırma materyallerinin bazı alınabilir ve toplam ağır metal kapsamları 24
Çizelge 4.3. Araştırma materyallerinin bazı ağır metaller ile makro element kapsamları 24
Çizelge 4.4. Plastik levhaların ağırlık kayıpları (g) 25

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak artan endürtileşme, kentleşme ve ekonomik gelişme gibi insan faaliyetlerinin sonucu olarak kaynaklar dikkatsizce tüketilmekte ve bu tüketim sonucu pek çok atık türleri oluşmaktadır. Ekonomik, sosyal ve nüfus yönünden gelişen ve globalleşen dünyada sanayileşme ve kentleşme sonucu atıklarda artış olmaktadır. Ülkemizdeki atık yönetimi yönetmeliğinde atık; "Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyali" olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2015).

İnsanlar ihtiyaçları olmayan maddeleri atma, bulunduğu yerden uzaklaştırma eğilimindedirler. Fakat bunu yaparken doğaya ne kadar zarar verdiklerini gözetmemek asıl önemli problemlerdendir. Tüm dünyada artan insan faaliyetleri sonucu oluşan atıklar doğal kaynaklar üzerinde baskıyı arttırarak çevre ve sağlık açısından olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bilinçsizce tüketilen doğal kaynakların yanında fosil yakıtlara olan bağımlılık sonucu açığa çıkan tehlikeli atıklar da önemli çevresel kirlilikler meydana getirmektedir.

Çizelge 1.1'de Türkiye geneli 2012-2016 yılları arası belediye atık miktarları verilmektedir. Buna göre 1397 belediyenin 1390'ının atık hizmeti vermiştir. atık hizmeti veren belediyelerin yıllık topladığı atık miktarı 31,6 milyon ton olarak saptanmıştır. Bu rakamlara göre günlük ortalama kişi başı toplanan atık miktarı 1,17 kg olarak belirlenmiştir. Belediyelerde atık toplama ve taşıma hizmeti olarak toplam 31,6 milyon ton atığın, yaklaşık %61'lik kısmı düzenli depolama alanlarına, %29'u belediye çöplüklerine ve yaklaşık %9,8'i geri kazanım tesislerine gönderilirken, çok az bir miktarı (%0,2) açıkta yakılarak, dereye/araziye dökerek ve gömerek bertaraf edilmiştir (Anonim, 2016a).

Dünyada ve ülkemizde artan bu atıkların önüne geçebilmek, bu atıklardan enerji üretmek geri kazanımı sağlamak için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve ilgili belediyeler çalışmalarını yürütmektedir. Çevremizde gördüğümüz katı atıkların belediyelerde oluşturulan atık yönetim planları çerçevesinde toplanmakta, taşınmakta, bertaraf ve/veya geri kazanımı için işlemler yapılmakta, bahçe atıkları katı atık deponi alanlarına veya kompost yapılmak üzere ilgili tesislere gönderilmektedir. Her bir belediye Çevre Koruma Daire Başkanlıklarını, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ise bu atık türleri ile ilgili birimlerini kurmaktadır. Özellikle

gelişmiş ülkeler çöpü önemli bir çevre problemi (McCoole ve ark., 2011) olarak görmekte ve bunun çözümüne yönelik planlamalar ve icraatlar gerçekleştirmektedir.

Çizelge 1.1. Belediye atık miktarları, 2012-2016 (Anonim, 2016a)

YILLAR		**2012**	**2014**	**2016**
Toplam belediye sayısı		2950	1396	1397
Atık Hizmeti verilen belediye sayısı		2894	1391	1390
Atık Hizmeti verilen nüfusun toplam nüfus içindeki oranı (%)		83,4	91,2	92,5
Atık Hizmeti verilen nüfusun belediye nüfusu içindeki oranı (%)		99,0	97,7	98,6
Toplanan belediye atık miktarı (Bin ton)		25485	28011	31584
Kişi başı ortalama belediye atık miktarı (Kg/kişi-gün)		1,12	1,08	1,17
Bertaraf/geri kazanım yöntemleri ve atık miktarı (Bin ton)				
	Belediye çöplüğüne gönderilen	9771	9936	9095
	Düzenli depolama tesisine gönderilen	15484	17807	19338
	Açıkta yakarak	105	4	10
	Dereye/göle/araziye dökerek	135	32	42
	Gömerek/dolgu yaparak	156	67	7
	Geri kazanım tesislerine gönderilen	193	164	3092

1.1. Atıkların Sınıflandırılması

İnsan faaliyetleri sonucu birçok farklı sınıflarda atık oluşmaktadır. Atıklar; üretim, tüketim, fiziksel, kimyasal özellikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak sınıflandırılabilir. Kısaca özetlenecek olursa Şekil 1.1'de verildiği gibi; katı atıklar, sıvı ve gaz atıklar şeklinde üç ana gruba ayrılır.

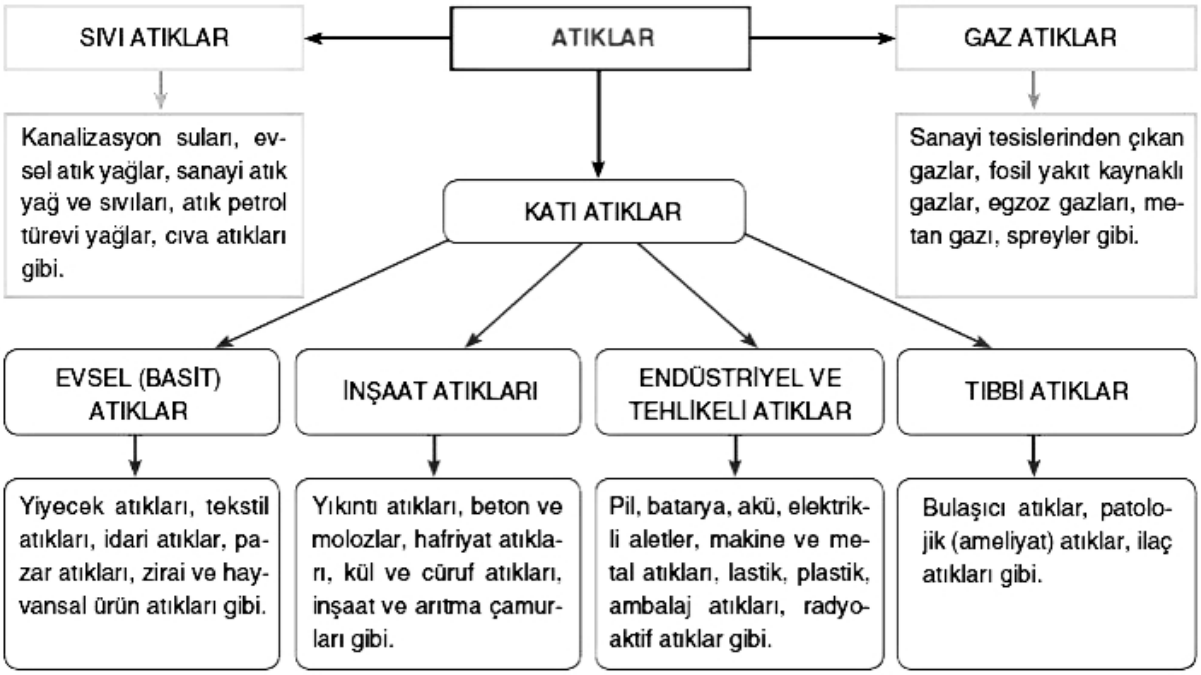
a-) Sıvı atıklar

Sıvı atıkların çoğunluğunu atık sular oluşturur. Bu sular; evsel, endüstriyel vb. kullanımlar sonucunda kirletilmiş sular, maden ocağı tesislerinde kirletilmiş sular ile şehirlerin kanalizasyon sularıdır. Atık sular dünyadaki doğal su ekosistemlerindeki oluşan çevre kirliliğinin en önemli sebeplerindendir. Atıksular doğal su ekosistemlerinin kendisini temizleme kapasitesinin üzerinde fazla miktarda olmaktadır ve bunun sonucu su ekosistemlerinin dengesi bozulmaktadır.

b-) Gaz atıklar

Gaz atıklar fosil yakıtların enerji elde etmek için endrüstiyel tesislerde yakılması sonucu oluşmaktadır. Ayrıca çöp depolama alanlarında ve kompost üretim alanlarında oluşan karbondioksit, metan gibi gazların salımı ile de oluşmaktadırlar. Gaz atıklar atmosferdeki sera gazlarını arttırıcı ve ozon tabakasını inceltici etkiye sahiptir. Ayrıca

Sanayi tesislerinden salınan zararlı gazlar, asit yağmurlarıyla dünyadaki ekosistemlerde büyük zararlar meydana getirmektedir.



Şekil 1.1. Atık çeşitleri

c-) Katı atıklar

Katı atıklar, bertaraf edilmemeleri halinde insanların ilk aşamada doğrudan karşılaştıkları olumsuzluk çevresel kirliliktir. Katı atıkların oluşturduğu kirlilik günümüzde dönemli bir problemdir. Bu doğrultuda sanayileşme ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan kentleşme süreci ile üretilen evsel katı atık sorunu yaşanmaya başlamıştır (Anonim, 2006). 2872 sayılı Çevre Kanununda 'Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı atık maddelerdir' olarak ülkemizde katı atık kavramı ilk defa tanımlanmıştır (Anonim, 1983).

Katı atıklar; üretimden tüketimlerine kadar doğrudan ya da dolaylı olarak çevre ve insanla etkileşim içerisinde bulunur. Çevremizde bulunan katı atıklar farklı gruplara ayrılarak sınıflandırılmaktadır. Ülkemizdeki Belediye atıklarını, genelde evsel kaynaklı atıklar grubundakiler meydana getirmektedir. Evsel nitelikli atıklar çoğunlukla insanların günlük faaliyetleri sonucu oluşan atıklardır. Türkiye'de belediye atıklarının kompozisyonu

içerisinde Evsel nitelikli atıklardan mutfak atıkları %34 oranla ilk sırada yer alırken diğer atık çeşidi olan ambalaj atıkları ikinci sırada önemli yer tutmaktadır (Anonim, 2016b).

1.1.1. Ambalaj Atıkları

30283 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliğine göre Ambalaj: 'Hammaddeden işlenmiş ürüne kadar, bir ürünün üreticiden kullanıcıya veya tüketiciye ulaştırılması aşamasında, taşınması, korunması, saklanması ve satışa sunulması için kullanılan herhangi bir malzemeden yapılmış iadesi olmayanlar da dâhil yönetmelikte Ek-1'de yer alan kriterler çerçevesinde tüm ürünler' olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2017a).

28035 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliğine göre ise ambalaj atığı; "Üretim artıkları hariç, ürünlerin veya herhangi bir malzemenin tüketiciye ya da nihai kullanıcıya ulaştırılması aşamasında ürünün sunumu için kullanılan ve ürünün kullanılmasından sonra oluşan kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlar da dâhil çevreye atılan veya bırakılan satış, ikincil ve nakliye ambalajlarının atıkları" olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2011a). Ambalaj Atıkları malzeme türlerine göre kâğıt, metal, plastik, cam, ahşap, kompozit ambalaj olmak üzere olarak altı farklı gruba ayrılır.

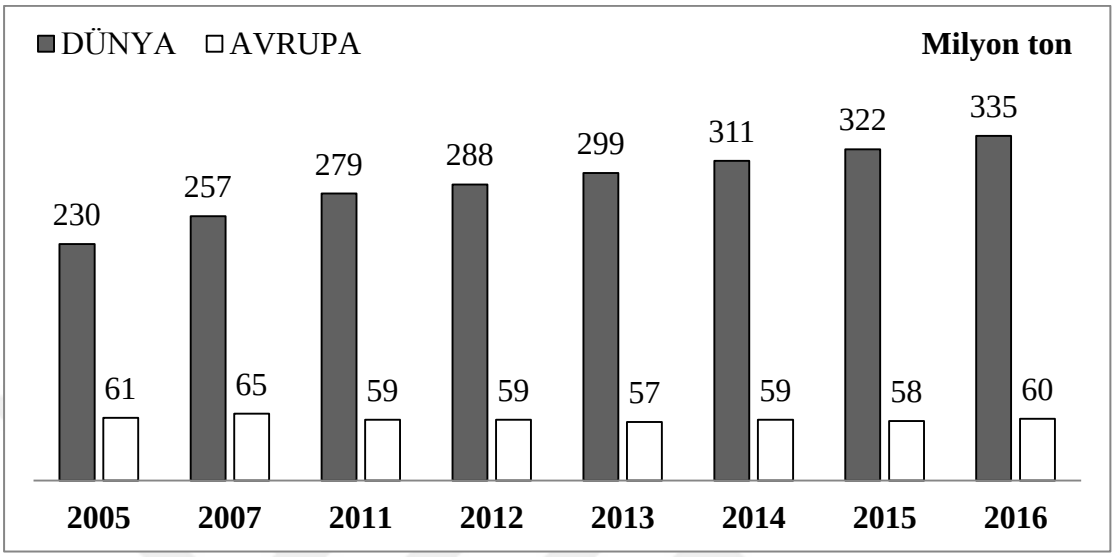
1.1.2. Ambalaj Atığı Plastikler

Plastikler doğal gaz, petrol ve kömürden oluşmaktadır. Plastik malzemeler üretimlerinden tüketimlerine kadar süreçte pek çok avantajlı özelliklerinden dolayı kullanımı oldukça yaygın olan malzemelerdir.

Kolay şekil alması ve hafif olması nedeni ile depolama ve taşımada sağladığı avantajlar, plastiklerin otomotiv endüstrisinden tıbba kadar her sektörde kullanılmasını sağlamış ve modern yaşamın bir parçası haline getirmiştir (El-Kadi, 2010). Bu nedenle plastik malzemeler inşaat, tekstil, gıda, otomotiv ve tarım sektörü gibi birçok alanda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Kıralp ve ark., 2006).

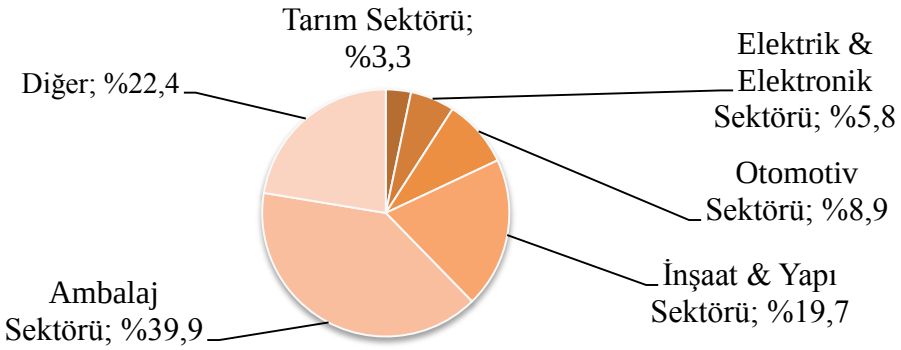
Plastiklerin keşfinden bugüne plastik üretimi ve dolayısıyla tüketimi giderek hızla artmaktadır. Şekil 1.2'de verildiği gibi dünyada 2015 yılında üretilen toplam plastik miktarı 322 milyon ton iken bu miktar 2016 yılında artarak 335 milyon ton olarak belirlenmiştir.

Avrupa'da 2015 yılında üretilen toplam plastik miktarı 58 milyon ton olup, 2016 yılında artarak bu miktar 60 milyon ton olarak belirlenmiştir (Plastics Europe, 2016; Plastics Europe, 2017).



Şekil 1.2. Dünya ve Avrupa toplam plastik üretim verileri (Plastics Europe, 2016; Plastics Europe, 2017).

Ambalaj ve paketleme sanayisinde kullanım alanı bulan plastikler gıda maddelerinin, ilaçların, kimyasal maddelerin ve birçok ürünün ambalajlanmasında önem kazanmıştır. Şekil 1.3' de Avrupa Plastik malzemeleri talebinin sektörel dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.3. Avrupa plastik malzemeleri talebinin sektörel dağılımı (Plastics Europe, 2016)

Plastikler hemen kullanılıp atılabildiği için üretiminden kısa bir süre sonra katı atık sorununa neden olmakta ve doğada çok uzun süreler boyunca bozunmadan kalma gibi

dezavantajlara sahiptir. Bu sebeple bu atıkların yönetimi büyük öneme sahip olmakta ve özellikle geri dönüşüm ve geri kullanımın yeterli oranda yapılamaması dolayısıyla kentsel deponi alanlarına gönderilen plastikler büyük çevresel problemlere sebep olmaktadırlar (Wu, 2009).

Plastiklerin geniş uygulama alanlarında kullanılması ve tüketiminin bu kadar fazla olması sebebiyle, dünyanın her yerinde büyük miktarlarda plastik atık meydana gelmektedir (Aguado ve Serrano, 1999; Sarasa ve ark., 2008).

Plastiklerin parçalanmaya karşı dayanıklı olmaları çöp deponi alanlarına bertarafları yönünden sakınca oluşturmaktadır (Sarasa ve ark., 2008). Ekonomik açıdan plastik üretiminde, özellikle hidrokarbonlar gibi önemli kimyasal maddelerin ve enerji kaynaklarının kullanıldığı göz ardı edilmemelidir (Aguado ve Serrano, 1999).

Petrol fiyatlarındaki hızlı artış da yenilenebilir kaynaklardan biyolojik kökenli malzemeler geliştirilmesine olanak tanımıştır (Ma ve ark., 2009). Plastik üretiminde kullanılan, yenilenemeyen ve sınırlı bir kaynak olan, doğal gaz, kömür ve petrol fosil yakıt rezervlerinin giderek azaldığı bilinen bir gerçektir.

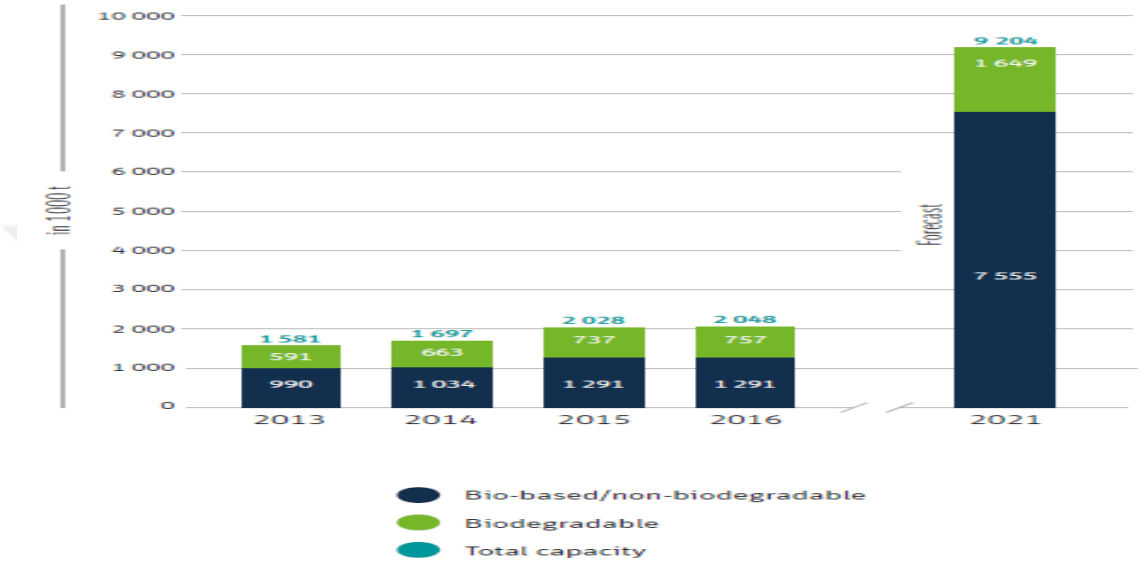
Son zamanlarda dünyada hızla kullanımı artan biyoplastik ambalaj malzemeleri yenilenebilir hammaddelerden yapılan ve kimyasal türevli plastiklere alternatif olarak üretilen yenilikçi ve sürdürülebilir üretime sahip plastiklerdir. Kullanımları gittikçe yaygınlaşmakta ve geleneksel plastikler yerini biyobozunur plastiklere bırakmaktadır.

1.1.3. Biyoplastikler

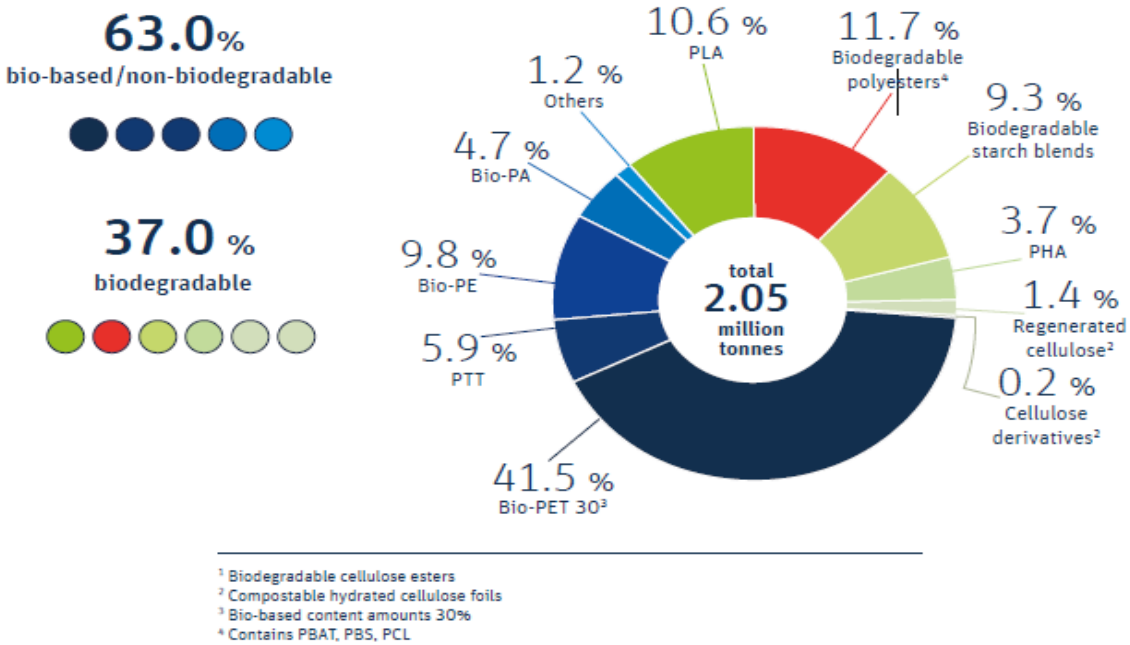
Biyobozunur veya organik plastikler, yenilenebilir nişasta, selüloz gibi doğada bozunabilen doğal polimerlerden üretilen protein benzeri yapılardır. Amerikan Malzeme Test Kurumu (ASTM; American Society Test for Materials) biyoplastikleri, "karbonunun, biyolojik süreçler yoluyla yenilenebilir bir kaynaktan elde edildiği organik bir malzeme" olarak tanımlamaktadır (Anonim, 2014). Yeşil plastikler veya biyolojik kökenli plastikler olarak da nitelendirilen biyoplastikler günümüzde eskiye oranla oldukça fazla kullanım alanına sahip olmasına rağmen, asıl keşifleri 19. yüzyıla dayanmaktadır (El-Kadi, 2010).

Günümüz biyoplastik üretimi giderek petrol türevli plastiklerden daha hızlı bir büyüme oranına ulaşmaktadır. Pazar araştırmalarına göre biyoplastiklerin toplam küresel üretim kapasitesi 2016 yılında 2.048 milyon ton olarak belirlenmiştir. Bu üretim miktarının %63 'ünü biyo temelli/biyobozunur olmayan plastikler oluştururken, %37 'sini biyobozunur plastikler oluşturmaktadır (Şekil 1.4) (Anonim, 2017b).

Ayrıca biyoplastik toplam küresel üretim kapasitesinin artarak 2021 yılında 9.204 milyon ton olacağı tahminler arasında yer almakta. ve bu miktarın %82,1 'inin biyo temelli/biyobozunur olmayan plastiklerin, %17,9 'unu ise biyobozunur plastiklerin oluşturması beklenmektedir. Toplam biyoplastik küresel üretim kapasitesinde malzeme tipine göre ilk üç sırayı %41,5 pay ile bio PET, %11,7 pay ile biyobozunur poliesterler, %10,6 pay ile PLA almaktadır (Şekil 1.5) (Anonim, 2017b).

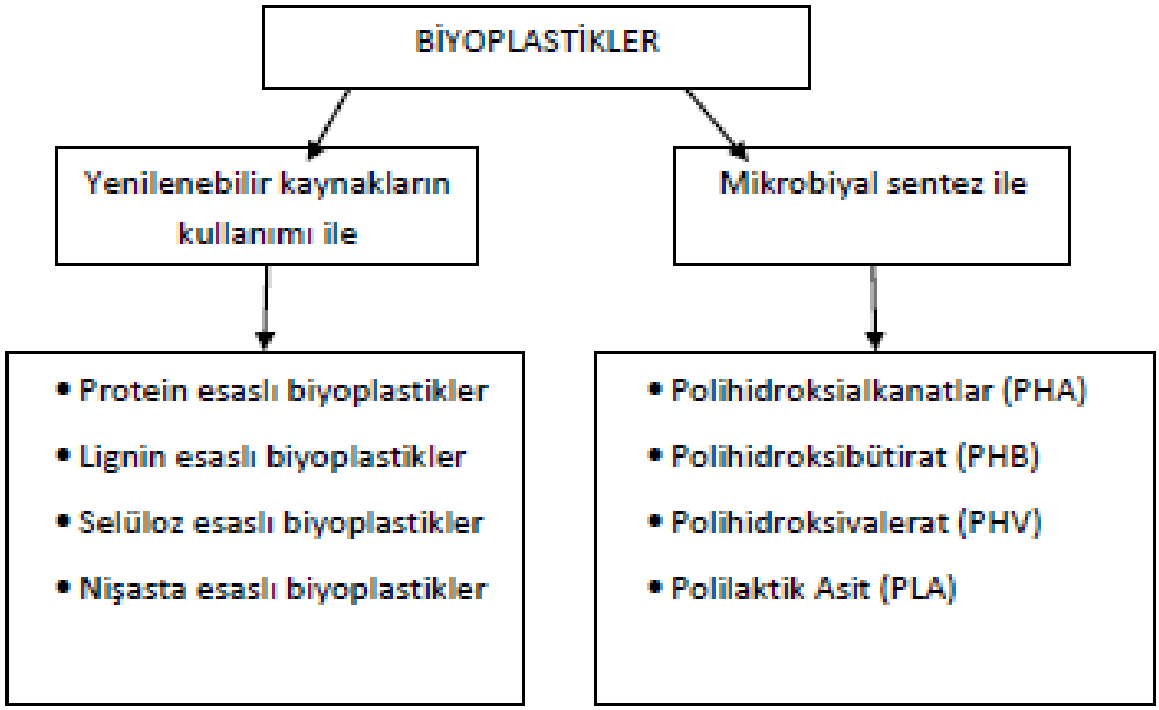


Şekil 1.4. Biyoplastik küresel üretim kapasiteleri (Anonim, 2017b)



Şekil 1.5. Malzeme türüne göre yeni biyoplastik üretim kapasiteleri, 2016 (Anonim, 2017b)

Amerika Birleşik Devletleri 2002 yılı 'Çiftlik Güvenliği ve Kırsal Yatırım Yasası'na göre; biyolojik temelli materyallerin kaynakları hem karasal hem de sucul ekosistemlerde olmak üzere bitkisel, hayvansal ve bakteriyel kökenli kaynaklardır (USDA, 2008). Bu nedenle üretim kaynaklarına göre biyoplastikler iki temel sınıfta kategorize edilmektedir (Şekil 1.6) (El-Kadi, 2010; Stevens, 2002; Chiellini ve Roberto, 2003).



Şekil 1.6. Biyoplastiklerin üretim kaynaklarına göre sınıflandırılması

Elnashar (2011), mikrobiyal sentez ile elde edilen biyoplastiklerin, tamamen biyolojik olarak parçalanabilen plastikler olduğunu belirtmiştir. Mikrobiyal sentez amacı ile *Alcaligenes, Pseudomonas, Bacillus, Rhodococcus, Staphylococcus ve Micrococcus* gibi bakterilerin biyoplastiklerin üretiminde kullanıldığı bilinmektedir (Singh ve Parmar, 2011; Page, 2008). Biyoplastikler yenilenebilir materyallerden olan polisakkaritler, lipitler ve proteinlerden de üretilmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen biyoplastik çeşitleri dört kategori altında toplanmaktadır (Barker ve ark., 2009).

1. Protein bazlı biyoplastikler: Mısır, buğday, pirinç gibi bitki proteinlerinin işlenmesi ile üretilen biyoplastiklerdir (Berkesch, 2005; Barker ve ark., 2009). Örneğin; mısırdaki proteinin yaklaşık % 45-50'si zeindir ve sert, parlak, hidrofobik, esnek ve sıkıştırılabilir olması sebebiyle ambalaj üretiminde kullanılabilmektedir (Edwin ve Habeych, 2009).

2. Selüloz bazlı biyoplastikler: Bunlar genellikle selüloz asetat gibi kimyasal olarak modifiye edilmiş selüloz malzemelerden elde edilmektedir. Selüloz kaynağı olarak, kağıt hamuru, pamuk ve kenevir kullanılmaktadır (Barker ve ark., 2009).

3. Lignin bazlı biyoplastikler: Lignin bazlı biyoplastikler kağıt endüstrisinin yan ürünü olan odundan ya da lignoselülozik kaynaklardan elde edilerek üretilen biyoplastiklerdir (Stevens, 2002; Barker ve ark., 2009).

4. Nişasta bazlı biyoplastikler: Nişasta bazlı biyoplastikler kaynağı ham veya işlenmiş nişasta olan biyoplastiklerdir. Nişasta bazlı biyoplastik üretimi amacıyla genellikle mısır, patates ve buğday nişastaları kullanılmaktadır (Stevens, 2002; Berkesch, 2005; Barker ve ark., 2009).

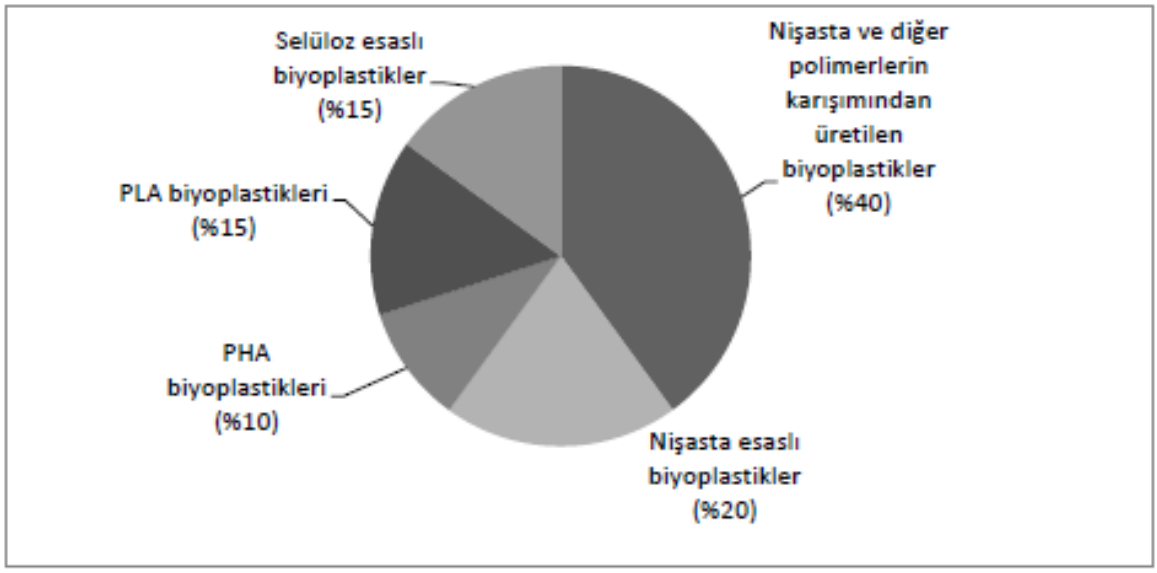
Günümüzde gıda endüstrisinde paketleme uygulamalarında kullanılan biyoplastiklerin yüzde olarak en büyük kısmını nişasta bazlı biyoplastikler meydana getirmektedir (Gonzalez-Gutierrez ve ark., 2010). Günümüzde özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa'da oldukça geniş pazar payına sahip olan biyoplastikler diş fırçası, tarak, tükenmez kalem ve kredi kartları gibi kişisel eşyalar, ekmek torbaları, süt şişeleri gibi ambalajlar dahil, tekstil ürünlerinden, tutkal ve sıvalara kadar birçok alanda kullanılmaktadır (El-Kadi, 2010; Stevens, 2002). Çizelge 1.2'de biyoplastik çeşitleri ve bazı kullanım alanları verilmiştir.

Çizelge 1.2. Biyoplastik çeşitleri ve kullanım alanları (Anonim, 2011b)

BİYOPLASTİK TÜRLERİ	**KULLANIM ALANLARI**
Nişasta bazlı biyoplastikler	Tek kullanımlık çatal, kaşık, bıçaklar, ilaç kapsülleri, soğuk içecek şişeleri ve kutuları, elektrik yalıtım ürünleri
Lignin bazlı biyoplastikler	Prizler elektronik donanım ürünleri
Soya proteini bazlı biyoplastikler	Yapı izolasyon ürünleri
Odun, pamuk veya kenevir selülozundan üretilen biyoplastikler	Gıda ambalajları, tesktil ürünleri
Nişastanın sentetik polimerle karıştırıldığı kısmi parçalanabilir biyoplastikler	Plastik torbalar

Biyoplastiklerin en yaygın örneklerinden ikisi polilaktik asit (PLA) ve polihidroksialkonatlardır (PHAs). Mısır, patates ve şeker gibi nişasta formlarından elde edilen PLA biyoplastiklerinin, toprakta bakteriyel ataklar sonucunda ve enzimatik ortamlarda sadece birkaç haftada ayrışabildiği bilinmektedir (Wu, 2009). PLA, sert ve elastik oluşu, kolay parçalanabilir oluşundan dolayı tek kullanımlık malzemelerin

üretiminde ve ambalaj sanayisinde kullanılmaktadır. Biyoplastik çeşitlerinin, biyoplastik endüstrisindeki paylaşım oranları Şekil 1.7'de gösterilmektedir (Barker ve ark., 2009).



Şekil 1.7. Biyoplastik çeşitlerinin biyoplastik endüstrisindeki paylaşımı (Barker ve ark., 2009)

1.1.4. Biyoplastiklerin Parçalanabilirlikleri

Biyolojik olarak parçalanabilen" terimi malzemelerin, uygun şartlar altında mikrobiyal olarak, doğal yollarla biyogaza ve biyokütleye (çoğunlukla karbondioksit ve suya) parçalanması veya bozunmasını belirtmektedir (Lagaron ve Lopez-Rubio, 2011). Biyoplastikler parçalanabilirliklerine göre üç gruba ayrılmaktadırlar;

I. Foto-parçalanabilir plastikler: içerisinde katkı maddeleri olarak doğrudan ışığa duyarlı gruplar bulunan plastiklerdir. Ultraviyole ışınlar bu plastiklerin polimerik yapılarını bozarak (birkaç haftadan aya kadar), bakteriyel parçalanmaya dayanıksız hale getirmektedir. Fakat bu tür plastikler depolama alanlarının güneş ışığından yoksun olmaları nedeniyle biyolojik olarak parçalanmadan kalabilmektedirler (El-Kadi, 2010).

II. Kısmi biyolojik olarak parçalanabilen plastikler: Polietilen gibi geleneksel plastik üretiminde kullanılan kimyasal maddelerin nişasta ile karıştırılarak üretildiği plastik çeşitleridir. Deponi alanlarına bertaraf edildiklerinde, yapılarında bulunan nişasta mikroorganizmalar tarafından parçalanmakta ancak polietilen gibi sentetik kimyasal maddeler parçalanmadan kalabilmektedirler (Stevens, 2002).

III. Biyolojik olarak parçalanabilen plastikler (biyoplastikler): Bakteriler tarafından biyopolimer oluşturmak amacıyla aktif olarak kullanılan plastiklerdir. Bunlar Polihidroksi

alkanatları, polilaktik asitleri (PLA), alifatik polyesterleri, polisakkaritleri ve bunların karışımlarından oluşan biyolojik kökenli polimerleri kapsamaktadır (El-Kadi, 2010).

Farklı hammaddelerden üretilen biyoplastikler, ambalaj uygulamaları için film ve kaplamalar da dahil olmak üzere bir dizi amaçlar için araştırılmış olup son 20 yılda geliştirilmiştir (Balaguer ve ark., 2011). Biyoplastikler çevre açısından bakıldığında bozunabilir olduğundan aynı zamanda atık problemine de çözüm sağlanmaktadırlar.

Biyoplastik malzemelerin de geleneksel plastikler gibi malzeme kodları bulunmaktadır (El-Kadi, 2010; Stevens, 2002; Barker ve ark., 2009). Geri dönüşüm işlemleri sırasında Bu kodlar yardımıyla, biyoplastik malzemelerin, geleneksel plastiklerle kontamine olmaması için ayrı toplanması gerekmektedir (Barker ve ark., 2009). Çöp deponi alanlarına nişasta bazlı biyoplastiklerin bertarafı, sentetik polimerlerden, lignin veya selüloz bazlı biyoplastiklerin bertarafından daha kolay olabilmektedir (Roldán-Carrillo ve ark., 2003). Bu nişasta kaynaklı biyoplimerlere örnek olarak biyobozunurluğu yüksek olan polilaktik asit (PLA) örnek verilebilir.

1.1.5. PLA ve Biyobozunurluk

Laktik asit önemli organik hidroksi asitlerdendir. Kimya teriminde ismi alfa hidroksi propanoyik asit (CH_3CHOH-COOH) olup karmaşık yapılı ve su bazlıdır. Laktik asit su bazlı karmaşık yapılı kimyasal olup biyobozunur polilaktik asit polimerinin hammadesini oluşturur.

PoliLaktikAsit (PLA) doğada bozunması birkaç ay süren bir biyopolimerdir. PLA nişasta bakımından zengin bitkisel hammaddelerden üretilmesinden dolayı biyobozunur özelliktedir ve çevre dostudur.

Rasal ve ark. (2010), PLA'nin dört temel avantaja sahip olduğunu ve bunların; üretimde düşük enerji kullanımı, biyouyumluluk, yenilenebilirlik ve kolay işlene-bilirlik özellikleri olduğunu belirtmişlerdir. Bu özellikleri nedeniyle PLA bazlı plastiklerin uygulama alanları giderek genişlemekte ve petrol bazlı plastiklerin yerini almaktadır.

Plastik atıkların biyobozundurulması plastik atık sorununun çözülmesine alternatif bir yoldur. Biyobozunma organik maddelerin mikroorganizma ve enzimler yardımıyla fiziksel ve kimyasal olarak yapısal bütünlüklerinin bozulması durumudur. Biyobozunma sonucu humus, karbondioksit ve su oluşmaktadır. Özellikle biyo polimerler grubunda yer alan PLA'nın bozunma süreçlerindeki farklı prosesler bu polimerin kullanım alanlarını da çoğaltmıştır. PLA katalizatör bir enzime ihtiyaç duymadan hidroliz yoluyla

bozunmaktadır. PLA' nın maruz kaldığı biyolojik ve ortam koşulları bozulmayı hızlandırmakta ve etkileyebilmektedir.

1.2. Arıtma Çamurları

Globalleşen dünyada hızla gelişmekte olan teknoloji ve nüfus artışı sonuçlarından birisi olarak kentsel atıksu miktarıda hızlı bir şekilde artmaktadır. Atık suların içerisinde bulunan patojenlerin, ağır metallerin, organik kirleticilerin, çeşitli toksik maddelerin ve kirletilmiş suyun doğayı kirletmesini önlemek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtılması gereklidir. Bu nedenle atıksuların arıtılmaları sonucu açığa çıkan arıtma çamurları katı atıklar içerisinde önemli bir yere sahiptir.

2016 yılı Belediye Atıksu İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre; 'kanalizasyon şebekesi ile toplanan 4,5 milyar m^3 atıksuyun %40,4'ü denize, %48'i akarsuya, %2,8'i baraja, %1,8'i göl-gölete, %0,5'i araziye ve %6,5'i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiş olup, deşarj edilen 4,5 milyar m^3 atıksuyun 3,8 milyar m^3'ü atıksu arıtma tesislerinde' arıtılmıştır (Çizelge 1.3). Arıtılan atıksuyun %44,5'ine gelişmiş, %31,6'sına biyolojik, %23,6'sına fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma uygulanmıştır. Atıksuların arıtma işlemleri sonucu kuru madde bazında 299 bin ton atıksu arıtma çamuru oluştuğu tespit edilmiştir (Anonim, 2016c). Atıksuların büyük bir oranı sudan oluşur ve kalan kısmı ise katı kirleticilerdir. Bu kirletici maddelerin türüne göre arıtma yöntemi de çeşitlilik göstermektedir.

Arıtma çamuru; "Atık su arıtımında, fiziksel ve kimyasal arıtma süreçlerinde atık su içinden yüzdürülerek veya çökeltilerek uzaklaştırılan maddeler ile biyolojik arıtma sonunda çözünmüş hâldeki maddelerin (kirliliklerin) mikroorganizma bünyesine geçirilmesiyle mikroorganizmaların sistemden yüzdürülerek veya çökeltilerek alınması sonucu ortaya çıkan % 95–99,5 oranında su içeren akışkan özellikteki atıklar" olarak isimlendirilir (Anonim, 2011a).

Arıtma çamurlarının başlıca kaynakları atıksu arıtma tesisleri, içme suyu arıtma tesisleri ve endrüstiyel atıksu arıtma tesisleridir. Giderek artan kentleşme ve endrüstiyel faaliyetler sonucunda yüksek miktarda oluşan atıksuların arıtılmasıyla oluşan arıtma çamurlarının miktarı gittikçe artmaktadır. Bunun sonucunda arıtma çamurlarının işlenmesi, arıtımları ve bertarafı önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çamurun arazide bertarafına içeriğindeki patojenler, ağır metaller ve toksik organic maddeler etki etmektedir. Arıtma çamurları içerdikleri kadmiyum, kurşun, krom, cıva, bakır, çinko zararlı ağır metaller ile insan sağlığına zararlı özelliğe sahip olabilmektedir.

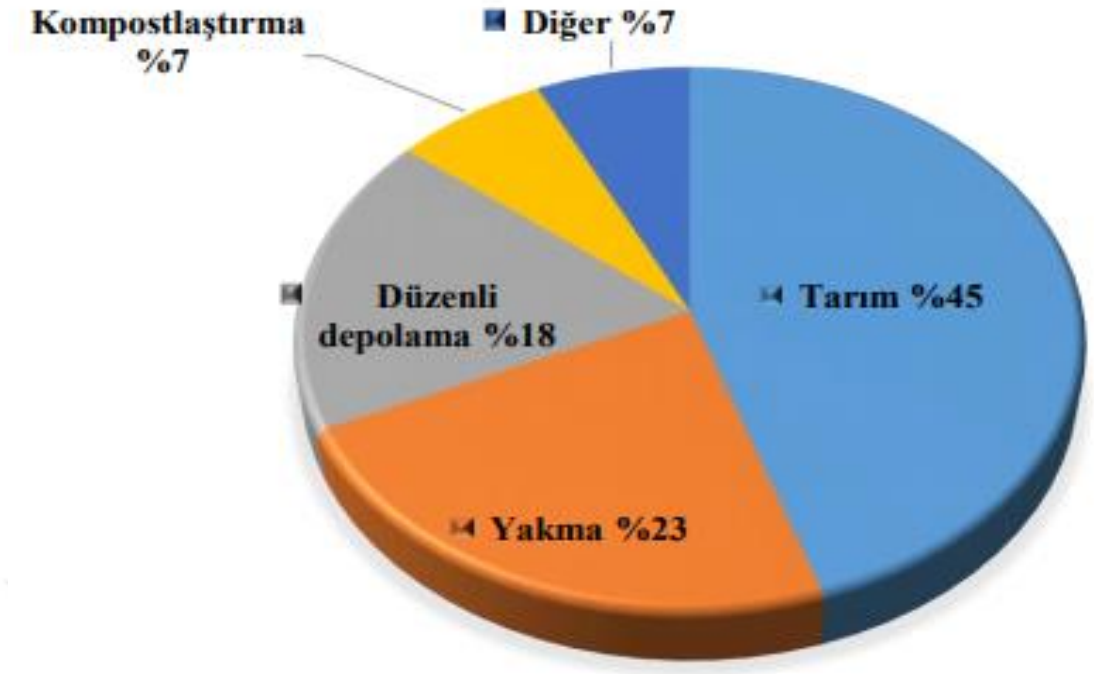
Çizelge 1.3. Türkiye belediye atıksu göstergeleri, 2012-2016 (Anonim, 2016c)

YILLAR	**2012**	**2014**	**2016**
Toplam belediye sayısı	2950	1396	1397
Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen belediye sayısı	2300	1309	1338
Kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilen nüfusun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	92,2	89,8	89,7
Alıcı ortamlara deşarj edilen toplam atıksu miktarı (milyon m^3)	4073	4297	4484
Denize	1843	1915	1813
Göl-gölete	75	94	79
Akarsuya	1817	1899	2153
Araziye	36	18	20
Baraja	114	121	126
Diğer*	187	250	293
Atıksu arıtma tesislerinde arutılan atıksu miktarı (milyon m^3)	3257	3484	3842
Kişi başı deşarj edilen günlük ortalama atıksu miktarı (litre/kişi-gün)	190	181	183

*: Foseptiğe, zerzemine vb. atıksu deşarjlarını içermektedir.

Biyolojik bir arıtma tesisinde oluşan ham çamurun % 30'u mineral maddelerden, %70'i de organik maddelerden meydana gelmektedir. Arıtma çamurunu oluşturan organik maddeler çeşitli stabilizasyon yöntemleri ile azaltılabilen, mineraller ise azaltılamayan maddelerdir (Jatzkowski, 2000).

Arıtma çamurlarının bertarafında çevre dostu ve faydalı alternatiflere yönelinmektedir. Bu alternatifler çamuru kompostlaştırarak tarımsal alanlarda gübre olarak veya toprak iyileştirme uygulamalarında kullanmak ve enerji elde etmek için yakmak sayılabilir. Arıtma çamurlarına kompostlaştırma, depo sahalarına gömme, açık alanlara serme gibi geleneksel bertaraf metodlar yerine, "geri kazanım", "geri kulanım", "geri dönüşüm" felsefesiyle uyumlu şekilde çamurun tekrar yaşam döngüsü içine katılması önem kazanmaya başlamıştır. Avrupa Birliğinde başlıca bertaraf yöntemlerinin uygulanma oranları Şekil 1.8 'de verilmiştir.



Şekil 1.8. Avrupa Birliği'nde uygulanan çamur bertaraf yöntemlerinin oranları (PURE, 2012).

Şekil de görüldüğü üzere ilk sırayı tarım alanlarında kullanım, ikinci sırayı yakma, üçüncü sırayı ise düzenli depolama almıştır (PURE, 2012). Bu yöntemler arasında en kolay ve en ucuz olanı arıtma çamurlarının atıklarla birlikte düzenli depolama alanlarına gömülmesi alternatifidir. Günümüzde arıtma çamurlarının biyoreaktör çöp depolama alanlarında birlikte bertarafı da yapılmaktadır.

Bu çalışmada, katı atıkların bir alt grubunda olan ambalaj atıkları içerisindeki biyoplastikler ve en önemli katı atıklardan arıtma çamurlarının depo alanlarında birlikte depolanması ve biyoplastiklerin parçalanabilirliği üzerine yoğunlaşılmıştır.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çınar ve arkadaşları (2004) Depolama sahalarını konvansiyonel sistemlerin dışına taşıyan biyoreaktör konseptine uygun olarak tasarlanan ve işletilen depolama sahalarında, evsel nitelikli arıtma çamuru uygun olarak depolandığı taktirde, çöp stabilizasyonu üzerinde olumlu etkileri olduğunu tespit etmişlerdir.

Hall ve Zmyslowska (1993)'nın yapmış oldukları çalışmada anaerobik olarak çürütülmüş çamurun kentsel katı atıklar ile birlikte depolanması sonucunda mikroorganizmalar için gerekli olan azot ve fosforun sisteme yeterince verildiğini belirlemişlerdir.

Gaspar ve arkadaşları (2005) biyoplastiklerin dayanıklılıklarını artırmak için biyoplastiklere selüloz, hemiseluloz ve protein gibi doğal polimerleri eklemişler ve en iyi dayanıklılığın hemiselüloz ile karıştırılan nişasta bazlı biyoplastiklerde olduğunu rapor etmişlerdir.

Dintcheva ve La Mantia (2007) nişasta bazlı biyoplastiklerin, mekaniksel dayanıklılıkların bir göstergesi olan, foto-oksidasyon özelliklerini araştırmışlar ve bu biyoplastiklerin güneş ışığı varlığındaki dayanıklılıklarının çok düşük olduğunu gözlemlemişler. UV stabilleştirici gibi bazı katkı maddelerinin eklenmesi halinde bu malzemelerin dayanıklılıklarının arttırılabileceğini belirtmişlerdir.

Lörcks (1998) nişasta bazlı biyoplastiklerin geçirgenliği gibi işlenme sırasındaki mekaniksel özelliklerini araştırmış, polietilen gibi geleneksel plastiklere benzer biçimde bu biyoplastiklerin işlenme sırasında şeffaf, opak ve renklendirilebilir olduğunu saptamıştır.

Yagi ve arkadaşları (2010), biyoplastiklerin anaerobik biyolojik parçalanabilirliğini araştırmışlardır. Biyoplastik atıklar, sebze atıkları ve atıksu arıtma tesisi çamuru ile karıştırılarak dört farklı aşamadaki (7. gün, 12. gün, 18. gün ve 40. gün) biyolojik parçalanabilirlik aktiviteleri belirlenmiş ve en yüksek biyogaz eldesinin 18. günde olduğu ifade edilmiştir.

Accinelli ve arkadaşları (2012) ise nişasta bazlı biyoplastik bir ambalajı toprağa inkübe ederek topraktaki parçalanabilirliklerini araştırmışlar ve çalışmanın 3. ayında biyoplastik ambalajın kütle azalışını %37 olarak belirlemişlerdir. Biyoplastik ambalajın parçalanmasında bakterilerin ve özellikle fungusların biyoplastikleri karbon kaynağı olarak kullandığı gözlemlenmiştir.

Güneş (2005), arıtma çamurunun katı atıklarla birlikte biyoreaktörlerde tasfiyesinin katı atıkların stabilizasyonunda verimli bir yol olduğunu belirlemiş olup, deneyin 55. gününden sonra yaş maya eklenmesinin de biyogaz üretimini arttırdığını ortaya sürmüştür.

Rivard (1989) organik evsel katı atıklardaki besi maddesi eksikliğinin aerobik ve anaerobik kompostlaştırma proses performansını önemli ölçüde azalttığını yapılan çalışmasıyla ortaya koymuştur.

Angın ve Yağanoğlu (2011), arıtma çamurunun tarımsal kullanımda kısa dönemde toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine katkısı olduğunu bildirmişlerdir. Arıtma çamurlarının 0, 40, 80, 120 t ha-1 uygulama düzeylerini uyguladıkları araştırmalarda; artan arıtma çamuru dozlarına bağlı olarak toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin arttığı, bu artışın istatistiksel açıdan önemli ($P<0,05$) olduğunu rapor etmişlerdir.

Göçmez (2006), yaptığı doktora tez çalışmasında arıtma çamuru uyguladığı toprakta organik madde artışı nedeniyle toprakta mikrobiyal biyomas ile bazı enzim aktivitelerinin olumlu etkilendiğini belirtmiştir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneme Materyalleri

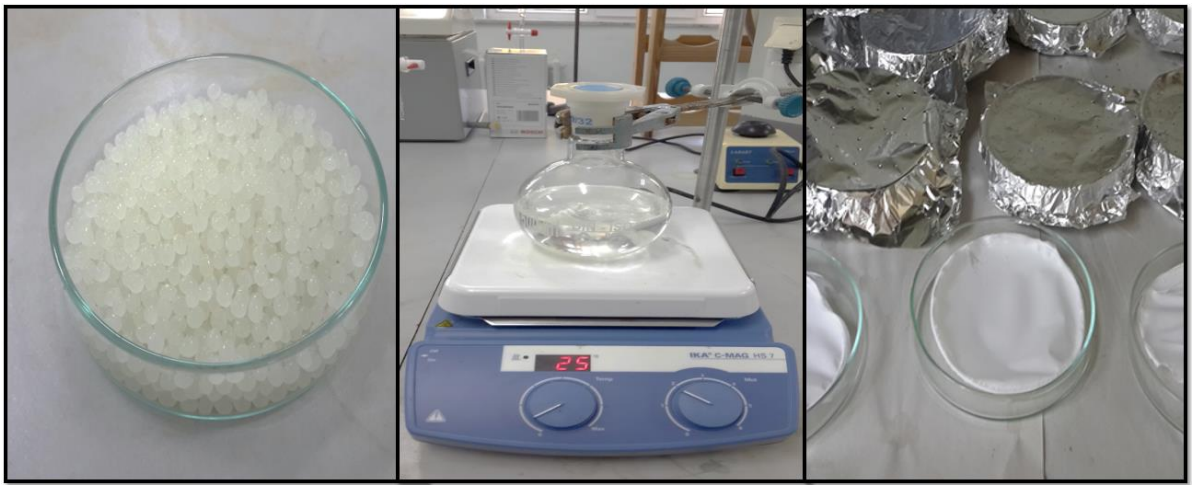
Çalışmada Çanakkale Belediyesi bünyesindeki Aktif Çamur Sistemi ile çalışan İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinden elde edilen arıtma çamuru kullanılmıştır (Şekil 3.1). Çanakkale Belediyesi İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde sistemden uzaklaştırılan çamur polietilen torbalarla alınarak ÇOMÜ Ziraat Fakültesine nakledilmiş ve burada kurutulup ezilerek 2 mm gözenek çaplı elekten geçirilip kullanılmıştır.



Şekil 3. 1. Çanakkale belediyesi ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi arıtma çamuru

Deneme toprağı ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Yerleşkesi'ndeki coğrafi konum belirleme cihazı yardımıyla işaretlenen belirli deneme parsellerinden 0-20 cm derinlikten alınan toprak örnekleri kurutulduktan sonra 2 mm gözenek çaplı elekle elenerek kullanıma hazır edilmiştir.

Nature Works LLC firmasından (USA) temin edilen standart polilaktikasit (PLA) toplarından (Ingeo™ Biopolymer 4043D) ÇOMÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Laboratuvarında tetrahidrofuran eklenerek çözülen polimer toplar eritilmiş sonra temiz petri kaplarına dökülmüş (çözelti dökme yöntemi) ve ince filmler şeklinde elde edilen PLA materyallerden 2,5 cm çaplı dairesel levhalar şeklinde kesilerek kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. PLA levhaların üretim aşamaları

3.2. Denemde Kullanılan Yöntemler:

Alınan arıtma çamuru ve toprak örneklerinden temsilen ayrılan kısımlarda yapılan analizler ve yöntemleri Çizelge 3.1' de belirtilmiştir. Toprak ve arıtma çamurunda ki temel analizler ÇOMÜ Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan Toprak Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Toprak ve arıtma çamurunda toplam ve alınabilir ağır metal, P, K, Ca, Mg, Na analizlerinde kral suyu (3:1 oranında) Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında hazırlanmış olup örneklerin okumaları ÇOBİLTUM'da bulunan Perkin Elmer Optima 8000, ICP-OES cihazıyla yapılmıştır.

3.3. İnkübasyon Denemesinin Kurulması:

İnkübasyon denemesinin kurulması amacıyla, 1L'lik silindirik standart cam kavanozlara 400 g toprak ve farklı oranlarda arıtma çamuru konulmuş ve kodlamaları yapılmıştır. Karışım kodları ve deneme materyalleri miktarları aşağıdaki Çizelge 3.2' de verildiği gibidir.

Arıtma çamurunun ve toprak örneklerinin ağır metal analizleri yapılarak "Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik" (Anonim, 2010) kapsamında topraklara uygulanabilir maksimum çamur dozu belirlenmiştir. Bu dozun yarısı ve iki katı hesaplanarak iki doz daha belirlenmiştir. Ayrıca kütle esasına dayalı olarak "%50 toprak+%50 çamur" (1 Kısım Çamur:1 Kısım Toprak) oranında bir doz, arıtma çamurunun düzenli depolanması durumunda deponi alanlarındaki şartlara benzetme amacıyla denenmiştir. Kontrol olarak ise hiç arıtma çamuru katılmayan kavanozlara biyobozunur PLA plastik filmleri yerleştirilmiştir. Kavanozlara PLA yerleştirme işlemlerinde materyalde

belirtildiği şekilde hazırlanan PLA filmler hassas terazide tartılmış olup, her kavanoza 4'er adet önceden hazırlanan 2 mm gözenek açıklığında dayanıklı polipropilen malzemeden elle yapılmış keselerin içine konularak yaklaşık 45 derecelik açıyla kavanozdaki ortamlara gömülmüştür. Kavanozların ağzı havalanmayı engellemeyecek ve nemi koruyacak şekilde yarı geçirgen plastik film (korozo marka) ile kapatılmıs ve mikroorganizmaların PLA levhalarını parçalayabilmesi için gerekli optimum koşulları saglamak amacıyla tarla kapasitesi düzeyinde her kavanoza farklı miktarlarda su ilavesi yapılmıştır (Şekil 3.3).

Çizelge 3.1. Deneme materyallerinin özellikleri ve belirlenme yöntemleri

ANALİZLER	**UYGULANAN YÖNTEMLER**
Toprakta organik madde	Modifiye Walkley-Black yöntemiyle (Jackson, 1958).
Çamurda organik madde	Nemi uçurulan arıtma çamurunun 500 ºC de yakılması ile (DIN EN ISO 1172, 1998)
Toprak bünyesi (tekstür)	Hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951).
Toprak ve çamurda tarla kapasiteleri	Suya doygun hale getirilen toprak ve çamur örnekleri basınçlı membran aletinde 1/3 atmosfer basınca tabi tutularak belirlenmiştir (Klute, 1986).
Toprakta ve çamurda nem miktarları	Toprakta 105°C'de, arıtma çamurunda 70 °C de sabit ağırlığa gelen örneklerde ağırlık kaybı esasına göre belirlenmiştir (Allmaras ve Gardner, 1956).
Toprakta ve çamurda pH ve EC değerleri	Toprakta 1:2,5 toprak ve su karışımında, çamurda 1**:**5 toprak ve su karışımında pH değerleri pH-metre ile; EC ise EC-metre ile ölçülerek belirlenmiştir (Richards, 1954; Grewelling ve Peech, 1960).
Toprakta ve çamurda toplam ve alınabilir ağır metaller	HNO_3 ve HCl asitlerle 3:1 oranında karıştırılarak elde edilen asit karışımında (Kral suyu) yaş yakılan örneklerde Perkin Elmer Optima 8000, ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir.
Toprakta kireç	Scheibler kalsimetresi kullanılarak tayin edilmiştir (Allison ve Moodie, 1965).
PLA levhalarda kütle kaybı	Ultra hassas terazide PLA ağırlıkları değişimi ölçülerek farklar kaydedilmiştir.
Toprak ve çamurda toplam N	LECO marka C-N elementel analiz cihazı ile (Kirsten, 1983)
Toprak ve çamurda toplam P	Perkin Elmer Optima 8000 marka ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir.
Toprak ve çamurda toplam K Toprak ve çamurda Ca, Mg,Na	Perkin Elmer Optima 8000 marka ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir. Perkin Elmer Optima 8000 marka ICP-OES cihazıyla belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Denemede uygulanan deneme materyalleri, dozları, PLA adetleri ve karışım kodları

DOZLAR	KOD	ARITMA ÇAMURU MİKTARI (g)	TOPRAK MİKTARI (g)	KAVANOZ X PLA (ADET)
½ x Max	A	43	400	3 x 4
Max	B	86	400	3 x 4
2 x Max	C	172	400	3 x 4
1:1	D	200	200	3 x 4
Kontrol	K	0	400	3 x 4

Hazırlanan örnekler inkübatöre yerleştirilerek ve her iki haftada bir seri örnek seti incelenmek üzere inkübatörden çıkarılmıştır. Toplam dört ay ve her ayda iki kez olmak üzere sekiz hafta 24 ºC sabit sıcaklıkta ve karanlıkta inkübasyona tabi tutulan örneklerde kütle kaybı analizleri yapılarak veriler toplanmıştır.

Denemede özetle; kontrol dâhil beş arıtma çamur dozu, her dozun üç tekrarı ve her tekrarda dört PLA parçası incelenmiştir. Bu da; 5 doz x 3 tekrar x her kavanozda 4 levha x 8 inkübasyon zamanı = 480 adet plastik levha incelendiği anlamına gelmektedir.



Şekil 3.3. Farklı dozlarda arıtma çamuru eklenen deneme kavanozları

3.4. Toprak ve Biyoplastik Örnekleri Analizleri ve Kullanılan Cihazlar

İnkübasyon denemesi sonucunda elde edilen toprak örneklerinde ve parçalanmaya uğramış biyoplastiklerde analizler ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

Mikroorganizma sayısı taze toprak örneklerinde Wollum (1982) metoduna göre belirlenmiştir. 10 g toprak örneği otoklavda sterilizasyonu yapılmış 250 ml'lik erlenmayere eklenerek 90 ml serum fizyolojik steril koşullarda üzerine eklenmiştir. Örneklere tüp dilüsyon metodu uygulanmıştır. Nutrient agar besiyeri içeren petri kaplarına inokülasyonlar yapılmıştır. Beş günlük inkübasyon sonucunda mikroorganizma sayımları yapılmıştır.

Üreaz enzim aktivitesi tayini; Hoffmann ve Teicher (1961) tarafından bildirildiği şekilde hava kuru toprağın 2 mm'lik elenerek, üreaz enziminin substrat olarak kullanılan üreyi belirli bir süre içinde hidrolize ederek amonyak ve karbondiokside ayırması ve meydana gelen ve toprak çözeltisinde çözünen amonyak miktarının spektrofotometrik olarak belirlenmesiyle yapılmıştır.

Katalaz enzim aktivitesi tayini; Beck (1971) metoduyla hava kuru toprağın 2 mm'lik elekten elenerek üzwerine eklenen hidrojen peroksit (H_2O_2)'i katalaz enziminin parçalamasıyla oluşan oksijen miktarının volümetrik olarak ölçülmesiyle yapılmıştır.

Toprakta NO_3 ve NH_4 analizi; taze toprak örneklerinin 2 M KCl (Potasyum Klorür) ile çalkalanıp süzülmesiyle elde edilen ekstraktların destilasyonu ve titrasyonuyla Bremner (1965) yöntemine gore belirlenmiştir.

Biyoplastiklerin kütle kaybı analizi; deneme sonucunda çıkarılan biyoplastiklerin üzerindeki çamur ve toprak kalıntıları saf su ile temizlenerek dikkatlice kodlanan petrilerde kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan biyoplastik örneklerinin hassas terazide tartımları yapılmışır.

Biyoplastik mikroskop görüntüleri; kurutularak tartımı yapılan plastiklerin haftalara göre her bir dozun paralelleri arasındaki en yüksek kütle kaybına uğrayanlar seçilerek ÇOBİLTUM 'da bulunan petroğrafi inceleme mikroskobuyla görüntüleri alınmıştır. İnkübasyon denemesi sonucunda elde edilen toprak örneklerinde ve parçalanmaya uğramış biyoplastiklerde yapılan analizlerin yöntemleri ve kullanılan cihazlar Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme sonrası yapılan analizler ve kullanılan cihazlar

ANALİZLER	**CİHAZLAR**
Toprakta Üreaz Enzim Analizi	Shimatzu UV 1200 Spektrofotometre cihazı
Toprakta Katalaz Enzim Analizi	Scheibler Kalsimetresi
Biyoplastik Mikroskop Görüntüleri	Nikon E200 Pol, Petrografi inceleme mikroskobu, Görüntü işleme programı NIS Element Analysis D.
Toprakta NO_3 ve NH_4 Analizleri	AP-1080 Azot-Protein Tayin Cihazı (Mikro Kejdahl)
Biyoplastik Kütle Kaybı	AND-HM-200 hassas terazi
Toprakta Mikroorganizma Sayısı	NÜVE S120 Soğutmalı inkübatör

3.5. Verilerin İstatistiksel Analizleri

İstatistik analizler MİNİTAB16 İstatistik Paket Programı yarmımıyla genel doğrusal modelleme varyans analizi yapılarak sonuçlar arası farklar En Küçük Asgari Farklara (LSD) göre değerlendirilerek uygulamalar arasındaki değişimler farklı harflerle ifade edilmiştir.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Deneme Toprağının Özellikleri

Araştırmada materyallerinden toprak ve arıtma çamurunun bazı temel özellikleri deneme öncesi analiz edilmiştir.

Elde edilen verilere göre deneme toprağı hafif alkali reaksiyon göstermektedir. Organik madde içeriği az olup, tuzsuz, tınlı bünyeli ve orta derece kireçlidir. Arıtma çamuru ise; organik madde, toplam azot, toplam fosfor ve toplam potasyum bakımından deneme toprağından zengin olup temel analiz değerleri Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Araştırma materyallerinin temel özellikleri

İNCELENEN ÖZELLİK	TOPRAK	ARITMA ÇAMURU
Organik Madde (%)	1,81	42,73
pH	8,01	6,39
EC (dS/m)	0,42	1,46
$CaCO_3$ (%)	11,86	---------
Bünye	TIN (%51 Kum, %35 Tın, %14 Kil)	---------
Toplam N (%)	0,07	4,36
Toplam P (ppm)	932	19291
Toplam K (ppm)	1652	1728
Toplam Ca (ppm)	26798,9	33620,9
Toplam Mg (ppm)	8628,85	4688,77
Toplam Na (ppm)	660,82	2059,78
Nem (%)	4,21	9,65
Tarla Kapasitesi (%)	21,98	48,66

4.2. Deneme Materyallerinin Toplam Ağır Metal Kapsamları

Arastırmada materyal olarak kullanılan arıtma çamuru ve deneme toprağının alınabilir ve toplam bazı ağır metal kapsamları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kullanılan arıtma çamurunun toplam Zn kapsamı 364,67 mg kg^{-1}, deneme toprağının toplam çinko kapsamı ise 42,44 mg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Çanakkale Belediyesi evsel atıksu arıtma tesisi'nde üretilen arıtma çamurunda yüksek oranda Zn içermesi nedeniyle en kritik olan ağır metal olarak nitelendirilmiştir. Çinko

oranının yüksek olması arıtma tesisinde çamura uygulanan floklaşma işleminde kullanılan kimyasaldan kaynaklı olabilmektedir. Denemede kullanılan maksimum doz miktarını arıtma çamurundaki Zn miktarları dikkate alınarak Çevre Bakanlığı yönetmeliklerinin izin verdiği çinko kapsamına göre hesaplanarak belirlenmiştir. Bu çalışmada Cu, Cr, Pb, Ni, Cd, Zn ağır metalleri dikkate alınmış olup Çizelge 4.2'de kapsamları verilmiştir.

Çizelge 4.2. Araştırma materyallerinin bazı alınabilir ve toplam ağır metal kapsamları

METALLER	**ALINABİLİR (mg kg^{-1})**		**TOPLAM (mg kg^{-1})**	
	Toprak	**Arıtma Çamuru**	**Toprak**	**Arıtma Çamuru**
Cu	1,587	1,009	8,959	46,33
Cr	0,009	0,079	37,93	32,35
Pb	0,028	5,911	11,00	16,21
Ni	0,996	5,251	49,55	24,41
Cd	0,026	0,120	0,228	0,621
Zn	1,202	366,0	42,44	**729,34**

Arıtma çamurlarındaki Zn, Cu, Pb ve Cd en çok kaygı duyulan metallerdir. Çinko, Cu ve Pb fitotoksik etkilere sahip olmalarından ve Cd ise besin zinciri içine yüksek oranda girişinden dolayı önemlidir (Udom ve ark., 2004).

Arıtma çamuru ve toprakta diğer mikro elementlerin kapsamları Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Araştırma materyallerinin bazı ağır metaller ile makro element kapsamları

DİĞER ELEMENTLER ve AĞIR METALLER	**ALINABİLİR (mg kg^{-1})**		**TOPLAM (mg kg^{-1})**	
	Toprak	**Arıtma Çamuru**	**Toprak**	**Arıtma Çamuru**
Ca	2130	4377	26798,9	33620,9
Mg	84,68	810,6	8628,85	4688,77
Na	60,2	622,4	660,82	2059,78
Fe	13,46	347,5	12066,9	9116,19
Al	0,4686	4,785	12221,62	7176,01
Mn	20,04	114,2	487,78	280,28
Ba	2,902	0,9512	48,195	301,87
B	0,218	2,485	0,66082	31,284
Co	0,0574	0,2916	6,1133	5,6787

4.3. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Biyoplastiklerin Kütle Kaybı

Yapılan istastistik analizlere göre "Örnekleme zamanı x Arıtma çamuru dozları" interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Ve iki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve zaman P≤0.05 derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur. PLA bazlı biyobozunur plastik levhalarda, sekizinci örnekleme (120. gün) zamanındaki "%50 toprak+%50 çamur" uygulama dozunda ağırlık kaybı en fazla olmuştur (p≤0,05). Ayrıca örnekleme zamanına göre en az ağırlık kaybı birinci örneklemede (15. gün) "1/2 x max. doz" uygulama dozunda elde edilmiştir. Deneme öncesi elastikiyete sahip olan biyoplastiklerde zaman ilerledikçe "2 x Max." doz ve "%50 toprak+%50 çamur" dozu içerisinde ileri derecede elastikiyet kaybı olmuş plastiklerde kırılma ve parçalanma artmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Plastik levhaların ağırlık kayıpları (g)

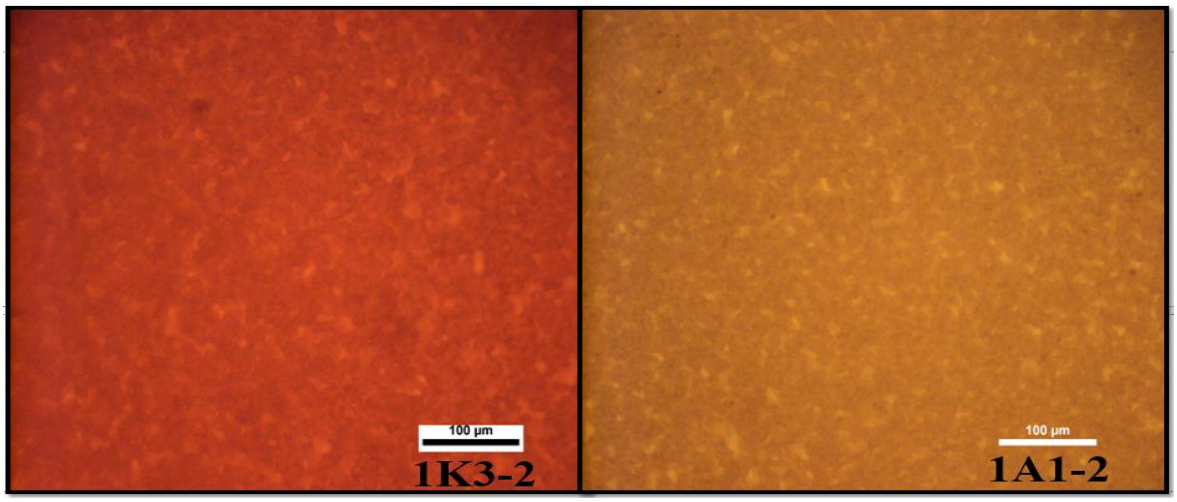
HAFTALAR	**DOZLAR**				
	Kontrol	**½ x Max. Doz**	**Max. Doz**	**2 x Max. Doz**	**1:1 Doz**
1	0,000242 D-E*	0,000158 E	0,000825 B-E	0,000533 C-E	0,000675 B-E
2	**0,001700 A-D**	0,001408 B-E	0,001008 B-E	0,001125 B-E	0,001133 B-E
3	0,001558 B-E	0,001358 B-E	**0,001717 A-D**	0,001383 B-E	**0,001850 A-C**
4	0,001117 B-E	0,001383 B-E	0,001333 B-E	**0,002042 AB**	**0,002117 AB**
5	0,001058 B-E	0,001067 B-E	0,001425 B-E	0,001458 B-E	0,001533 B-E
6	0,000867 B-E	0,001308 B-E	0,001075 B-E	0,001350 B-E	0,001550 B-E
7	0,000842 B-E	0,001200 B-E	0,001158 B-E	0,001458 B-E	**0,002008 A-C**
8	0,000867 B-E	0,001250 B-E	0,001283 B-E	**0,001758 A-C**	**0,003600 A**

*: Farklı hafler zamana bağımlı olarak uygulamalar arası farklılıkları belirtmektedir.

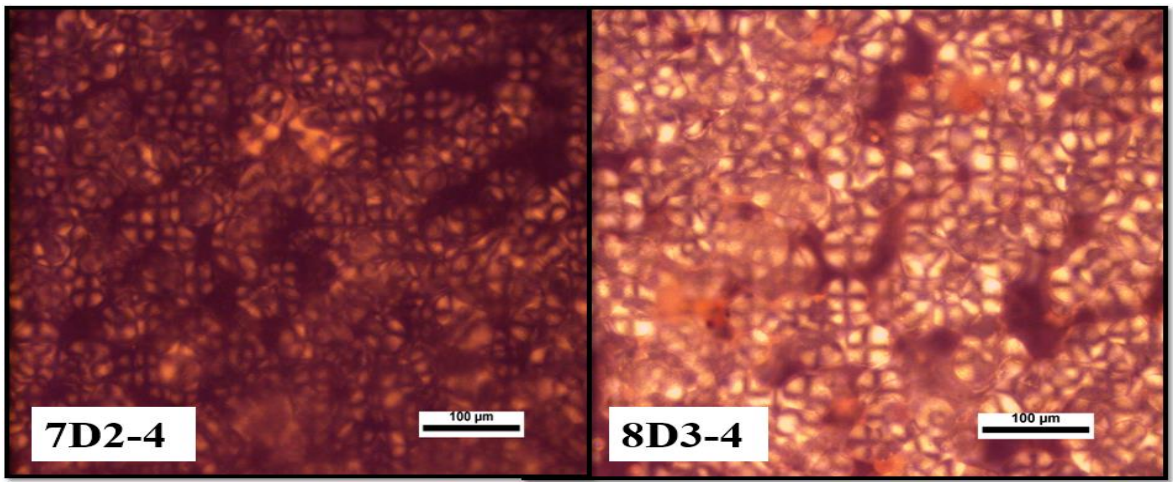
Kale ve ark. (2007a), biyoplastiklerin biyodegredasyon oranlarını etkileyen faktörleri; ortam koşulları ve polimer özellikleri olarak iki grupta kategorize etmiştir.

Araştırmacı diğer bir araştırmasında PLA malzemeden yapılan iki ambalajı 30 günlük kompostlama koşullarına tabi tutmuş ve fiziksel bozunma özelliklerini 1, 2, 4, 6, 9, 15 ve 30 günlerde ölçmüşler ve plastiklerin başlangıç kristal yapıları ile plastik ambalajların konduğu ortam pH'larının bozunma sürecindeki en önemli iki etki olduğunu belirtmişlerdir (Kale ve ark., 2007b).

Plastiklerin bozulma hızları konusunda yapılan bir başka çalışmada; ambalajların başlangıç kristalleri ve L- laktid kapsamları değiştikçe bozunum oranlarının da değiştiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada kompost yığının sıcaklığı, bağıl nemi ve pH değerlerinin paketlerin bozulma hızında önemli bir rol oynadıkları ve bozunma koşullarındaki nispi nem arttıkça bozunma hızlarının hızlı bir şekilde arttığını belirtmişlerdir (Ho ve ark., 1999). Çalışmamızda yarıgeçirgen özel plastik ambalaj malzemesi kullanılarak tarla kapasitesinde tutulan kavanozlardaki levhalarda en az ağırlık kaybı kontrol dozu ile maksimum dozun yarısının uygulandığı durumda görülmüş ve petrografi mikroskopu görüntüleri ile bu durum kayıt altına alınmıştır (Şekil 4.1., Şekil 4.2.).



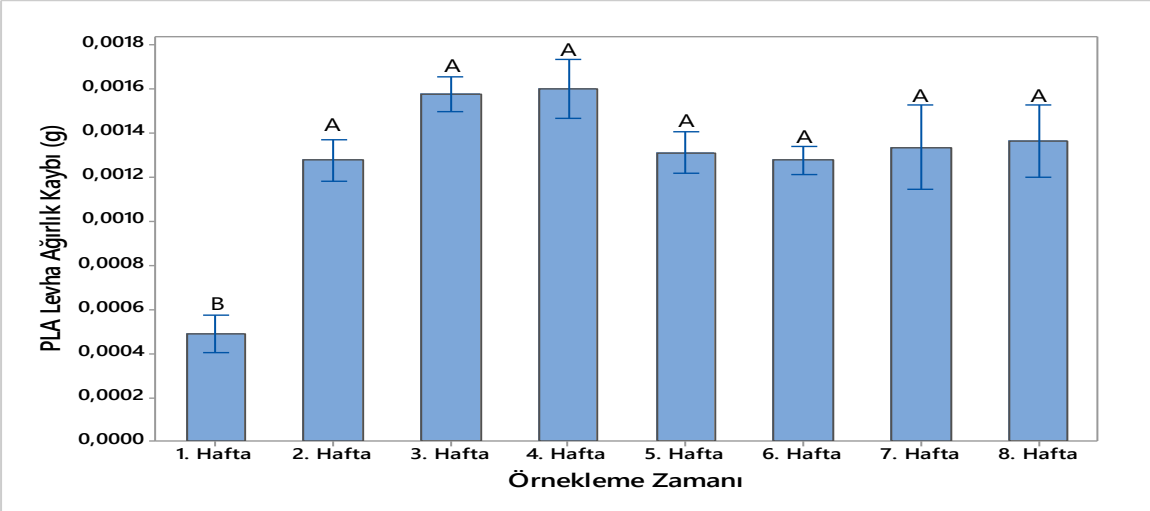
Şekil 4.1. En düşük ağırlık kaybı olan kontrol dozu (1K3-2) ile ½ x Max. dozunun (1A1-2) petrografi mikroskobu görüntüleri



Şekil 4.2. En yüksek ağırlık kaybı olan "%50 toprak+%50 çamur dozunun 7. ve 8. örnekleme zamanındaki (7D2-4, 8D3-4) petrografi mikroskobu görüntüleri

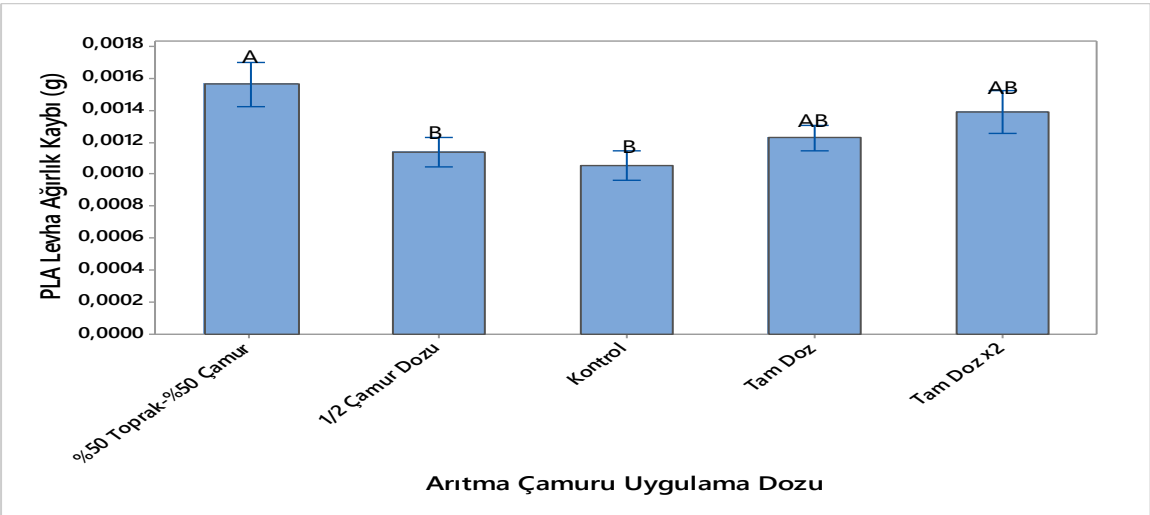
Şekil 4.3'te verildiği gibi zamana gore biyoplastiklerin kütle kaybı en çok 4. örneklemede (56. gün) olmuştur. Dozlara göre biyoplastiklerin kütle kaybı ise en çok "%50 toprak+%50 çamur" dozunda gözlemlenmiştir (Şekil 4.4).

Elde edilen verilere bakarak arıtma çamuru dozunun artması sonucu toprakta PLA parçalanabilirliğinin arttığı ve bunun sonucu olarak mikroskop görüntülerinde görüldüğü şekilde PLA filmlerin yüzeyinde kırılmalar, çatlaklar, oyuklar şeklinde parçalanmanın arttığı ve PLA dayanıklılıklarının azalarak mikroskopta ışık geçirgenliğinin arttığı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.1., Şekil 4.2.).



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P≤0.05).

Şekil 4.3. Zamana göre biyoplastiklerin kütle kaybındaki değişim



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P≤0.05).

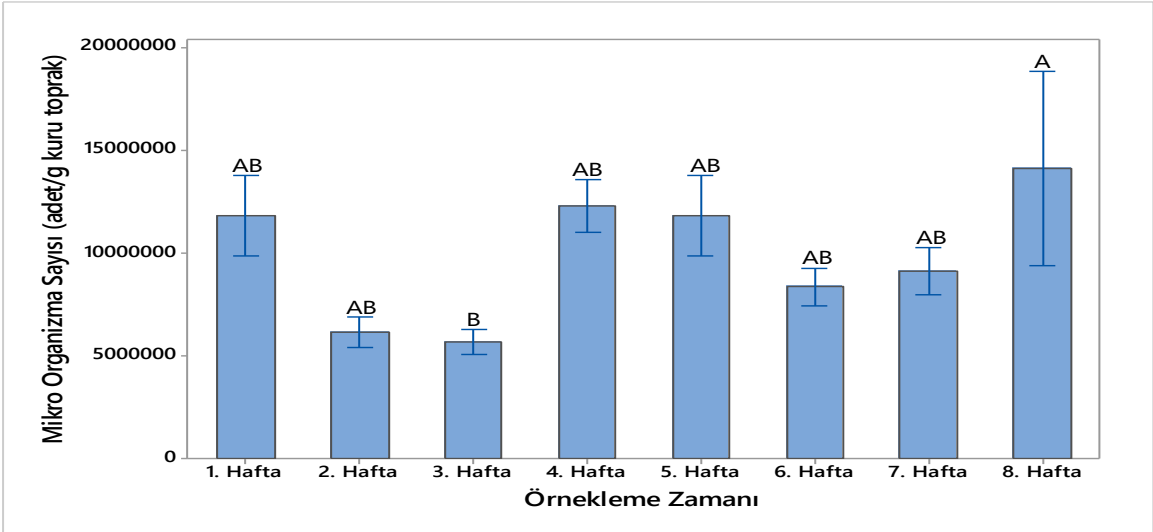
Şekil 4.4. Dozlara göre biyoplastiklerin kütle kaybındaki değişim

4.4. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta Mikroorganizma Sayıları

Yapılan istastistik analizlere göre "Örnekleme zamanı x Arıtma çamuru dozları" interaksiyonu istatistik olarak önemli bulunmamıştır. İki faktör birbirinden bağımsız olarak çamur dozları ve zaman P≤0.05 derecesinde ayrı şekilde önemli bulunmuştur.

Balzer ve Ahrens (1990), milli-tın bir toprakta biyolojik aktivite üzerine 20 yıldır uygulanan arıtma çamurunun etkisini incelemişlerdir. Araştırıcılar; 2.5 t ha^{-1} çamur uygulamasının mineral gübre uygulamasına oranla biyolojik aktiviteyi önemli oranda artırdığını fakat 5 t ha^{-1}'lık uygulamanın bazı enzim aktiviteleri ve mikrobiyal biyomasta azalışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Arıtma çamurlarının uzun yıllar boyunca ve yüksek dozda uygulamaları da mikrobiyal biyoması olumsuz etkileyebilmektedir. Bir kez yapılan uygulamaların mikrobiyal biyomas üzerinde olumlu (Dar, 1996; Barbarick ve ark., 2004), uzun yıllar yapılan uygulamaların ise olumsuz etkilere sahip olduğu (Stoven ve ark., 2005; Balzer ve Ahrens, 1990) araştırıcılar tarafından tespit edilmiştir.

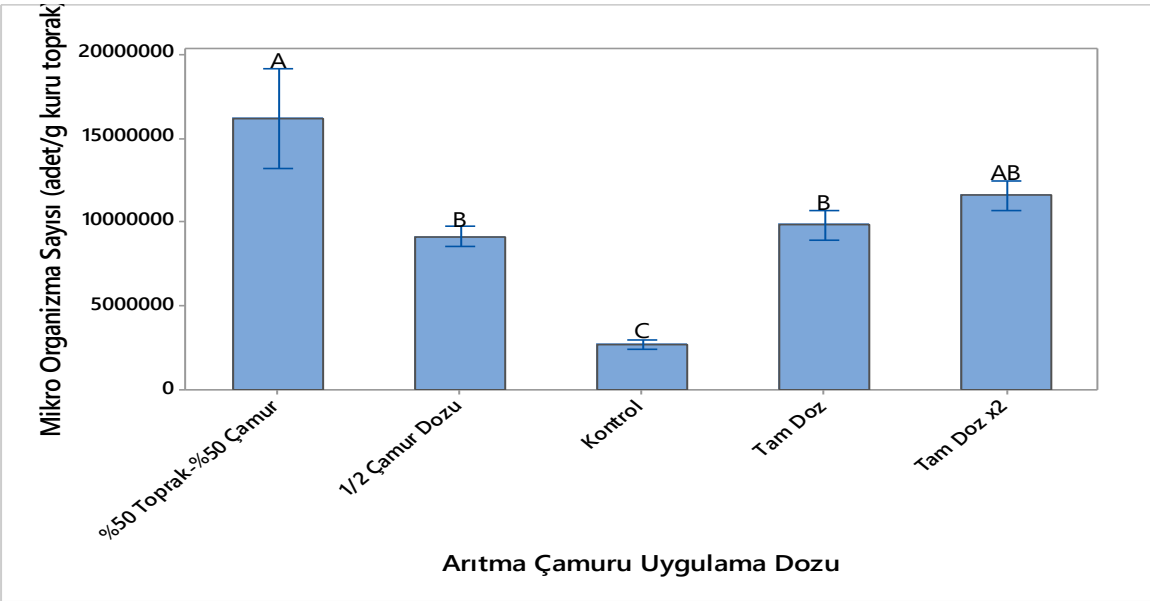
Elde edilen verilere göre toprakta "Kontrol" dozunun ortalama verileri arasında Şekil 4.5' de izleneceği gibi en düşük mikroorganizma sayısı kapsamı ikinci hafta (30. gün) zamanında tespit edilmiştir. Ayrıca "kontrol" dozunun ortalama verileri arasında en yüksek mikroorganizma sayısı kapsamı dördüncü hafta (60. gün) zamanında görülmüştür.
Zaman bakımından en yüksek mikroorganizma sayısı kapsamı sekizinci Hafta (12. gün) zamanında tespit edilmiş olup en düşük mikroorganizma sayısı kapsamını üçüncü hafta (45. gün) Zamanında gözlemlenmiştir.



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P≤0.05).

Şekil 4.5. Zamanın mikroorganizma sayısı kapsamına etkisi

En düşük mikroorganizma sayısı kapsamları “Kontrol” dozundan sonra 1/2 Çamur” dozunda görülmüştür. En yüksek mikroorganizma sayısı kapsamı “%50 toprak+%50 çamur” dozunda en fazla sayılmıştır. Uygulama dozları arttıkça mikroorganizma sayısında miktarında artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.6).



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P≤0.05).

Şekil 4.6. Arıtma çamuru dozlarının mikroorganizma sayısı kapsamına etkisi

Arıtma çamuru dozunun artmasıyla ortama yüksek organik madde ilavesi yapılmasından dolayı mikroorganizma faaliyetinin normal kontrol dozuna gore daha da arttığı ancak zaman ilerledikçe ortamda bulunan ağır metallerin ve biriken parçalanma ürünlerinin mikroorganizma faaliyetlerini azalttarak üzerine olumsuz etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

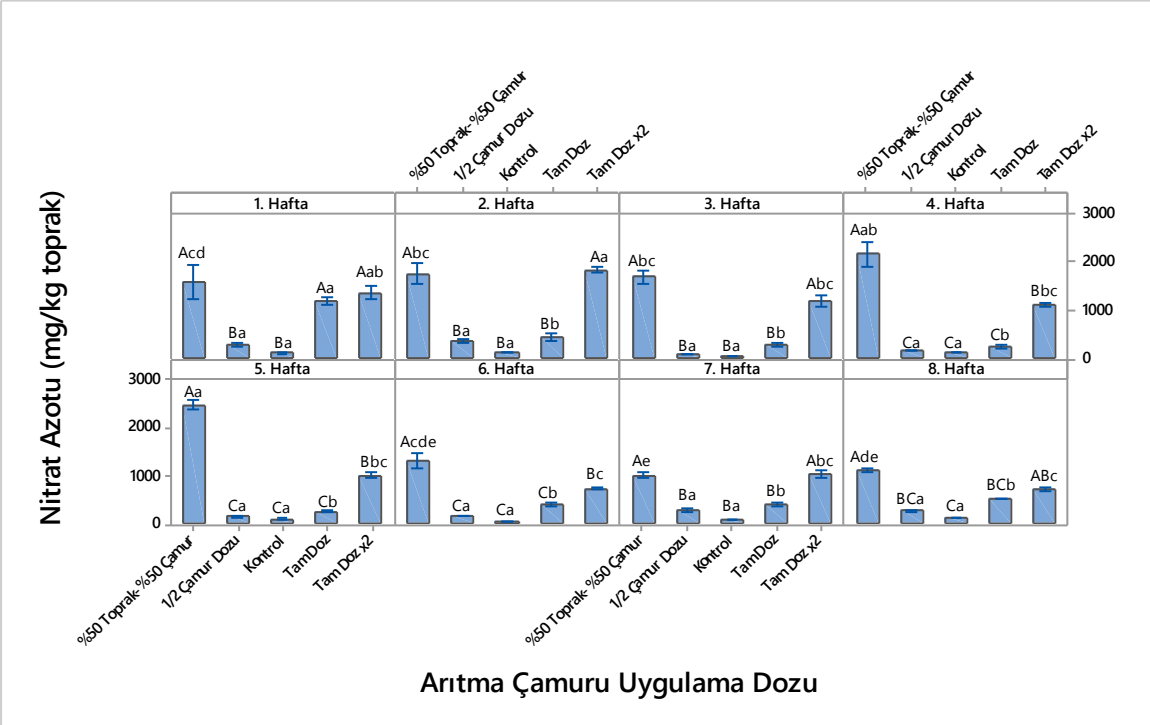
4.5. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta NO_3 Kapsamı

Topraklardaki NO_3^- kapsamı üzerine toprağa uygulanan arıtma çamuru miktarlarının (doz), inkübasyon zamanlarının (zaman) ve her ikisinin birlikte etkisi istatistsel olarak $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Çetin ve Gür (2011)’ün yaptığı çalışmaya göre, toprağa karıştırılan organik atıkların nitrat azotu üzerine etkileri inkübasyon süresine bağlı olarak önemli olmuştur. Bununla birlikte topraktaki nitrat azotunun artışına en çok etkiyi tavuk gübresi ve arıtma çamuru göstermiştir. Türkmen ve Arcak (2006)’ın yaptığı çalışmaya göre kireçli bir toprağa farklı düzeylerde uygulanan Arıtma çamuru ve azot

uygulamalarının etkisi bakımından, uygulama yıllarına göre önemli değişim gösterdiği ve ekstrakte edilebilir NO_3^- kapsamlarını da etkilediği tespit edilmiştir.

Arıtma çamuru bütün haftaların ortalaması arasında Uygulama dozları arttıkça NO_3^- miktarında artış gözlemlenirken bütün dozların ortalaması arasında zamanla NO_3^- kapsamında azalma gözlemlenmiştir. Şekil 4.7 'de verilenlere göre toprağa uygulanan arıtma çamuru dozları arasında En yüksek NO_3^- kapsamı beşinci hafta (75. gün) zamanındaki "%50 toprak+%50 çamur" dozunda en fazla tespit edilmiş ve aynı haftanın (75. gün) "Tam Doz x2" dozu takip etmiştir. En düşük NO_3^- kapsamı ise üçüncü hafta (45. Gün) zamanındaki "1/2 Çamur" dozunda tespit edilmiştir. Toprakta kontrol dozunun ortalama verileri arasında Şekil 4.7'de izleneceği gibi en düşük NO_3^- kapsamı altıncı hafta (90. gün) zamanında tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol dozunun ortalama verileri arasında en yüksek NO_3^- kapsamı dördüncü hafta (45. gün) zamanında görülmüştür.

Arıtma çamuru uygulama dozlarının artmasıyla toprakta NO_3^- kapsamını arttırması sonucunda düzenli depolama alanında sızıntı sularında NO_3^- birikimi yapabileceği riskini oluşturmaktadır. Bu nedenle sızıntı sularının yeraltı su kaynaklarını kirletmemesi amacıyla düzenli depolama alanlarına uygulanacak arıtma çamuru doz miktarlarında dikkatli olunması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P≤0.05).

Şekil 4.7. Arıtma çamuru dozlarının toprağın NO_3^- kapsamına etkisi

Toprağa uygulanan arıtma çamurunun dozlarının arttıkça artması ortama verilen organik madde miktarı ile birlikte mikroorganizma faaliyetlerinin artışıyla NO_3^- kapsamınında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ortamda biriken parçalanma ürünlerinin ve ağır metallerin zamanla mikroorganizma faaliyetini olumsuz etkilemesinden dolayı toprakta NO_3^- kapsamıda zamanla azalmıştır.

4.6. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta NH_4 Kapsamı

Topraklardaki NH_4^+ kapsamı üzerine toprağa uygulanan arıtma çamuru miktarlarının (doz), inkübasyon zamanlarının (zaman) ve her ikisinin birlikte etkisi istatistikî olarak $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Samaras ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada artan miktarlarda uygulanan arıtma çamurunun toprağın organik maddesi kapsamını ve toplam azot içeriklerini arttırdığını; bu artışların istatistiki açıdan önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Elde edilen verilere göre arıtma çamuru bütün haftaların ortalaması arasında Uygulama dozları arttıkça NH_4^+ miktarında artış gözlemlenirken bütün dozların ortalaması arasında zaman arttıkça NH_4^+ kapsamında azalma gözlemlenmiştir. Toprağa uygulanan arıtma çamuru dozları arasında En yüksek NH_4^+ kapsamı beşinci hafta (75. gün) zamanındaki "%50 toprak+%50 çamur" dozunda en fazla tespit edilmiş ve bunu dördüncü haftanın (60. gün) "%50 toprak+%50 çamur" dozu takip etmiştir. En düşük NH_4^+ kapsamı ise beşinci hafta (75. gün) zamanındaki "1/2 Çamur" dozunda tespit edilmiştir.

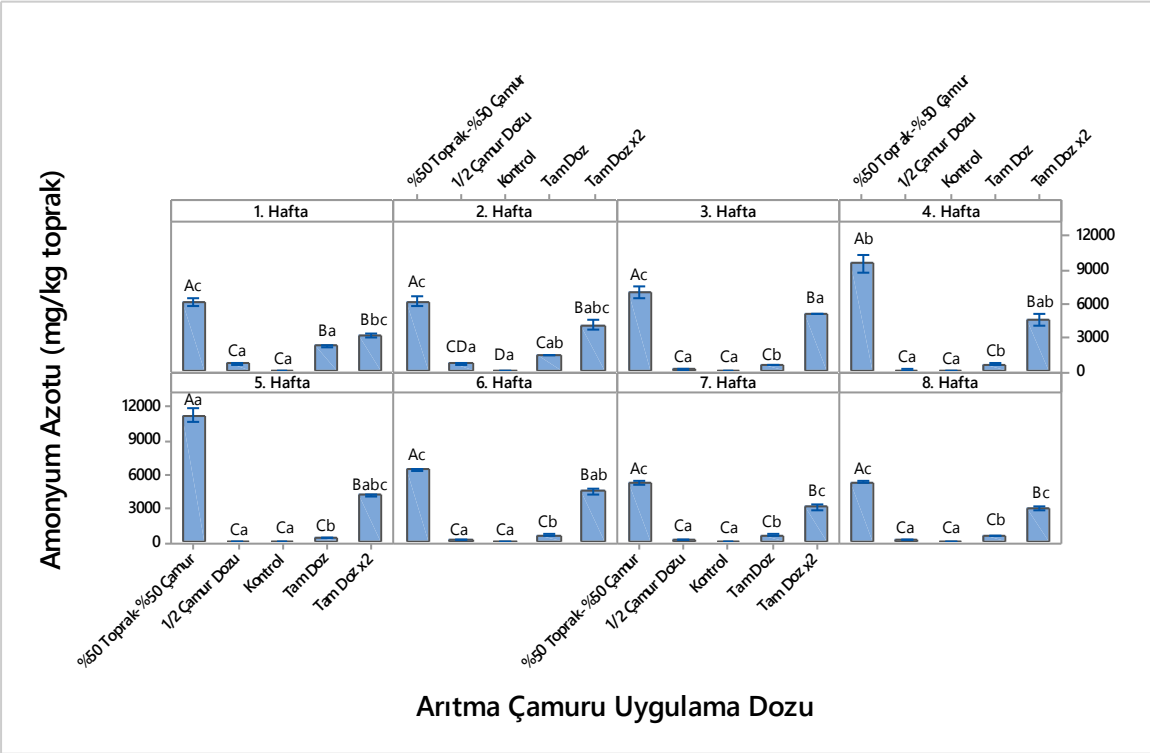
Toprakta Kontrol dozunun ortalama verileri arasında en düşük NH_4^+ kapsamı altıncı hafta (90. gün) zamanında tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol dozunun ortalama verileri arasında en yüksek NH_4^+ kapsamı yedinci hafta (105. gün) zamanında görülmüştür.

Toprağa uygulanan arıtma çamurunun dozlarının arttıkça artması ortama verilen organic madde miktarının yüksek olması ve bunun sonucu mikroorganizma faaliyetlerinin artışıyla birlikte NH_4^+ kapsamınında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ortamda biriken parçalanma ürünlerinin ve ağır metallerin zamanla mikroorganizma faaliyetini olumsuz etkilemesinden dolayı toprakta NH_4^+ kapsamıda zamanla azalmıştır (Şekil 4.8).

4.7. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta Üreaz Enzimi

Ürenin, karbondioksit ve amonyağa hidroliz olmasını sağlayan bir enzim olan üreaz, önemli bir gübre olan ürenin topraktaki durumu ve performansını büyük ölçüde etkileyen tek enzimdir. Elde edilen verilere göre topraklardaki üreaz enzim aktivitesi üzerine toprağa

uygulanan arıtma çamuru miktarlarının (doz), inkübasyon zamanlarının (zaman) ve her ikisinin birlikte etkisi istatistiksel açıdan $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur.



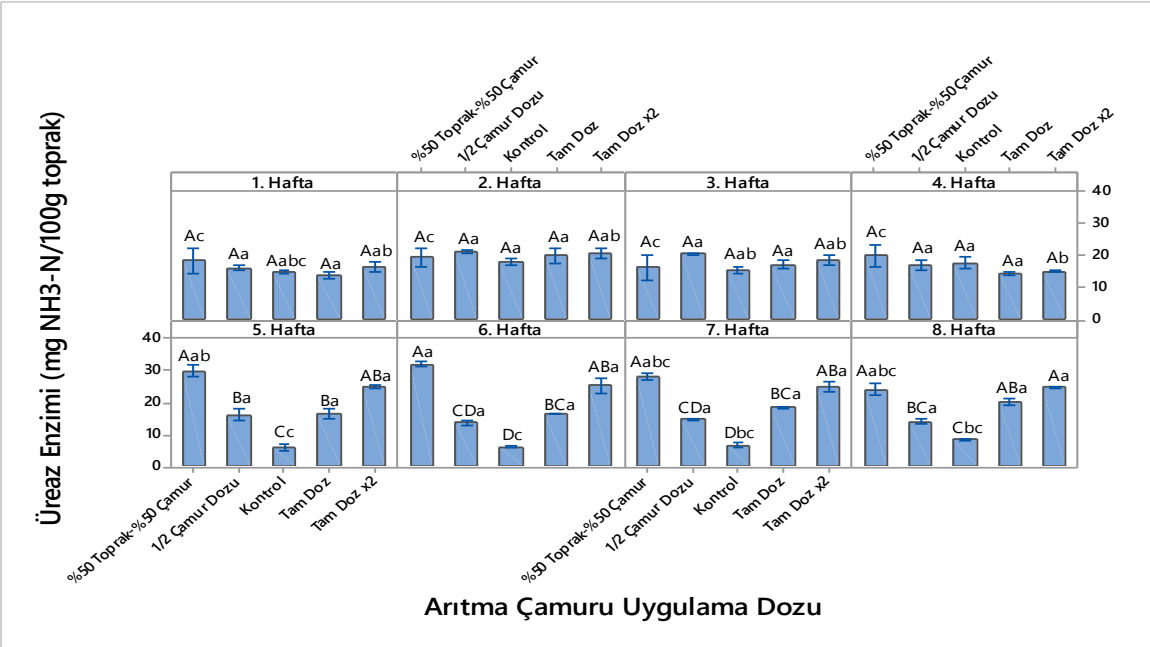
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P\leq0.05$).

Şekil 4.8. Arıtma çamuru dozlarının toprağın NH_4^+ kapsamına etkisi

Araştırmacıların Ankara kenti arıtma çamurunun tarımsal kullanım potansiyeli üzerine yaptıkları çalışmalara göre; kireçli topraklarda arıtma çamuru uygulamasının toprağın pH değerlerini düşürdüğü (Arcak ve ark., 2000), yüksek oranlardaki çamur uygulamalarının ise toprağın üreaz enzim aktivitesini önemli derecede artırdığı anlaşılmıştır (Ataman ve Arcak, 2000). Şekil 4.9'da görüleceği gibi toprağa uygulanan arıtma çamuru dozları arasında en yüksek üreaz enzimi kapsamı altıncı hafta (90. gün) zamanındaki "%50 toprak+%50 çamur" dozunda en fazla olmuştur. En düşük üreaz enzimi kapsamı ise altıncı hafta (90. gün) zamanındaki "1/2 Çamur" dozunda tespit edilmiştir.

Toprakta Kontrol dozunun hafta ortalamaları arasında en düşük üreaz enzimi kapsamı beşinci hafta (75. gün) zamanında görülmüş ve bunu altıncı hafta (90. gün) zamanı takip etmiştir. Ayrıca kontrol dozunun hafta ortalamalarında en yüksek üreaz enzimi kapsamı ikinci hafta (30. gün) zamanında görülmüştür. Elde edilen veriliere gore aırma çamuru uygulamalarının toprağın üreaz enzimi aktivitesini arttırdığı ancak bu artışın zamana göre düzensiz şekilde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Zamana gore farklı dozlarda

görülen düzensiz şekilde üreaz enzimi kapsamında görülen bu artışlar toprağa uygulanan çamur dozlarıyla ortama eklenen organik madde kapsamına, mikroorganizma kapsamına, ortamdaki ağır metal miktarlarına, zamanla biriken PLA parçalanma ürünlerine bağlı olarak değişebileceği düşünülmüştür.



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P≤0.05).

Şekil 4.9. Arıtma çamuru dozlarının toprağın üreaz enzimi kapsamına etkisi

4.8. İnkübasyon Süresi ve Dozlara Göre Toprakta Katalaz Enzimi

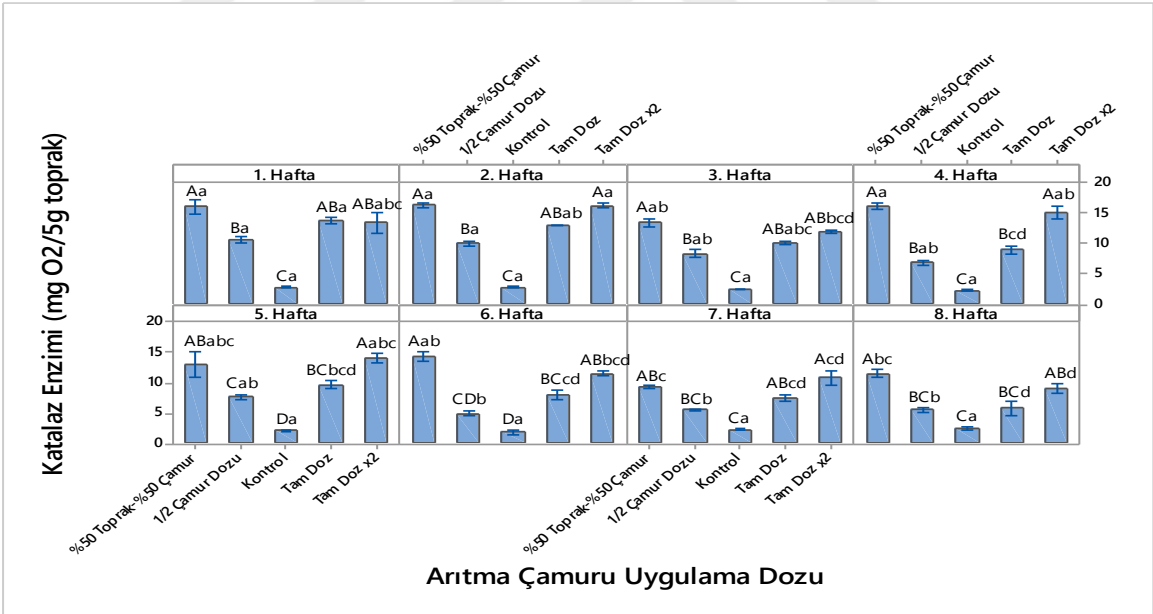
Katalaz, canlılar için zehirli olan hidrojen peroksiti su ve hidrojene parçalayan enzimdir (Liu ve ark., 2008). Katalazın substratı olan hidrojen peroksitin mikroorganizmalar için toksik olduğu açıklanmıştır (Frankenberger ve Dick, 1983). Tüm aerobik ve aerotolerant bakterilerin H_2O_2'i oksijen ve suya parçaladığı bilinmektedir. Hidrojen peroksitin parçalanma oranı yani katalaz aktivitenin varlığının, aerobik mikrobiyal popülasyonun aktivitesi ve biyokütlesiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Liu ve ark., 2008; Frankenberger ve Dick, 1983).

Roizin ve Egorov (1972)'un yaptıkları çalışmaya göre, katalaz enzim aktiviteleri ile toprak organik madde içerikleri arasında ilişki olduğu, buna karşın toprakların mikroorganizma sayılarında ise benzer ilişkinin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Katalaz enzim aktivitesinin; kil içeriği, toprak nemi, toprak derinliği, sıcaklık, organik madde miktarı, pH, toprak tipine göre farklılık gösterdiği ve aktivitenin toprak işlemesiyle artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tresar-Cepeda ve ark., 2008). Alef ve

Nannipieri (1995) tarafından yapılan bir araştırmada; katalaz aktivitesinin toprakta çok stabil olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırıcılar, katalazın toprak derinliği ile azaldığını ve organik karbon içeriği ile önemli korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.

Topraklardaki katalaz enzim aktivitesi üzerine toprağa uygulanan arıtma çamuru miktarlarının (doz), inkübasyon zamanlarının (zaman) ve her ikisinin birlikte etkisi istatistikî olarak $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Arıtma çamuru bütün haftalarda uygulama dozları arttıkça katalaz enzimi miktarında artış gözlemlenirken bütün dozlarda zaman arttıkça katalaz enzimi kapsamında azalma gözlemlenmiştir. Toprağa uygulanan arıtma çamuru dozları arasında En yüksek katalaz enzimi kapsamı ikinci hafta (30. gün) zamanındaki "%50 toprak+%50 çamur" dozunda en fazla tespit edilmiş ve bunu aynı haftanın (30. gün) "Tam Doz x2" dozu takip etmiştir. En düşük katalaz enzimi kapsamı ise altıncı hafta (90. gün) zamanındaki "1/2 Çamur" dozunda tespit edilmiştir. Toprakta kontrol dozunun hafta ortalamaları arasında en düşük katalaz enzimi kapsamı altıncı hafta (90. gün) zamanında tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol dozunun hafta ortalamalarında en yüksek katalaz enzimi kapsamı ikinci hafta (30. gün) zamanında görülmüştür (Şekil 4.10).



Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P\leq0.05$).

Şekil 4.10. Arıtma çamuru dozlarının toprağın katalaz enzimi kapsamına etkisi

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde geleneksel petrol türevli plastiklerin yerini giderek biyobozunur plastiklerin alması ve buna bağlı olarak biyoplastik tüketimlerinin artması sonucu oluşan biyoplastik atıkların doğada biyoparçalanabilirliklerinin bilinmesi giderek önem kazanmıştır. Ayrıca küresel olarak gittikçe artan kentleşme ve endrüstileşmeye paralel olarak yüksek miktarlarda oluşan arıtma çamurlarının uzaklaştırılması da en önemli çevre problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Arıtma çamurlarının ve katı atıkların birlikte düzenli depo alanlarına depolanması veya katı atıklarla birlikte kompostlanması üzerine çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmalar sonucunda artan atık problemlerine karşı alternatif uzaklaştırma yöntemleri geliştirilmektedir. Bu çalışmayla elde edilen bilgiler ışığında arıtma çamurlarının biyoplastiklerle birlikte düzenli depolama alanlarına uygulanıp uygulanamayacağı, biyoplastiklerin hangi oranlarda toprak ve arıtma çamuru karışımı içerisinde mineralizasyona uğrayabildikleri tartışma ve sonuç bölümünde anlatılmaya çalışılmıştır.

Kısaca seçilen arıtma çamuru dozu uygulamaların toprağın amonyum ve nitrat kapsamları ile biyolojik aktiviteleri üzerine etkileriyle ilgili yaptığımız dört aylık çalışma sonunda elde edilen verilere göre biyobozunur plastiklerin bozunum sürecinde arıtma çamuru oranının artmasına paralel olarak biyoplastiklerin bozunum oranının arttığı gözlenmiştir.

Bu çalışma sonuçlarına dayanarak; biyoplastiklerin düzenli katı atık depolama alanlarına kentsel arıtma çamuruyla birlikte uygulanması durumunda biyoplastiklerin bozunma sürecinin hızlanacağı ve artabileceği söylenebilir. Ayrıca uygulanan arıtma çamuru dozu arttıkça biyoplastik mineralizasyonuyla birlikte toprakta NH_4^+, NO_3^- iyonları ile mikrobiyal aktivite, üreaz ve katalaz enzim aktiviteleri miktarlarında da artış tespit edilmiştir. Ancak zaman faktörü bakımından elde edilen veriler incelendiğinde zaman arttıkça toprağın NH_4^+, NO_3^- iyonları, mikrobiyal aktivite ile üreaz ve katalaz enzimleri miktarlarında azalma gözlemlenmektedir. Bu sonuçlara göre; artıma çamurunun içerdiği yüksek organik madde kapsamının toprağın NH_4^+, NO_3^- iyonları miktarına ve biyolojik özelliklerine olumlu etki yaptığı, ancak arıtma çamuru uygulama dozu artışıyla incelenen özellikler artarken zaman ilerledikçe bu toprak özelliklerinde azalma olduğu söylenebilir.

Biyobozunur plastiklerin katı atık düzenli deponi alanlarında arıtma çamuru ile birlikte uygulanması durumunda bozunma sürecine en fazla etki eden dozun "%50 toprak+%50 çamur" dozu olduğu anlaşılmıştır.

Artan çamur dozları zamana bağımlı olarak (interaksiyon etkisi), plastiklerin kütle kaybı özelliğinde sayısal olarak görülse de istatistik olarak bu kütle kayıpları önemsiz olmuştur. Yani arıtma çamuru dozlarının etkisi biyobozunur plastiklerin kütle kaybında başat rol oynamaktadır.

Arıtma çamuru miktarları katı atıkların kontrolü yönetmeliği gereği analizi zorunlu olarak incelenen ağır metallerden en yüksek kısıtlatıcı içerik baz alınarak Çanakkale örneği üzerinden tarım alanlarında uygulanamayacak kadar yüksek dozlar hesaplanarak, bu dozun yarısı ve iki katı ile birlikte bir doz da yarıya çomur-toprak dozu denenmiştir. Düzenli depolama alanlarına sahip her il için her arıtma tesisinden elde edilen çamurlar farklı ağır metal içerebileceğinden tehlikeli atık sınıfında olmamalı ve her il atıkları için ayrıca araştırılmalıdır.

Arıtma çamurlarının düzenli deponi alanlarında biyobozunur plastiklerle birlikte bastırılmasıyla giderek artan PLA bazlı plastiklerin de deponi alanlarında daha fazla ve hızlı ayrışıp parçalanabileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Accinelli C., Saccà M. L., Mencarelli M., Vicari A., 2012. Deterioration of Bioplastic Carrier Bags in the Environment and Assessment of a New Recycling Alternative. Chemosphere, 89:2, 136-143.

Aguado J., Serrano D., 1999. Feedstock Recycling of Plastic Wastes, the Royal Society of Chemistry, England, 206s.

Alef A., Nannipieri P., 1995. Catalase Activity. In: Alef, K., Nannipieri, P. (Eds.), Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, U.K., 2362-363.

Allison L.E., Moodie C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al.(ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9;1379-1400. Am. Soc. Of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Allmaras R.R., Gardner C.O., 1956. Soil Sampling for Moisture Determination in Irrigation Experiments. Agron Jour., 48;15-17.

Angın İ., Yağanoğlu A.V., 2011. Effects of Sewage Sludge Application on Some Physical and Chemical Properties of a Soil Affected by Wind Erosion. J. Agr. Sci. Tech., 13, 757-768.

Anonim, 1983. Çevre Kanunu, 09.08.1983 tarih, 2872 Sayılı Kanun.

Anonim, 2006. Solid Waste Management Principles and Terminologies, Dibrugarh University, Assam, http://cmsdu.org/organs/solid_waste_management.pdf, erişim tarihi: 11.11.2014.

Anonim, 2010. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 3 Ağustos 2010 tarih ve 27661 sayılı Resmi Gazete.

Anonim, 2011a. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 24 Ağustos 2011 tarih ve 28035 Sayılı Resmi Gazete.

Anonim, 2011b. Plastic Wastes In the Environment: Revised Final Report, s: 51-70, http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/plastics.pdf, erşim: 08.08.2018.

Anonim, 2014. ASTM D 638-14, Standard Test Method forTensile Properties of Plastics, 1-17.

Anonim, 2015. Atık Yönetimi Yönetmeliği, 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazete.

Anonim, 2016a. Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye Atık İstatistikleri, 2016. haber bülteni, Sayı: 24876, 29 Kasım 2017.

Anonim, 2016b. Türkiye Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara, http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/tcdr_tr_2015.pdf, erişim tarihi: 13.07.2018.

Anonim, 2016c. Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye Atıksu İstatistikleri, 2016 Haber Bülteni, Sayı: 24875, 22 Kasım 2017.

Anonim, 2017a. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 27 Aralık 2017 tarih ve 30283 Sayılı Resmi Gazete.

Anonim, 2017b. Institute for Bioplastics and Biocomposites, Biopolymers – Facts and Statistics 2017, Production Capacities, Processing Routes, Feedstock, Land and Water Use, Hannover/Germany, https://www.ifbb-hannover.de/de/facts-and-statistics.html, erişim tarihi: 13.07.2018.

Arcak S., Haktanır K., Karaca A., Türkmen C., Turgay O.C., İşbilir F., 2000. Ankara Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Tarımda Kullanılma Olanaklarının Araştırılması, TUBİTAK Proje No: TOGTAG-1712, 57 s., Ankara.

Ataman Ş., Arcak S., 2000. Effects of the Sewage Sludge of Ankara Waste Water Treatment Plant on Some Soil Biological Activities. In: Proceedings of International Symposium on Desertification, 13-17 June, Konya, 350-355.

Balaguer P.M., Gomez-Estaca J., Gavara R., Hernandez-Munoz P., 2011. Functional Properties of Bioplastics Made from Wheat Gliadins Modified with Cinnamaldehyde, Journal of Agricultural and Food Chemistry, (59): 6689–6695.

Balzer W., Ahrens E., 1990. The Effects of Long-term Sewage Sludge Application on the Microbial Activity in a Silty Loam. Verbond-Deutscher- Landwirtschaflicher-Untersuchungs-und Forschungsanstalten, Reihe Kongressberichte, (30), 479-484.

Barbarick K., Doxtader K.G., Redente E.F., Brobst R.B., 2004. Biosolids Effects on Microbial Activity in Scrubland and Grassland Soil. Soil Science, 169(3):176-187.

Barker M., Safford R., Burgner S., Edwards C., 2009. Agriculture and Horticulture Development Board, Industrial Uses for Crops: Bioplastics, http://www.hgca.com/publications/documents/Bioplastics_web28409.pdf, erişim tarihi: 15.11.2017.

Beck T.H., 1971. Die Messung Katalasen Aktivitaet Boden Z. Pflanzenernaehai Sodek 130:68–81.

Berkesch S., 2005. Biodegradable Polymers: A Rebirth of Plastics, http://www.iopp.org/files/public/BerkeschShellieMSUBiodegradablePlastic.pdf, erişim tarihi: 5.08.2018.

Bouyoucos G.J., 1951. A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Agronomy Journal, 43:434-438.

Bremner J.M., 1965, İnorganic forms of nitrogen In: C.A. Black et al(ed). Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1179-1237. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Çetin Ü., Gür K., 2011. Çeşitli Organik Atıkların Toprağın Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 25 (3): (2011) 9-16

Chiellini E., Roberto S., 2003. Biodegradable Polymers and Plastics", Plenum Publishers, ABD, 395s.

Çınar S., Onay T.T., Erdinçler A., 2004. Co-disposal Alternatives of Various Municipal Wastewater Treatment-Plant Sludges with Refuse. Advances in Environmental Research, 8, 477-482.

Dar G.H., 1996. Effects of Cadmium and Sewage Sludge on Soil Microbial Biomass and Enzyme Activities. Bioresearch Technology, 56(2-3):141-145.

DIN EN ISO 1172, 1998. Prepregs, Formmassen und Laminate – Bestimmung des Textilglas-und Mineralfüllstoffgehalts – Kalzinierungsverfahren (Textile-glass-reinforced plastics -Prepregs, moulding compounds and laminates – Determination of the textile-glass and mineral-filler content; calcination methods). Deutsches Institut für Normung, Germany.

Dintcheva N.T., La Mantia F.P., 2007. Durability of a Starch-based Biodegradable Polymer", Polymer Degradation and Stability 92 : 630-634.

Edwin A., Habeych N., 2009. Development of Starch Based Materials, Doktora Tezi, Wageningen University, Hollanda, Aula, 152 s.

El-Kadi S., 2010. Bioplastic Production Form İnexpensive Sources Bacterial Biosynthesis, Cultivation System, Production and Biodegrability, VDM Publishing, ABD, 145s.

Elnashar M., 2011. Biotechnology of Biopolymers, Intech Published, Mısır, 376 s.

Filibeli A., 1998. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, No: 225, ISBN 975-441 117-4.

Frankenberger W.T., Dick W.A., 1983. Relationships Between Enzyme Activities and Microbial Growth and Activity İndices in Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 47, 945-951.

Gaspar M., Benko Z. Dogossy G., Reczey K., Czigany T., 2005. Reducing Water Absorption in Compostable Starch Based Plastics, Polymer Degradation and Stability, 90: 563-569.

Göçmez S., 2006. Menemen Ovası Topraklarında İZSU Kentsel Arıtma Çamuru Uygulamalarının Mikrobiyal Aktivite ve Biyomas ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Gonzalez-Gutierrez J., Partal P., Garcia-Morales M., Gallegos C., 2010. Development of Highly-transparentm Protein/starch-based Bioplastics, Bioresource Technology, 101: 2007-2013.

Grewelling T., Peech M., 1960. Chemical Soil Test. Cornel Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 960. Hand Book. 60. U.S. Dept. of Agriculture.

Güneş G., 2005. Effects of Different Ratios of Treatment Plant Sludge on the Stabilization of Solid Wastes at Anaerobic and Aerobic Landfill Areas, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi.

Hall J., Zmyslowska A., 1993. Co-composting Municipal Solid Waste and Sludge in Warsaw, Biocyle, 6, 46-50.

Ho K-L.G., Pometto A.L., Hinz P.N., 1999. Journal of Polymers and the Environment. 7:83. https://doi.org/10.1023/A:1021808317416, erişim tarihi: 10.08.2017.

Hoffmann Gg., Teicher K., 1961. Ein Kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Urease Aktivitat in Böden. Z. Pflanzenernahr. Düng. Bodenkunde. 91 (140), 55–63.

Jackson M.L., 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Jatzkowski K., 2000. Arıtma Çamurunun Stabilizasyonu ve Miktarının Azaltılması İmkanları, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Arıtma Çamuru Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Bursa.

Kale G., Kijchavengkul T., Auras R., Rubino M., Selke S.E., Singh S.P., 2007a. Compostability of Bioplastic Packaging Materials: An Overview. Macromol. Biosci., 7: 255–277. doi:10.1002/mabi.200600168, erişim tarihi: 08.08.2018.

Kale G., Auras R., Singh S.P., 2007b. Comparison of the Degradability of Poly(lactide) Packages in Composting and Ambient Exposure Conditions. Packag. Technol. Sci., 20: 49–70. doi:10.1002/pts.742.

Kıralp S., Çamurlu P., Özkoç G., Erdoğan S., Doğan M., Baydemir T., 2006. Modern Çağın Malzemesi Plastikler, ODTÜ yayıncılık, Ankara, 125s.

Kırsten W.J., 1983. Organic Elemental Analysis. Academic Press, New York, USA.

Klute A., 1986. Water Retention: Laboratory Methods. Methods of Soil Analysis Part1.2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Argon., 635-660, Madison, USA.

Lagaron J.M., Lopez-Rubio A., 2011. "Nanotechnology For Bioplastics:Opportunities, Challenges and Strategies", Trends in Food Science & Technology , 22(11): 611-617.

Liu J., Xie J., Chu Y., Sun C., Chen C., Wang Q., 2008. Combined Effect of Cypermethrin and Copper on Catalase Activity in Soil. J. Soils Sediments. 8, 327-332.

Lörcks J., 1998. Properties and Applications of Compostable Starch-based Plastic Material, Polymer Degradarion and Stability 59: 245-249.

Ma X., Chang P.R., Yu J., Stumborg M., 2009. Properties of Biodegradable Citric Acid Modified Granular Starch/ Thermoplastic Pea Starch Composites, Carbohydrate Polymers 75: 1–8.

McCoole F., Kurz I., McDonagh M., O'Neill D., Derham J., 2011. National Waste Report 2011, Enviromental Protection Agency, ISBN: 978-1-84095-476-0, http://www.epa.ie/pubs/reports/waste/stats/National%20Waste%202011_web.pdf, erişim tarihi: 5.7.2018.

MEGEP, 2011. Arıtma Çamurları, Milli Eğitim Bakanlığı, Aile ve Tüketici Hizmetleri, Ankara, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ar%C4%B1tma%20%C3%87amurlar%C4%B1.pdf, erişim tarihi: 08.08.2018.

Page W.J., 2008. Production of Polyhydroxyalkanoates by Azotobacter Vinelandii UWD in Beet Molasses Culture, FEMS Microbiology Reviews, 103:149-158.

Plastics Europe, 2016. Plastics–the Facts 2016, An analysis of European Plastics Production, Demand and Recovery for 2016, Belçika. https://www.plasticseurope.org, erişim tarihi: 13.07.2018.

Plastics Europe, 2017. Plastics–the Facts 2017, An analysis of European Plastics Production, Demand and Recovery for 2017, Belçika. https://www.plasticseurope.org, erişim tarihi: 13.07.2018.

Project on Urban Reduction of Eutrophication (PURE), 2012. Good Practices in Sludge Management, Union of the Baltic Cities Environment Commission, Vanha Suurtori 7, FIN-20500 Turku, Finland; www.purebalticsea.eu, erişim tarihi: 08.08.2018.

Rasal R.M., Amol V.J., Douglas E.H., 2010. Poly (Lactic Acid) Modifications. Progress in Polymer Science, 35: 338-56.

Richards L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook 60:94.

Rivard C.J., 1989. Anaerobic Digestion of Processed Municipal Solid Waste Using a Novel High Solids Reactor: Maximum Solids Levels and Mixing Requirements, Biotechnology Letters, 12: 235-240, Colorado.

Roizin M.B., Egorov V.I., 1972. Biological Activity of Podzolic Soils of the Kola Peninsula. Pochvovedenie: 3, 106-114.

Roldán-Carrillo T., Rodríguez-Vazqáuez R., Díaz-Cervantes D., Vázquez-Torres H., Manzur-Guzmán A., Torres-Domínguez A., 2003. Starch-Based Plastic Polymer Degradation by the White Rot Fungus Phanerochaete Chrysosporium Grown on Sugarcane Bagasse Pith: Enzyme Production, Bioresource Technology, 86: 1-5.

Samaras V., Tsadilas C.D., Stamatiadis S., 2008. Effects of Repeated Application of Municipal Sewage Sludge on Soil Fertility, Cotton Yield, and Nitrate Leaching. Agronomy Journal, Volume 100, 3: 477-483.

Sarasa J., Gracia J.M., Javierre C., 2008. Study of the Biodisintegration of a Bioplastic Material Waste, Bioresource Technology, 100: 3764-3768.

Singh P., Parmar N., 2011. Isolation and Characterization of two Novel Polyhydroxybutyrate (PHB)-Producing Bacteria, African Journal of Biotechnology, 10 (24): 4907-4919.

Stevens E.S., 2002. Green Plastics: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics, Princeton Univesity Press, ABD, 238s.

Stoven K., Al-Issa A., Rogasik J., Kratz S., Schung E., 2005, Effect of Long Term Sewage Sludge Applications on Microorganisms in an Arable Soil. Landbauforschung Volkanrode, 55 (4): 219-226.

Tresar-Cepeda C., Leiros M.C., Seoane S., Gill-Sotres, C., 2008. Biochemical Properties of Soils Under Crop Rotation. Applied Soil Ecology, 39: 133-143.

Türkmen C., Arcak S., 2006. Kentsel Arıtma Çamuru ve Azot Uygulamalarının Kireçli Topraklarda Bazı Toprak Özelliklerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (40): 121-130.

Udom B.E, Mbagwu J.S.C, Adesodun J.K, Agbim N.N., 2004, Distributions of Zinc, Copper, Cadmium and Lead in a Tropical Ultisol After Long-Term Disposal of Sewage Sludge, Environment International, 30: 467-470.

USDA (U.S. Dept. of Agriculture), 2008. U.S. Biobased Products Market Potential and Projections Through 2025. Office of Energy Policy and New Uses, (OCE-2008-1).

Wollum A.G., 1982. Cultural Methods for Soil Microorganisms. In: A.L. Page et al (Eds), Methods of Soil Analysis 2 nd Edition, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, SSSA Book Series (9), Madison WI, USA, pp.781-802.

Wu C.S., 2009. Renewable Resource-Based Composites of Recycled Natural Fibers and Maleated Polylactide Bioplastic: Characterization and Biodegradability, Polymer Degradation and Stability 94: 1076–1084.

Yagi H., Ninomiya F., Funabashi M., Kunioka M., 2010. Bioplastic Biodegradation Activity of Anaerobic Sludge Prepared by Preincubation at 55ºc For New Anaerobic Biodegradation Test, Polymer Degradation and Stability, 95: 1349-1355.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:	Nurgül UZUNBOY
Doğum Yeri	:	Finike/ Antalya
Doğum Tarihi	:	01.01.1990

EĞİTİM DURUMU

Önlisans Öğrenimi	:	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksekokulu, Bahçe Ziraati Programı
Lisans Öğrenimi	:	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi		Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Yabancı Diller	:	İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI - Bildiriler		Türkmen, C., Uzunboy, N., Akkaya, O.U.C., 2014. Çanakkale Gökçeada Meralarında Farklı Islah Uygulamalarının Bazı Toprak Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, sayı:2, cilt:2, s; 131-140
	:	Türkmen, C., Uzunboy, N., 2016. Toprağa katılan Kentsel Arıtma Çamurunun Biyobozunur Plastiğin Mineralizasyonuna Etkisi.Trakya Üniversiteler Birliği Lisansüstü Öğrenci Kongresi, P24, Trakya Üniversitesi, Edirne
		Türkmen, C., Uzunboy, N., 2017. Kentsel Arıtma Çamurunun Biyobozunur Plastiğin Kütle Kaybına Etkisi, II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
b) Katıldığı Projeler	:	ÇÖMÜ FYL-2016-1052 No.'lu "Arıtma Çamurunun Toprakta Biyobozunur Plastiğin Mineralizasyonu Üzerine Etkisinin Araştırılması" isimli yüksek lisans BAP destekli tez projesi

İŞ DENEYİMİ

	:	Kazova Vasfi Diren Tarım İşletmeciliği San. Tic. A.Ş T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Eceabat İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü

İLETİŞİM

E-posta Adresi	:	nurguluzunboy@gmail.com