



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ATIK YAĞ İLE KİRLENMİŞ TOPRAĞIN EM TEKNOLOJİSİ
KULLANILARAK KİRLİLİĞİNİN GİDERİLİP
GİDERİLEMEMEYECEĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve KİREÇ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Gülden GÖK

AKSARAY, 2022

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 192301409 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Merve KİREÇ tarafından hazırlanan “**ATIK YAĞ İLE KİRLENMİŞ TOPRAĞIN EM TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK KİRLİLİĞİNİN GİDERİLİP GİDERİLEMEYECEĞİNİN ARAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Gülden GÖK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Şevket TULUN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Sezen KÜÇÜKÇONGAR

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 01/07/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Merve KİREÇ

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans tezimde bana her türlü destekte bulunan bilgi ve tecrübelerini esirgemedi yardımcı olan danışmanım Doç. Dr. Gülten GÖK'e ve her daim yanımda olan sevgili aileme saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Merve KİREÇ
AKSARAY, 2022

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Toprak	3
2.1.1 Toprak özellikleri	3
2.1.2 Toprak kirliliği.....	4
2.1.3 Toprak kirliliği arıtım metodları	7
2.2 Madeni Yağ.....	11
2.3 Atık Yağ	17
2.3.1 Atık yağ özellikleri	20
2.3.2 Atık yağın çevreye etkileri.....	21
2.4 Mevzuat ve yönetmelikler	23
2.5 EM	26
2.6 Literatür Özeti.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1 Sistemin Hazırlanması.....	32
3.2 Analizler.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	37
4.1 Toprak ve Atık Yağ Numunesi Başlangıç Özellikleri.....	37
4.2 pH.....	38
4.3 Su Muhtevası.....	39
4.4 Organik Madde.....	40
4.5 TPH.....	41
4.6 Yağ-Gres.....	42
4.7 TOC,TN, IC	43
4.8 Ağır Metaller.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	58

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ATIK YAĞ İLE KİRLENMİŞ TOPRAĞIN EM TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK KİRLİLİĞİNİN GİDERİLİP GİDERİLEMeyeCEĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Merve KİREÇ

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gül den GÖK

ÖZET

Artan endüstriyel faaliyetler ile birlikte kirlilikler de artmakta ve çevrede bundan olumsuz etkilenmektedir. Özellikle ağır metal özellikli atıklar doğada uzun süre varlığını korumakta ve bulunduğu ortamı ciddi düzeyde kirletmektedir. Atık yağ gibi petrol kökenli atıkların içerisinde ağır metaller bulunmakta ve çevre için başlıca tehdit oluşturmaktadır. Ağır metal ve diğer kirliliklerin fiziksel ve kimyasal arıtımının yanında son yıllarda daha ekonomik biyoteknolojik metotlar da geliştirilerek uygulanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, atık yağ ile kirletilen toprak numunesinin arıtımında etkin mikroorganizmalar uygulanarak toprak kirliliğinin arıtılıp arıtılamayacağı araştırılmıştır. Yüksek konsantrasyonda ağır metal içeren atık yağ ihtiva eden toprak numunesinde etkin mikroorganizma teknolojisi ekonomik olmasından dolayı uygulanabilir olduğu düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada topraktaki toplam petrol hidrokarbonların %80 oranında giderimi gerçekleşmiştir. Toprak numunesinde okunan değerler sonucunda artışlar meydana gelmiş ve bunların yaklaşık olarak yüzdeleri hesaplanmıştır. Baryumda (Ba) %93 oranında, kalsiyumda (Ca) %16 oranında, potasyumda (K) %6,5 civarında, magnezyumda (Mg) %9 civarında ve sodyumda (Na) %21 oranında artış meydana gelirken demirde (Fe), bakırda (Cu), manganda (Mn) ve çinkoda (Zn) %200 ün üzerinde ciddi artışlar meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Etkin Mikroorganizma, Atık Yağ, Biyolojik Arıtım, Toprak Kirliliği, Çevre.

Haziran, 2022; 58 sayfa

M.Sc. THESIS

**RESEARCH IF THE SOIL CONTAMINATED WITH WASTE OIL CAN BE
REMEDIED BY USING EM TECHNOLOGY**

Merve KİREÇ

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülден GÖK

ABSTRACT

With increasing industrial activities, pollution also increases and the environment is adversely affected. Especially heavy metal wastes maintain their existence in nature for a long time and seriously pollute the environment. Petroleum-based wastes such as waste oil contain heavy metals and pose a major threat to the environment. In addition to the physical and chemical treatment of heavy metals and other pollutions, more economical biotechnological methods have been developed and applied in recent years.

In this thesis, it has been investigated whether soil pollution can be treated by applying effective microorganisms in the treatment of soil sample contaminated with waste oil. It is thought that effective microorganism technology in soil sample containing waste oil containing heavy metals in high concentration is applicable because it is economical.

In the study, 80% of the total petroleum hydrocarbons in the soil were removed. As a result of the values read in the soil sample, increases occurred and their approximate percentages were calculated. There was an increase of 93% in barium (Ba), 16% in calcium (Ca), around 6.5% in potassium (K), around 9% in magnesium (Mg) and 21% in sodium (Na), while in iron (Fe), copper Serious increases over 200% occurred in (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn).

Keywords: Active Microorganism, Waste Oil, Biological Treatment, Soil Pollution, Environment.

June, 2022; 58 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Biyoremediasyon örneği.....	9
Şekil 2.2. Türkiye madeni yağ tüketim miktarları, (bin ton)	12
Şekil 2.3. Türkiye madeni yağ tüketim miktarlar, %dağılım	12
Şekil 2.4. 2018-2019 yıllarında taşıt yağları ve tüketim miktarları (bin ton).	13
Şekil 2.5. 2018-2019 yıllarında motor yağları tüketim miktarları (bin ton).	13
Şekil 2.6. 2018-2019 yılları endüstriyel yağları tüketim miktarları (bin ton).	13
Şekil 2.7. 2019 yılı endüstriyel yağların kullanım alanları (%)	14
Şekil 2.8. Dünyada atık madeni yağ toplama oranı.....	17
Şekil 2.9. Dünyada madeni yağ yağın geri kazanım yöntemlerine göre dağılımı	17
Şekil 2.10. Aralık 2019 ve Aralık 2021 yılında Trafiğe kaydı yapılan taşıt sayısı, ...	19
Şekil 2.11. Trafiğe kaydı yapılan taşıtların dağılımı	19
Şekil 2.12. Kullanılmış motor yağı içeriği yüzdeleri.....	20
Şekil 3.1. Toprak numunesinin alındığı bölge	32
Şekil 3.2. Elenen toprak numunesi.	32
Şekil 3.3. Atık yağ ile kirletilen toprak numunesi.....	33
Şekil 3.4. Atık yağ ile kirlenmiş toprağa EM uygulamasından sonraki görüntü	34
Şekil 4.1. pH sonuçları.....	38
Şekil 4.2. EC sonuçları	39
Şekil 4.3. Su muhtevası sonuçları.....	39
Şekil 4.4. Organik madde sonuçları.....	40
Şekil 4.5. Toplam petrol hidrokarbonların sonuçları.....	41
Şekil 4.6. Yağ-gres sonuçları	42
Şekil 4.7. TOC, TC ve IC sonuçları	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı kirliliklerde başarılı görülmüş teknolojiler	10
Çizelge 2.2. Bazı kirliliklerde başarılı görülmüş teknolojiler	10
Çizelge 2.3. Yağlayıcıların tüketim oranlarına göre dağılımları.....	11
Çizelge 2.4. Türkiye madeni yağ ithalat, ihracat ve tüketim miktarları	15
Çizelge 2.5. Madeni yağların sınıflandırılması	16
Çizelge 2.6. Yıllara göre motorlu taşıtlar sayısı.....	18
Çizelge 2.7. Atık madeni yağ kategorileri.	21
Çizelge 4.1. Toprağın genel özellikleri	37
Çizelge 4.2. Atık yağ numunesinin genel özellikleri.....	37
Çizelge 4.3. Ba, Ca, K, Mg ve Na sonuçları.	44
Çizelge 4.4. Ağır metal sonuçları.	44



SİMGELER VE KISALTMALAR

ADAME	Fransa enerji ve çevre ajansı
As	Arsenik
Ba	Baryum
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
Br	Brom
°C	Santigrat
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
DBCP	Dibromochloro popane
DDT	Dikloro difenil trikloroetan
EC	Elektriksel kondüktivite
EM	Etkin mikroorganizma
GTİP	Gümrük tarife istatistik pozisyonu
Hg	Civa
HSVOC	Halojenli yarı uçucu organik bileşikler
H₂S	Hidrojen sülfür
HVOC	Halojenli uçucu organik bileşikler
Mn	Manganez
MOYDEN	Motor yağı değişim noktası
Ni	Nikel
PAH	Poli aromatik hidrokarbon
Pb	Kurşun
PCB	Poliklorlu bifenil
Sb	Antimuan
SVOC	Halojensiz yarı uçucu organik bileşikler
TCDD	Tetra chloro dibenzo dioksin
TN	Toplam azot
TOC	Toplam organik karbon
TPH	Toplam petrol hidrokarbonları
TS	Teknik spesifikasyon
TÜİK	Türkiye istatistik kurumu
V	Vanadyum
VA	Vesicular arbuscular
VOC	Halojensiz uçucu organik bileşikler
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Her geçen gün artan insan nüfusuna paralel olarak; araç sayıları, konut sayıları, ve endüstriyel faaliyetler de artmaktadır. Bu artışlarla birlikte yeşil alanlar azalarak yerine konutlar ve sanayi bölgeleri yapılmaktadır. Aynı zamanda artan araçlar trafik problemine, gürültü kirliliğine ve egzoz gazlarından dolayı hava kirliliğine neden olmaktadır. Sanayi de bulunan fabrikalar ve bu fabrikaların meydana getirdikleri atıklar da kirliliklere neden olmaktadır. Fabrika bacalarından çıkan emisyon kaynaklı kirleticiler, arıtılmadan salınan atık sular, kaçak yollarla dökülen atık yağlar, izinsiz gömülen katı atıklar ve kazalar vb. olaylar sonucunda doğa tahrip edilerek çevre kirlilikleri meydana gelmektedir.

Atık sular, içerisinde çok yüksek konsantrasyonlar da ağır metalleri bulundurmaktadır. Bunlara; civa, çinko, kobalt, bakır, arsenik, kadminyum, demir, kurşun ve krom örnek olarak verilebilir. Bu kirliliklerin meydana gelmesi sonucunda doğrudan ya da dolaylı olarak topraklarımızda da ciddi kirlilikler meydana gelerek önemli tehditler oluşturmaktadır.

Toprak parçasını bütün kirliliklerin buluşma noktası olarak düşünebilir ve kirliliklerin kalıcı olarak yerleştiği ortam olarak değerlendirilebilmektedir. Toprak kirlilikleri müdahale edilmediği takdirde kirletici ve kirlilik özelliklerine göre farklı yollarla kirlenmektedir. Bu kirlenmeler çeşitli periyotlarda topraklarda kalabilmekte ve kirlenen ortamın kalitesinin düşmesine, verimsizleşmesine, çoraklaşmasına ve toprak kayıplarına sebep olabilmektedir. Son zamanlarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte hem atıksuların arıtılmasında hemde toprak kirliliğinin arıtımında farklı arıtım yöntemleri gelişmiştir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemleri gün geçtikçe gelişmekte ve maliyetli olan arıtım yöntemleri en ekonomik hale getirilmeye çalışılmaktadır.

Bu yöntemler arasında biyolojik arıtım yöntemleri ekonomik kabul edilmekte ve aynı zamanda daha çevreci alternatiflerinin olduğu gözlenmektedir.

Bu evrenin ve dünyanın da bir sonu olduğu unutulmadan doğal kaynaklarımızı elverişli kullanmalı ve kirliliklerin önüne geçerek de daha temiz, sürdürülebilir bir gelecek bırakmalıyız.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada organize sanayi bölgesinde bir fabrikanın bahçesinden alınan toprak ile ağır metallerce kirlenmiş kabul edilen atık yağ karışımının etkin mikroorganizma teknolojisi kullanılarak arıtılıp arıtılamayacağı araştırılmıştır.

Aksaray ilinde yer alan atık yağ geri kazanım ve rafinasyon tesisinden 130208 kotlu atık yağ temin edilerek yine aynı adresteki firmanın bahçesinden toprak numunesi alınmıştır. Alınan toprak numuneleri laboratuvar ortamında karıştırılarak kirlenmiştir. Kirlenilen toprak karışımına etkin mikroorganizma kültürü eklenerek sonuçlar gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada amaç, biyolojik arıtım yöntemi olan etkin mikroorganizma teknolojisi ile kirlenmiş toprağın arıtımı hedeflenmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda Etkin Mikroorganizma (EM) nın toprak kirliliğini giderme konusunda çalışmaları bulunmamaktadır.

Etkin mikroorganizma teknolojisinin yeni olması bize toprak kirliliğini arıtıp arıtamayacağı konusunda merak uyandırmıştır.

Bu çalışmada toprak kirliliğinin tercih edilmesinin sebebi, kazalar sonucunda atık yağların topraklara dökülmesi, karayolu taşımacılığında sıkça karşılaşılan ciddi bir tehdit haline gelmesi en önemli faktördür.

Artan kazalar ve kirlilikler sonucunda bütün ülkeler topraklarına sahip çıkmaya başlamış ve kirliliklerin giderilme yöntemlerinde yeni teknolojiler denenmeye başlanmıştır.

Bu teknolojinin yeni olması ve hiç atık yağ kirliliğinde denenmemiş olması bizim çalışmamıza özgünlük katmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Toprak

Toprak, gezegenimizi meydana getiren hava, su ve kara gibi temel yapı taşlarını oluşturan, insanların ve diğer canlıların yaşamında vazgeçilmez bir bütünü oluşturan çok önemli bir kaynaktır [1]. Topraklar, farklı mineral ve organik maddelerden oluşan heterojen bir habitattır [2]. Tarımsal üretim, biyoçeşitliliğin korunması, karbon tutumu, sosyal ve kültürel birçok faktörler üzerinde etkili bir rol oynamaktadır [3]. Canlıların yaşamları sürdürebilmesi için toprak sadece kara parçası olarak düşünülmemeli üzerindeki oluşumları, içindeki bileşenleri ve altındaki zenginlikleriyle ülkelerin uğrunda savaşmayı göze aldığı bir doğal kaynak olarak değerlendirilmelidir. Ülkemizdeki topraklar verimli kabul edilmekle birlikte doğal zenginliklere sahiptir. Örneğin ülkemizin Batı Anadolu'su dünyanın en büyük bor rezervleri olan topraklara sahiptir [4].

2.1.1 Toprak özellikleri

Topraklar, toprak oluşturan farklı faktörlerin etkileri altında oluşmakta ve katkı derecesine göre de karakter kazanmaktadır. Uluslararası toprak bilimine göre toprak oluşum faktörleri beş gruptan oluşmaktadır. Bunlar; iklim, vejetasyon, topoğrafya, ana materyal ve zamandır. İklim, vejetasyon, aktif faktörleri oluştururken topoğrafya, ana materyal ve zaman ise pasiftir [5].

Topraklar çevreleriyle birlikte gelişir ve doğal arazinin önemli oranda işlevsel bölümünü temsil eder [3]. Toprak rengi, toprak özellikleri hakkında bizlere önemli ölçüde yardımcı olabilmektedir [5].

Toprak verimliliği, toprağın fiziksel, kimyasal özelliklerini karşılama yeteneği olarak tanımlanmaktadır [5]. Toprakların daha verimli ve uzun süre ekilip biçilerek üretken olabilmeleri için toprakların karakteristik özelliklerinin korunması ve verimlerinin artması yönünde takviyeler yapılması gerekmektedir. Toprağın yapısının fiziksel, kimyasal, biyolojik ve genetik özelliklerini araştırarak ve bunun sonucunda belirlenen eksikliklere dayalı çözümlmeleri ortaya koyarak mümkün olacaktır [6].

Toprağın fiziksel özellikleri; toprağın tekstürünü, su tutma kapasitesini, havalanma, sıkışma, yoğunluk, hidrolik özelliklerini, agregasyon durumunu, kıvam özelliklerini, yüzey kabuklanması gibi özelliklerini kapsar.

Kimyasal özellikleri; pH, tuz içeriği, toplam azot, çözünebilir karbon, 2 mineral azot, ekstrakte edilebilir fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, mikro elementler, kirletici elementler, katyon değişim kapasitesi vb. özellikleridir.

Biyolojik özellikleri; toplam karbon, mikrobiyal karbon, mikrobiyal azot, toprak solunumu, biyolojik aktivite, enzim aktiviteleri, kök gelişimi, çimlenme ve çıkış oranları vb., özellikler örnek olarak verilebilmektedir [6].

2.1.2 Toprak kirliliği

Kirlilik; maddelerin hava, su, toprak gibi ortamlarda doğrudan veya dolaylı olarak insan sağlığına, ekosisteme veya canlı türevlerine zarar vermesi veya müdahale etmesidir. Her kirliliğin bir kaynağı vardır ve kirlilik sonucunda bir canlı organizma ya da ekosistem zarar görebilir [7]. Çevrede meydana gelen, çevresel parametrelerin sınır değerlerini yükselten, canlıların sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyerek ekolojik dengenin bozulmasına neden olan her türlü olumsuz etkiye veya etilere çevre kirliliği denir [8].

Çevre kirliliğinin başında da toprak kirliliği yer almaktadır. Kirlenmiş toprak, bünyesinde canlılar için teşkil eden insan ve çevre sağlığını ciddi şekilde bozan, insan faaliyetleri sonucu yada diğer unsurlardan kaynaklanan tehlikeli kirleticilerin bulunduğu tespit edilen ve temizlenmesi gerektiğine karar verilen toprağı ifade etmektedir [9].

Toprak kirliliği, toprakta yaşayan canlılar ve bitkilerin kirletici bir maddenin normal kabul edilebilecek konsantrasyonlardan daha yüksek düzeylerde birikmesi sonucunda topraklarda istenmeyen bir olaydır.

Toprak kirliliği günümüzde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Ne yazık ki her geçen gün artan insan nüfusu toprakları çeşitli faktörlerden dolayı kirletmektedir. Artan nüfusla birlikte ekonomik kalkınma ve yaşamsal faaliyetler ile daha çok sanayileşme ve kentsel yapılaşma görülmektedir. Boş toprakların her geçen gün sayısı azalmakla

birlikte yerini yeni evler ve fabrikalar doldurmaktadır. Özellikle sanayileşmeyle birlikte fabrika sayıları artmakta ve bu fabrikalardan açığa çıkan atıklar da çevreyi kirletmede büyük rol oynamaktadır. Bu atıklar kimi zaman atık su halinde derelere salınmakta ve dere yataklarını kirletmektedir. Sularla taşınan kirletici maddeler son durak olarak topraklarda birikmekte ve toprak kirliliğinin oluşumuna neden olmaktadır. Kimi zaman da havaya salınan zehirli gazlarla ya da gerekli tedbirlerin alınmadığı emisyon kaynakları sonucunda havaya salınan kirletici emisyonlar ile ciddi bir risk teşkil etmektedir. Gerek hava kirliliği gerek su kirliliği ile oluşan kirlenmeler sonucunda toprak kirlilikleri meydana gelmektedir [10].

Toprakların kirlenmesine neden olan insan aktiviteleri sonucu veya doğal afetlere bağlı olarak topraklara karışan kirleticiler; organik (pestisidler, hormonlar), inorganik (ağır metaller vb.) atıklar ve radyoaktif bileşikler olarak verilebilir [11].

Doğadaki tüm canlılar, hayvanlar ve insanlar yaşamlarını sürdürebilmek için ihtiyaçlarını doğadan karşılarken kullanılan doğal kaynakların geri dönüşümü gerçekleşmeyecek şekilde tüketilmektedir ve bunun sonucunda insanların doğaya verdikleri zararlar da artmaktadır [12].

Verim ve kaliteyi artırmak için kullanılan kimyasal gübreler bir taraftan bitkilerde verimi arttırırken diğer taraftan toprak yapısında bozulmalara ve topraktaki biyolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Özellikle yüksek düzeyde potasyum ve sodyum içeren gübreler, toprak bünyesinin bozulmasına yol açmaktadır. Diğer taraftan suni gübrelerin bilinçsizce fazla miktarlarda kullanılması sonucunda topraklarda, toksik maddeler birikmekte bunun sonucunda da topraklarda kirlilikler görülmektedir [13]. Çoğu ülkede uzun yıllar önce yasaklanmış olan DDT (1,1,1-trikloro-2,2-bis(4-klorofenil)etan) kalıntıları halen topraklarda karşılaşılan bir kirliliktir. Topraklarda yabancı ot ve böceklerin öldürülmesi için kullanılan kimyasal herbisitlerin aşırı uygulanması sonucu ciddi çevresel ve sucul ekosistem kirlenmektedir [14]. Toprakta uzun süre varlığını sürdüren gübre ve pestisitler; kalıcı olmayan pestisitler, orta derece kalıcı pestisitler ve kalıcı pestisitler olarak sınıflanmaktadır. Toprakta kalma sürelerine göre kalıcı olmayan pestisitler 1-2 hafta, orta derece kalıcı olanlar 1-18 ay ve kalıcı olanlar ise 2-5 yıla kadar parçalanmadan varlıklarını sürdürebilmektedirler [15].

Son zamanlarda petrol sızıntıları, ve atık yağların toprağa karışması gibi olaylar toprak kirliliğini ön plana çıkaran ciddi bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır [16]. Toprak kirliliğine sebep olan petrol kökenli kirlenmelerin kaynağı petrol rafinerileri, boru hatları, petrol istasyonları, petrol taşınması ve nakliyesi sırasında meydana gelen dökülmeler, ve yer altında depolanan depolama tankları en başta yer almaktadır [16]. Her geçen gün petrol faaliyetlerinin artmasıyla ve petrol pazarının artmasıyla; tanklardan veya dolum boşaltım esnasında tankerlerden sızma, patlama sonucu petrol dökülmesi ve petrol atıklarının oluşması da çevre ve toprak kirliliğine neden olmaktadır [17].

Bu kirleticilere örnek olarak atık yağlar, yıkama amaçlı kullanılan çözücü maddeler, topraktaki kimyasal kalıntılar, toz ve boya gibi malzemeler toprakların yüzeyine izinsizce boşaltılmakta veya yakılarak yok edilmeye çalışılmaktadır. Bu durum kırsal alanlarda karşımıza sıkça çıkmaktadır. Buna örnek olarak, Kaliforniya’da Latropun adlı bir firmada dibromochloro popane (DBCP) bir araziye döküldü. Yer altı suyundan alınan bir numune 1700 mg/l karsinojen özellikli DBCP ile karşılaştı. Toksik özellik gösteren atıkların yanlış şekilde uygulanması Missouri’de Times plajında da toprak kirliliğine sebep olmaktadır. Kimyasallar, atık yağlar ve asfaltlar gibi atıklar bu bölgeye dökülmesi sonucunda 1971 ‘de çok fazla sayıda hayvanların ölmesine ve toprakta çok yüksek seviyede tetra chloro dibenzo(p)dioksin diğer adıyla TCDD birikmesine sebep olduğu için halk bölgeden tahliye edilmek zorunda kaldı [18]. Atık yağlar bünyelerindeki ağır metallerden dolayı toprakları kirlletmekte ve kanserojenik, genotoksik, nörotoksik ve toprak için çok toksik Kabul edilmektedir [19].

Toprak kirliliğinin önemli özelliklerinden biri de su kirliliği konusunda büyük önem taşımaktadır. Toprakta bulunan kirlletici bileşikler sızma sonucu yer altı sularını, yüzey akışları veya erozyon gibi olaylar sonucunda da yüzey su kaynaklarına kadar taşınarak ciddi sorunları beraberinde getirmektedir [11]. Türkiye’de yeraltı suyundaki nitrat kirliliği sınır değerin üzerinde olduğu görülmüş, toprak ve sudaki en yaygın nitrat kirliliği kaynakları olarak ise; hayvan atıkları, atık sular tarımsal amaçlı aşırı kullanılan gübreler olduğu tespit edilmiştir [20]. Bunun yanı sıra kentsel ve sanayi kökenli atık bileşiklerin organik veya inorganik zararlı maddeleri bulundurması ve bunların sulama

amaçlı yüzey sularla toprağa nüfus etmesi, topraklarda ciddi bir kirlilik sorununu beraberinde getirmektedir [21].

Tarımda sulama suyu olarak kullanılan sularda yüksek miktarda tuz ve bor içermesi sonucu tarım toprakları çoraklaşmakta ve ciddi derecede verim kayıplarına da neden olmaktadır [22].

Aşırı sulama ve toprağı çıplak bırakmak gibi sürdürülemez yönetim uygulamaları toprakları tehlikeye sokarak karbon kaybına ve erozyon kayıplarına neden olmaktadır [23]. Yoğun toprak işlemenin en büyük risklerinden birisi de özellikle erozyona açık tarım bölgelerinde su ve rüzgâr gibi dış faktörlerle verimli kabul edilen üst yüzey toprağının kaybedilmesidir. Yapılan araştırmalar dünya tarım alanlarının %15'lik kısmının ciddi derecede erozyon tahribatına uğradığını %40'ının da erozyon tahribatına karşı risk altında olduğunu göstermektedir [24].

Türkiye'de; iklim, topografik yapı, bitki örtüsü, toprak yapısı, mülkiyet dağılımındaki dengesizlik ve eğitim noksanlığı nedenleri ile erozyon ciddi derecede bir sorun yaratmaktadır [25].

Ülkemizdeki en yaygın toprak sorunlarından birisi olan erozyon, 27.7 milyon hektar olan toplam tarım arazisinin 19.7 milyon hektarı çeşitli şiddetlerde etkilemektedir. Her yıl yaklaşık olarak ülkemizden 500 milyon ton toprak erozyon sonucu bir yerden farklı bir yere taşınmaktadır. Bu taşınım olayı bir kilometre karelik alanda meydana gelen yıllık ortalama toprak kaybı itibarıyla Avrupa'da 84, Avustralya'da 273, Amerika'da 491, Asya'da 610, Afrika kıtasında 715 iken Türkiye'de 800 tona kadar ulaşabilmektedir [21].

2.1.3 Toprak kirliliği arıtım metodları

Artan endüstriyel faaliyetler, maden işlemleri sonucu oluşan atıklar, tarımda uygulanan gübre ve pestisit uygulamaları, kömür yakma sonucu oluşan atıklar, petrol atıkları, atık yağların dökülmesi, atık suların yanlış uygulamaları ve bunun gibi bir çok yanlış ve bilinçsiz uygulamalar toprakların kirlenmesine neden olmaktadır [26].

Çevre kirliliğine neden olan başlıca ağır metaller; arsenik (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobalt (Co), bakır (Cu), kurşun (Pb), civa (Hg), nikel (Ni), vanadium (V), çinko (Zn), antimuan (Sb), ve manganez (Mn) dir [27].

Toprak arıtımı iki şekilde gerçekleşmektedir, bunlar; noktasal arıtılabilen (in-situ) ve toprağı arıtabilmek için başka bir noktaya taşınması gereken yöntemler (ex-situ) dir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere farklı gruplarda arıtım gerçekleşmektedir. Toprak kirliliğini noktasal arıtım metodları; toprağın yıkanması, bitki köklerinde arıtım, biyo-arıtım ve elektrokinetik arıtım yöntemleri örnek olarak verilebilir [28].

Toprağı farklı bir noktaya taşıyarak yapılan arıtım metodları; çamurda biyo-arıtım ve elektrokinetik arıtım en yaygın yöntemlerdir [28].

Toprak yıkama, zaman içerisinde antropojenik süreçler sonucunda oluşan kirleticiler için tercih edilmektedir [29]. Toprak ıslah yöntemlerinden bir diğeri olan toprak yıkama işlemi kazılmış toprağı suyla uygulanmaktadır. Bu yöntem ile toprakta bulunan radyoaktif, organik ve inorganik kirleticiler giderilmektedir. Kirleticileri tamamen yok edemediğinde hacmini ciddi şekilde azaltarak bir sonraki sürecin maliyetini düşürür [30].

Elektrokinetik arıtım, elektrotlara akım verilerek kirleticilerin elektrot etrafında yoğunlaşması sonucu arıtılması yöntemidir.

Fitoremediasyon, çevre kirliliğine neden olan ağır metalleri absorblayan hiperakümülatör bitkilerin kullanıldığı bir yöntemdir [31]. Son yıllarda sıkça başvurulan bir yöntemdir [32]. Yeşil ıslah, bitkilerle arıtım, bitkisel arıtım ve bitkilerle iyileştirme gibi birden çok isimle karşımıza çıkmaktadır [15]. Bitkiler besin özümlemesi sırasında kirleticileri temizlemektedir [33]. Özellikle petrol hidrokarbonlarının ve uçucu organiklerin arıtımında kullanılmaktadır [34]. Bunların yanında; ağır metaller, radyoaktif maddeler, klorlu pestisitler, organofosforlu pestisitler, nutrient ve yüzey aktif maddelerin arıtımında da sıkça kullanılmaktadır [15].

Günümüzde tercih edilen bit toprak ıslah yöntemi olan Fitoremediasyon yönteminin faydaları; ekonomik olması, çevresel olması, uygulama aşamasında ayrı bir uygulama gerektirmemesi ve uygulanan toprağın yeniden kullanılabilir hale gelmesi örnek olarak

verilebilmektedir [26]. Toprak ve su kirliliğinde toksik metallerin giderilmesinde en çok tercih edilen teknoloji fitoremediasyondur [35].

Stabilizasyon işlemi ile topraktan kirlilik gideriminde kullanılabilir. Özellikle arıtma çamurlarında çürüyen maddelerin fermentasyonu ile oluşan koku giderimde kullanılmaktadır [36]. Bu yöntem kirlenmiş toprağa yeterli miktarda su, çimento, sülfür çimentoları, zift, polietilen, poliolefinler, parafinler ve termoplastik reçinelerin karıştırılmasıyla oluşturulan özel karışımların uygulanması yöntemidir. Bu yöntem ile inorganik bileşikler, çözünmeyen hidroksitler, karbonatlarla ya da silikatlarla çökelme işlemiyle birlikte yer değiştirme ve tutunma olayları ile indirgenme meydana gelmektedir. Fakat ısınmadan kaynaklı olumsuzluk olmaması için uçucu organik bileşikler kullanılmamaktadır [37].

Patojen maddelerin gideriminde **Dezenfeksiyon** işlemine başvurulmaktadır [36].

Biyoremediasyon, diğer adıyla biyolojik arıtma olan yöntem funguslar, mayalar ve bakteriler gibi mikroorganizmaların kullanılması ile kirliliğin arıtılması tekniğidir. Bu teknikte kontaminant atıkları parçalanması sonucu toksik olmayan farklı yan ürünler meydana gelmektedir. Kirliliğin olduğu bölgeye besin ilavesi yapılarak mikroorganizmaların çalışması teşvik edilir ve bunun sonucunda da topraktaki bakteriler aktif hale gelerek kirlilik giderim işlemi meydana gelmiş olur [38]. Petrol ve petrol kökenli kirliliklerin arıtımında da biyoremediasyon faydalı olabilmektedir [39]. Şekil 2.1’de biyoremediasyon örneği verilmiştir [40].



Şekil 2.1. Biyoremediasyon örneği [40].

Genellikle toprak temizlenmesinde kullanılan metodlar tek başına bazen yeterli olamamakla birlikte çeşitli metodların birbiriyle uyum içinde uygulanması daha verimli bir temizleme meydana getirmektedir [40]. Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’deki tablolarda kirlenmiş topraklarda başarılı olunmuş teknolojiler gösterilmiştir [40].

Çizelge 2.1. Bazı kirliliklerde başarılı görülmüş teknolojiler [40].

VOC	HVOC	SVOC	HSVOC
Isıl desorpsiyon	Isıl desorpsiyon	Biyoremediasyon	Biyoremediasyon
Yakma	Yakma	Biyoventilasyon	Biyoventilasyon
Biyoventilasyon	Biyoventilasyon	Kompost	Kompost
		Arazi ıslah	Arazi ıslah
		Siluri faz biyolojik arıtma	Siluri faz biyolojik arıtma
		Yakma	Yakma
		Harfiyat ve saha dışına taşıma	Harfiyat ve saha dışına taşıma

Çizelge 2.2. Bazı kirliliklerde başarılı görülmüş teknolojiler [40].

Yakıt	İnorganik	Patlayıcı
Biyoventilasyon	Solidifikasyon	Biyoreaktör
Biyoremediasyon	Harfiyat ve saha dışına bertaraf	Kompost
Kompost	Kimyasal ekstraksiyon	Arazide ıslah
Sıvı-gaz emişli arıtım		Fitoremediasyon
Biyoyığın		Biyoremediasyon
Arazide ıslah		
Siluri faz biyolojik arıtma		
Yakma		
Düşük sıcaklıkta ısı desorpsiyon		

2.2 Madeni Yağ

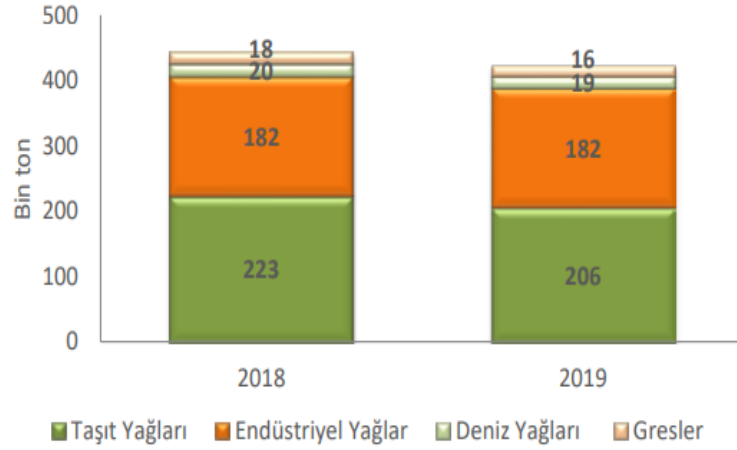
Birbiri ile sürtünme gerçekleştiren yüzeylerde bir tabaka oluşturan, iki yüzeyi birbirinden ayrı tutan ve sürtünme sonucu meydana gelen aşınma, ısınma ve istenmeyen etileri azaltan, yüzeylerde sızdırmazlık sağlayan, kayganlık özelliği ile güç iletimi kolaylaştıran maddelere “yağ” ya da “yağlayıcı” ismi verilmektedir. Aynı zamanda metal iki yüzeyin sürtünmesi sonucu oluşan katı parçacıkları yağlar temizlemektedir. Madeni yağlar ham petrolün rafinerilerde işlenmesi sonucu elde edilen baz yağlardan oluşur. Bu yağların sınıflandırma özelliklerinden birisi viskozitedir. Farklı viskozitedeki baz yağlara çeşitli katkı maddeleri (aşınmayı, paslanmayı, köpürmeyi önleyici, viskozite ayarlayıcı, dispersiyon ve basınca dayanıklı gibi fiziksel ve kimyasal özellikler kazandıran) eklenerek istenen özelliklere uygun madeni yağlar elde edilir [41].

Türkiye’nin madensel yağ üretimi ve tüketimi 1998 yılında ortalama 340 bin ton/yıl olmuştur. 1996–1998 yılında madensel yağ üretimi yaklaşık olarak yıllık artışı %10 dur. Gelişen sanayi ile çoğalan araç sayısı sonucunda 2005 ve sonrası için 500 bin ton/yıl üzerinde madensel yağ kullanımı gerçekleşmiştir [42]. Motor yağları, baz yağı ve katkılardan oluşan bir madeni yağdır [43]. Madeni yağlar farklı alanlarda kullanılmaktadır bunlar; motor yağlaması, hidrolik sistemlerin yağlanması, dişlilerin yağlanması, metal kesme işlemleri gibi pek çok örnek verilebilir [44]. Çizelge 2.3’te farklı kullanım alanlarına göre tüketim oranları verilmiştir.

Çizelge 2.3. Yağlayıcıların tüketim alanlarına göre dağılımları [44].

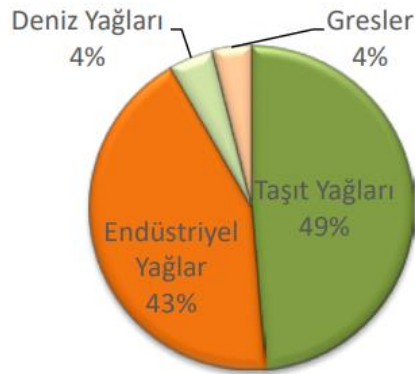
KULLANIM YERİ	TÜKETİM ORANI(%)
İçten yanmalı motor	42
Dişli yağları	7
Kimyasallar	10
Gresler	3
Deniz yağları	10
Diğer endüstriyel yağlayıcılar	28

Türkiye’deki madeni yağ tüketimi miktarı TÜİK tarafından hazırlanan Dış Ticaret İstatistikleri ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na sunulan beyanlar dikkate alınarak ortalama olarak hesaplanmaktadır. 2018 yılında 442.899 ton olan madeni yağ tüketimi 2019 yılında %4,55 azalarak 422.751 ton olarak gerçekleşmiştir [45]. Şekil 2.2’de gösterilmiştir [45].



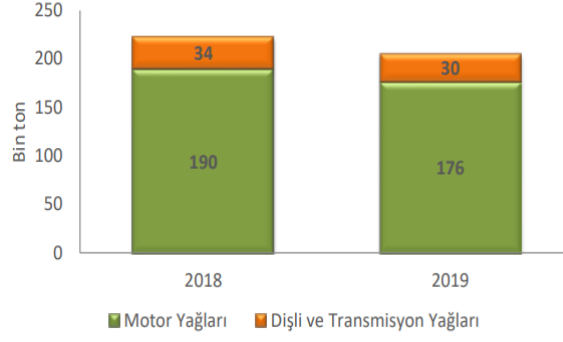
Şekil 2.2. Türkiye madeni yağ tüketim miktarları (bin ton) [45].

2019 yılında tüketilen madeni yağların %48,65’ini taşıt yağları, %43,09’unu ise endüstriyel yağlar oluşturmuştur. Şekil 2.3’de gösterilmiştir [45].



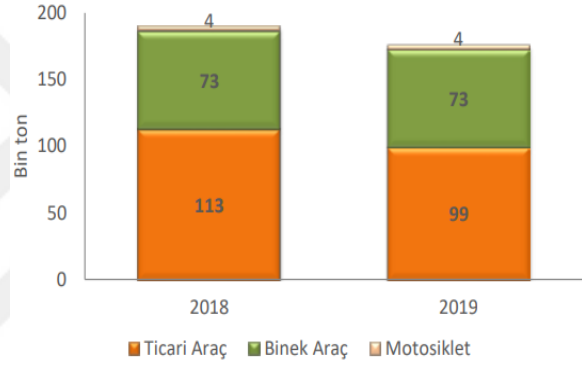
Şekil 2.3. Türkiye madeni yağ tüketim miktarları, % dağılım [45].

2019 yılında tüketilen 205.660 ton taşıt yağının çoğu (%85,65) motor yağı olarak ticari araçlarda (%56,26) kullanılmıştır. Ülkemizde motor yağı tüketiminde 2019 yılında 2018 yılına göre %7,07 azalış görülmüş ve Şekil 2.4’de gösterilmiştir [45].



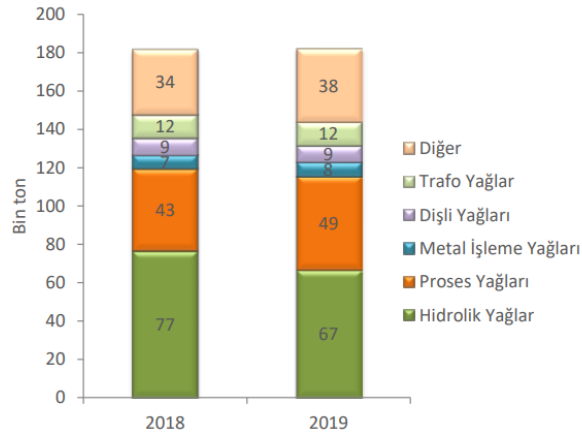
Şekil 2.4. 2018-2019 Yılları taşıt yağları tüketim miktarları (bin ton) [45].

Ülkemizde, 2018 ve 2019 yılları arasındaki motor yağ tüketimleri ticari araçlar, binek araçlar ve motosiklet için miktarları Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



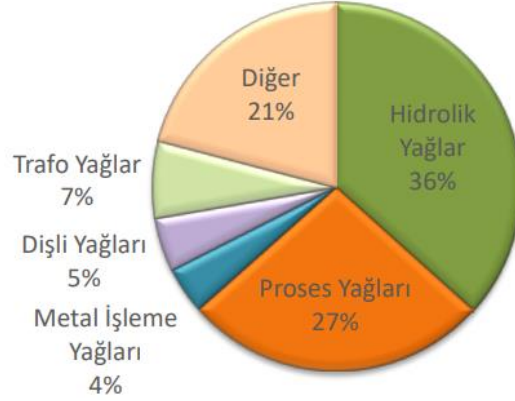
Şekil 2.5. 2018-2019 Yılları motor yağları tüketim miktarları (bin ton) [45].

Ülkemizde, endüstriyel yağ kullanımının 2019 yılında 2018 yılına oranla %0,19 artışla toplam 182.159 ton olarak gerçekleştiği hesaplanmış ve Şekil 2.6'da verilmiştir [45].



Şekil 2.6. 2018-2019 Yılları endüstriyel yağlar tüketim miktarları (bin ton) [45].

Ülkemizde 2019 yılında kullanılan endüstriyel yağların %36,63'ünü hidrolik yağlar oluşturmaktadır ve Şekil 2.7'de gösterilmiştir [45].



Şekil 2.7. 2019 Yılı endüstriyel yağların kullanım alanı (%) [45].

Çizelge 2.4'de Türkiye'deki baz yağ ve madeni yağ imalat, tüketim, ihracat ve ithalat verilerine yer verilmiştir. 2018 verilerine göre ihracat kalemlerinin yükselmiş olması ve ithalat, imalat ve yurt içi satışlarda daralma nedeniyle talep miktarının %13,79 azaldığı gözlenmektedir [45].

*2018 ile 2019 yılları arasındaki verilerinin hesaplanmasında 3801.20.10.00.00 ve 3819.00.00.00.00 no'lu GTİP'ler eklenmiştir.

- 2018 hesaplamaları daha net rakamlarla güncellenmiştir.

- Ek-1 bildirimlerinin eksik olması nedeniyle, 2019 yılı için son üç yılın ortalaması dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Baz yağ standardı TS13369 ve madeni yağların kimyasal özelliklerinin geçerli olabilmesi için bu standarda uygun baz yağdan ve ya sentetik yağdan üretilmesi gerekmektedir.

Yağlar sentetik yağlar ve mineral esaslı yağlar olmak üzere iki grupta değerlendirilebilir.

• **Sentetik yağlar;** doğal petrol rezervlerinden çıkarılmayan laboratuvar da kimyacılar tarafından kimyasal yöntemlerle meydana gelmektedir.

Çizelge 2.4. Türkiye madeni yağ ithalat, ihracat ve tüketim miktarları [45].

Baz Yağ (Ton/Yıl)	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*
Baz Yağ İthalatı	591.346	552.358	396.292	405.183	379.535	405.607
Madeni Yağ İthalatı	99.292	100.339	125.844	128.468	126.616	104.318
Katkı ve Müstahzar İthalatı	68.648	80.963	85.267	106.455	94.535	88.311
Rafineri Baz Yağ Satışı	119.697	126.430	128.760	176.964	146.662	120.817
Piyasaya Arz (A)	878.982	860.090	736.163	817.071	747.349	719.053
Baz Yağ İhracatı	3.264	4.626	842	6.657	8.730	3.063
Madeni Yağ İhracatı	165.457	139.684	140.450	152.324	165.641	178.641
Katkı ve Müstahzar İhracatı	4.979	5.146	5.591	7.809	8.667	9.340
Madeni Yağ Yurt İçi Satışı	416.721	431.840	464.485	477.635	442.899	422.751
Toplam Talep (B)	590.420	581.296	611.368	644.424	625.937	614.380
Fark (A-B)	288.562	278.795	124.794	172.647	121.411	104.673

Performans üstünlüğü ve sıcaklığa dayanıklılık gibi farklı özellikleri geliştirilmiş olduğu için mineral yağların özelliklerinin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmaktadırlar. Jet motorları gibi çok yüksek sıcaklık ya da çok düşük sıcaklık gerektiren çalışma sistemlerinde tercih edilerek kullanılmaktadır.

• **Mineral esaslı yağlar** ise, ham petrolün distilasyonu sonucu elde edilen ürünlerdir.

Sentetik yağlar, petrol kökenli olmayan kimyasal işlemler ile meydana gelir. Kimyasal süreçte sentetik özellik kazandıran hidrokarbon moleküller boyut ve şekil açısından birbirleriyle benzemektedir. Sentetik yağlar düzgün yapısı ile düşük sürtünme, düşük sıcaklık, daha az aşınma, yakıt tasarrufu gibi özellikler meydana getirir. Bu özellikler sonucunda düşük sıcaklıklarda akışkanlığı yüksektir, yüksek sıcaklıklarda ise çok

fazla akışkan değildir ve yüksek oksidasyon ile ısı mukavemetinden dolayı kullanılabilirliği fazladır. Laboratuvar ortamında üretilen sentetik yağlar, mineral yağlara kıyasla yüksek ve düşük sıcaklıklarda daha fazla basınca karşı dayanıklı özellik gösterir [41].

Madeni Yağların Sınıflandırılması, grup (Grup I, Grup II, Grup III, Grup IV ve Grup V), baz stok (mineral bazlı yağlayıcılar, sentetik yağlayıcılar, yarı sentetik yağlayıcılar ve biyo-bazlı yağlayıcılar), ürün tipi (motor yağı, şanzıman ve hidrolik sıvısı, metal işleme sıvısı, genel endüstriyel yağ, dişli yağı, gres, proses yağı ve diğer ürün çeşitleri), son kullanıcı sanayi (enerji üretimi, otomotiv ve diğer taşımacılık, iş makineleri, yiyecek ve içecek, metalurji ve metal işleme, kimyasal imalat ve diğer son kullanıcı endüstrileri) ve coğrafyaya (Asya-Pasifik, Kuzey Amerika, Avrupa, Güney Amerika, Orta Doğu ve Afrika) göre Çizelge 2.5 sınıflandırılmaktadır [44].

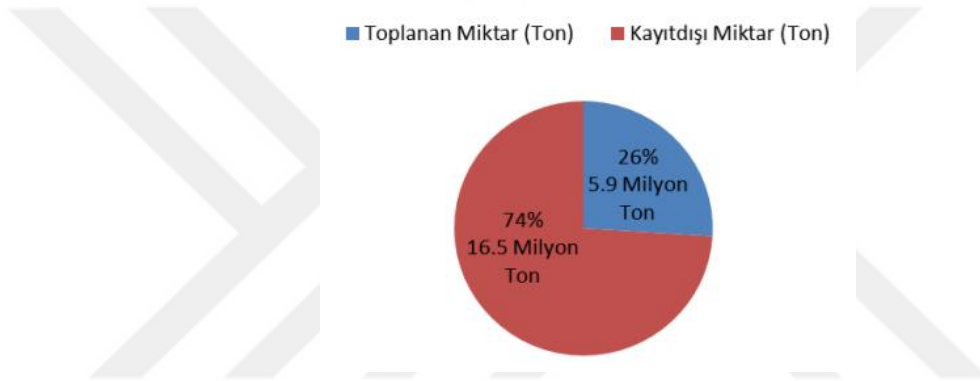
Çizelge 2.5. Madeni yağların sınıflandırılması [44].

Baz Yağları	Baz Stok	Ürün Tipine Göre	Son Kullanıcı Sanayi	Coğrafyaya Göre
GRUP I	Mineral Bazlı Yağlayıcılar	Motor Yağı	Enerji Üretim	Asya-Pasifik
GRUP II	Sentetik Yağlayıcılar	Hidrolik yağı	Otomotiv	Kuzey Amerika
GRUP III	Yarı Sentetik Yağlayıcılar	Metal İşleme Sıvısı	İş Makineleri	Avrupa
GRUP IV	Biyo-bazlı yağlayıcılar	Genel Endüstriyel yağlar	Metalurji ve Metal İşleme	Güney Amerika
GRUP V		Dişli yağları	Kimyasal İmalat	Orta Doğu
		Gres		Afrika
		Proses Yağları		

2.3 Atık Yağ

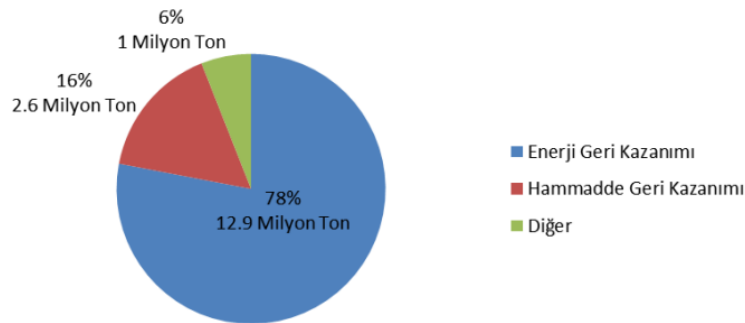
Dünya ortalama olarak günlük 10 milyon ton petrol ve petrol kökenli ürünler kullanılmaktadır. Artan sanayileşmeyle birlikte motorlu taşıt sayısı artmakta ve buna paralel olarak da motor yağı tüketiminde de artış görülmektedir [46].

Kline raporunda, 2009 yılında dünya genelinde toplam yaklaşık 32.3 milyon ton madeni yağ kullanımı sonucunda 22.4 milyon atık yağ meydana geldiği ve bu miktarın da 16.5 milyon tonunun (%74) toplanabildiği, geri kalan 5.9 milyon ton (%26) atık yağın ise toplanamadığını belirtti. Dünya atık madeni yağ toplama oranları (%; ton) Şekil 2.8’de gösterilmiştir [47].



Şekil 2.8. Dünyada atık madeni yağ toplama yüzdesi [47].

Yapılan değerlendirmelerde toplanan atık yağların; 12.9 milyon tonunun (%78) enerji geri kazanım amaçlı yakıt olarak, 2.6 milyon tonunun (%16) ürün geri kazanım amaçlı hammadde amaçlı, 1 milyon tonun (%6) ise farklı amaçlı kullanıldığı bildirildi [25]. 2009 yılı dünya atık madeni yağ değerlendirme yöntemleri (%; ton) olarak Şekil 2.9’da gösterilmiştir [47].



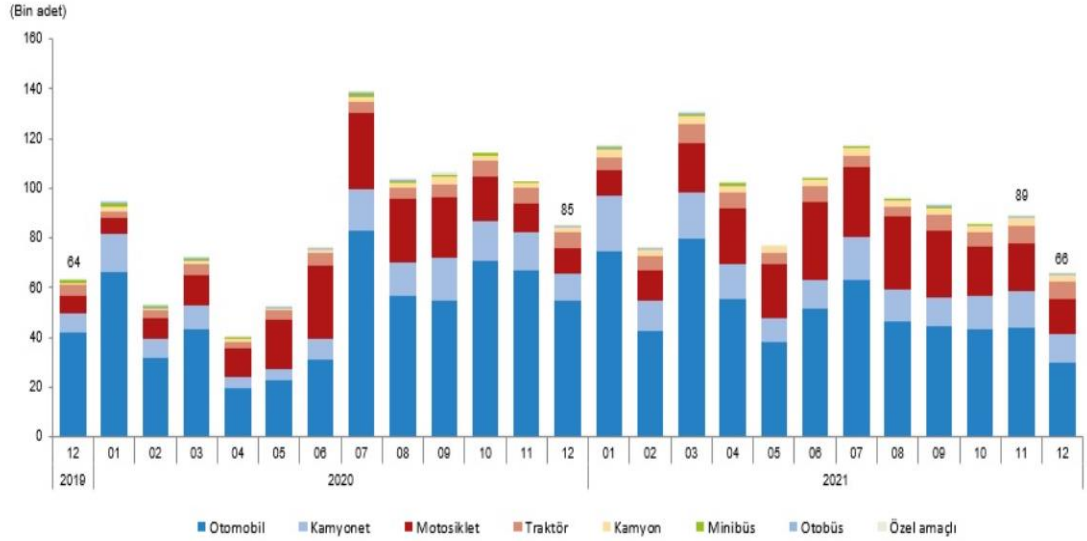
Şekil 2.9. Dünyada madeni yağın geri kazanım yöntemlerine göre dağılımı [47].

Kullanım ömrünü tamamlamış ve atık haline gelmiş madensel yağdan yeniden istenen özellikte madensel yağ üretimi yıllardır yapılabilmektedir. Ayrıca bu yöntemle elde edilen yağın üretimi için harcanan enerji, ham petrolden elde edilmesine göre 1/3 oranındadır. 13 litre atık yağın işlenmesi ile 10 litre yeni yağ elde edilebilmektedir. Aynı miktar yağın ham petrolden elde edilmesi için ise 670 litre ham petrolün işlenmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi ülkemiz yerli ham petrol üretimi 2.500 bin ton/yıldır. Geri kazanım için kullanılabilecek atık yağ miktarımız ise kuramsal olarak tüketilen madensel yağın %60–70 oranlarında olup, 250–300 bin tondur. Bu ise ulusal ham petrol üretimimizin %10–12’si oranında ek kaynak anlamındadır. Atık yağlarımızın geri kazanım potansiyeli toplam petrol ve petrol ürünleri dışalım tutarının %3-3,5 i olarak kabul edildiğinde bile, yaratabileceği tasarruf karşılığı 180 milyon dolar/yıl dır [42]. Türkiye’de yıllar bazında sahip olunan araç sayısı Çizelge 2.6’da verilmektedir [48].

Çizelge 2.6. Yıllara göre motorlu taşıtlar sayısı [48].

	2011	2012	2013	2014	2015
Otomobil	8.113.111	8.648.875	9.283.923	9.857.915	10.589.337
Minibüs	389.435	396.119	21.848	427.264	449.213
Otobüs	219.906	235.949	219.885	211.200	217.056
Kamyonet	2.611.104	2.794.606	2.933.050	3.062.479	3.255.299
Kamyon	728.458	751.650	755.950	773.728	804.319
Motosiklet	2.527.190	2.657.722	2.722.826	2.828.466	2.938.364
Özel amaçlı taşıtlar	34.116	33.071	36.148	40.731	45.732
Traktör	1.466.208	1.515.421	1.565.817	1.626.938	1.695.152
TOPLAM	16.089.528	17.033.416	17.939.447	18.828.721	19.994.472

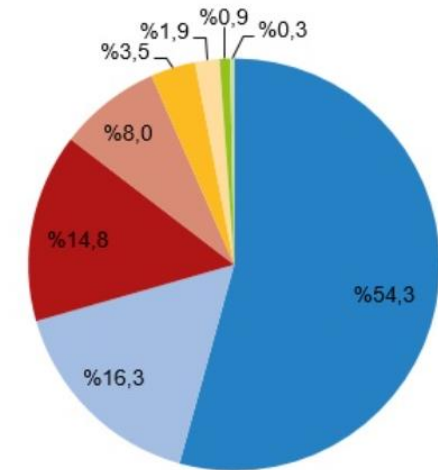
Trafiğe kaydı yapılmış olan taşıt sayıları önceki yılın aynı ayına göre %23,1 azalmıştır. Aralık ayında önceki yılın aynı ayına göre trafiğe kaydı yapılan taşıt sayısı kamyonunda %44,1, motosiklette %32,0, traktörde %8,3, kamyonette %7,3 artarken özel amaçlı taşıtlarda %62,0, otomobilde %45,8, otobüste %16,4 minibüste %0,3 azalmıştır. Trafiğe kaydı yapılmış olan taşıt sayıları Şekil 2.10’da gösterilmiştir [49].



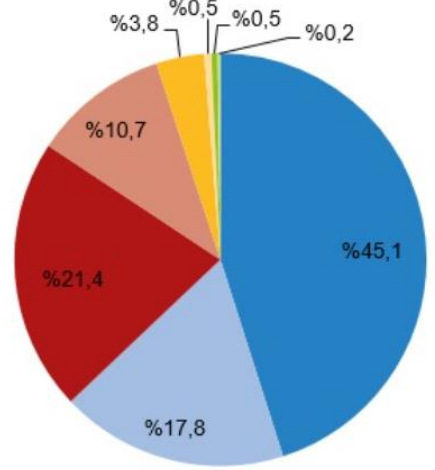
Şekil 2.10. Aralık 2019 ve Aralık 2021 yılında trafiğe kaydı yapılan taşıt sayısı [49].

Trafiğe kaydı yapılan toplam taşıt sayısı Aralık ayı sonu itibarıyla 25 milyon 249 bin 119 oldu ve Şekil 1.10'da verilmektedir. Aralık ayı sonundan itibaren trafiğe kayıtlı taşıtların %54,3'ünü otomobil, %16,3'ünü kamyonet, %14,8'ini motosiklet, %8,0'ını traktör, %3,5'ini kamyon, %1,9'unu minibüs, %0,9'unu otobüs ve %0,3'ünü özel amaçlı taşıtlar oluşturmuştur [49]. Trafiğe kaydı yapılan taşıtların dağılımı Şekil 2.11'de gösterilmiştir.

Trafiğe kayıtlı taşıtların dağılımı, Aralık 2021



Trafiğe kaydı yapılan taşıtların dağılımı, Aralık 2021

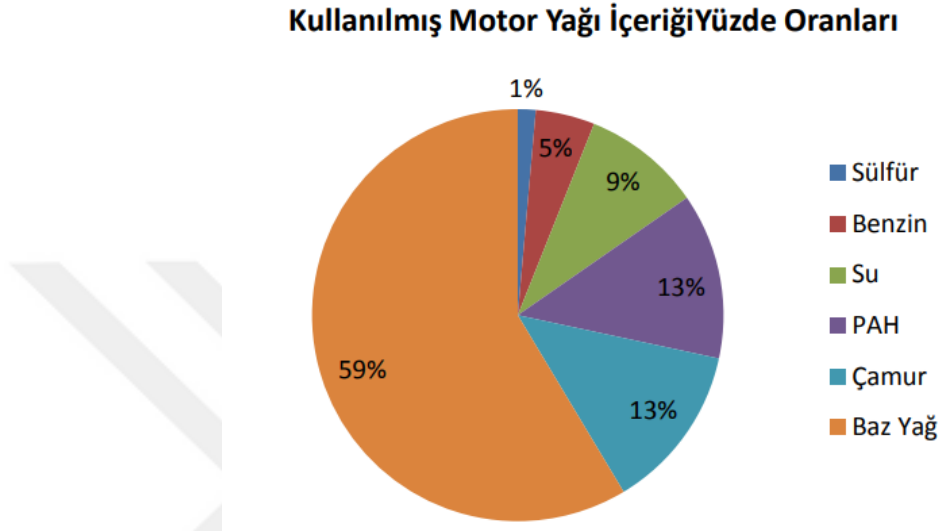


■ Otomobil ■ Kamyonet ■ Motosiklet ■ Traktör ■ Kamyon ■ Minibüs ■ Otobüs ■ Özel amaçlı

Şekil 2.11. Trafiğe kayıtlı taşıtlar ve kaydı yapılan taşıtların dağılımı [49].

2.3.1 Atık Yağın Özellikleri

Kullanım ömrünü tamamlamış atık yağlar üretiminde kullanılan baz yağa göre şekillenmektedir. Kullanıma hazır motor, endüstriyel ve diğer yağlama amaçlı yağların bünyesinde metal bileşenler vardır ve bunlar; Br, Cd, Zn ve kurşundur [50]. Atık yağın bünyesindeki diğer bileşikler Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Kullanılmış motor yağı içeriği yüzdeleri [50].

Atık yağlar 3 kategoriye ayrılmıştır. Bunlar;

I. Kategori atık yağ; atık yağlardaki PCB, toplam halojen ve ağır metal gibi kirleticileri yönetmelikte belirlenen sınır değerleri aşmayan yağları ifade eder. Bu kategoride yer alan atık yağlar geri kazanılabildikleri için rafinasyon ve rejenerasyon tesislerine gönderilir.

II. Kategori atık yağ; bakanlıktan izin ve lisans almış rafinasyon ve atık yağ geri dönüşüm tesisleri tarafında enerji geri kazanım amacıyla kullanılır. Geri kazanım amacıyla kullanılabilmesi için klorür, toplam halojen (2.000 ppm) ve PCB (50) sınır değerlerini aşmaması gerekmektedir. Yine rafinasyon ve rejenerasyon tesisine geri kazanılmaları için gönderilir.

III. Kategori atık yağ; Bu kategorideki atık yağlar bakanlığın belirlemiş olduğu yönetmelikteki sınır değerlerinin üzerindedir. Klorür ve toplam halojen 2.000 ppm’in ve PCB de 50 ppm’in üzerindedir. Rejenerasyon ve rafinasyon tesislerine gönderilmeye

uygun olmayan yağlar bu kategoride olup, bu yağlar lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerine gönderilir [51]. Atık yağ kategorilerini özetleyen sınır değerler Çizelge 2.7’de gösterilmiştir [52].

2.3.2 Atık Yağın Çevreye Etkileri

Çevre insan, doğa ve toplum için son derece öneme sahip küresel sistemin en önemli parçasıdır [53]. Hızla büyüyen sanayi ve endüstriyel faaliyetler sonucunda yüksek miktarda organik kirletici maddeler çevre kirliliğine sebep olmaktadır [54]. Motor yağları yada yağlama amaçlı kullanılan diğer endüstriyel yağlar günlük hayatımızın bir parçası haline gelmiş ve sanayinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Yağlar kullanılırken çevresel kirlenmenin farkında olunarak doğru şekilde uygulanması ve atık haline geldiğinde ise doğru yöntemle bertaraf edilmesi gerekmektedir. Atık madeni yağ ile kirlenmiş toprağın etkisi uzun yıllar varlığı sürdürmekte ve bu kirlilik toprağın organik madde olarak zengin olan üst kısmını yoğun bir şekilde etkileyerek toprağa su ve oksijen girişini engellemektedir. Bu etkilenme sonucunda oluşan anaerobik ortam kirliliğin toprakta yıllarca kalmasının en temel nedenidir [55].

Çizelge 2.7. Atık madeni yağ kategorileri [52].

Kirleticiler	Müsaade Edilen Sınır Değerler (I.Kategori Atık Yağ)	Müsaade Edilen Sınır Değerler (II.Kategori atık yağ)	Müsaade Edilen Sınır Değerler (III.Kategori atık yağ)
Arsenik	< 5 ppm	Max. 5 ppm	> 5 ppm
Kadmiyum	< 2 ppm	Max. 2 ppm	> 2 ppm
Krom	< 10 ppm	Max. 10 ppm	> 10 ppm
Klorür	Max. 200 ppm	Max. 2000 ppm	> 2000 ppm
Kurşun	< 100 ppm	Max. 100 ppm	> 100 ppm
Toplam Halojenler	Max. 200 ppm	Max. 2000 ppm	> 2000 ppm
Poliklorlubifeniller(PCB)	Max. 10 ppm	Max. 50 ppm	> 50 ppm
Parlama Noktası	Min. 38 C	Max. 38 C	-

Toprak yada sulu ortama dökülen atık yağlar ciddi bir alanı kirletmektedir ve dökülen ortamın kirlilikten arındırılması oldukça maliyetli olmaktadır. Genel olarak dökülen yağın özellikleri ve alıcı ortamın fiziki şartlarına göre kirlilik derecesi farklılık göstermekle birlikte arıtım metodu da değişmektedir.

Yapılan araştırmalar göre yaklaşık olarak bir litre yağın temizleme maliyeti 20-2.000 USD arasında farklılık göstermektedir. Sulu ortamda meydana gelen kirlilik sonucunda özellikle sahillerin temizlenmesi çok daha fazla maliyetli olabilmektedir. Sulu ortamda meydana gelen kirlilik sadece sahillerin kirlenmesine neden olmayıp, yer altı sularını da telafi edilemeyecek ölçüde kirletmektedir [56].

Atık yağlar ekotoksik özelliğe sahip olmasından dolayı kirlilik oluşturan ortama ve orada yaşayan canlılara zarar verir [60]. Çevre koruma ajansının yapmış olduğu çalışma ve araştırmalar petrol ve petrol ürünlerinin çevre kirliliğinin en tehlikeli sınıf olduğunu tespit etmektedir [57]. Petrol kökenli bir atık olan atık yağların içerisinde petrokimyasal ürünler bulunmaktadır. Petrokimyasal ve ağır metal içermesinden dolayı ciddi ölçüde ekotoksik olan atık yağlar yanlışlıkla yada doğrudan su kaynaklarını kirletirse burada yaşayan canlı gruplarının varlığını tehdit etmektedir [58]. Kirlenen topraktaki ağır metaller bitki köklerine ciddi zarar vermektedir ve bitki çeşitliliğini ve ekosistemini de tehdit etmektedir [59].

1 litre atık yağ, 1000 ton suyu kirleterek kullanılamaz hale getirir ve 5.000 ton suyu ise içilemeyecek hale getirmektedir. 1 litre atık motor yağı ise 800.000 ton içme suyunu yok ederek içilemez hale getirmektedir [51].

Atık motor yağları akaryakıt katılarak yakıt olarak kullanılması sonucunda emisyon kaynaklı çevre kirliliklerine neden olmaktadır. 2013-2018 yıllarında toplanan 50.537 ton atık motor yağı 553 milyon kwh elektrik enerjisine eş değer olduğu tespit edilmiştir. Bu enerjide yaklaşık 300 bin kişinin bir yıllık elektrik enerjisini karşılayabilmektedir [60].

Bu yağların yeniden geri dönüşümü yapılabilmekte ve hem insan hem de çevre sağlığı korunarak ekonomik değeri yüksek olan ürünler üretilerek ülke ekonomisine katkısı olmaktadır. Bu katkı ile çevresel sorunlar avantajlı bir sonuca bağlanmaktadır [60].

10 numara yağ olarak bilinen akaryakıt amaçlı kullanılan yasa dışı yağın içeri; baz yağ, solvent, atık bitkisel ve madeni yağlardan meydana gelmektedir. Kamyan, araba, otobüs vb. motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılan 10 numara yağın kullanılması sonucu araçların egzozlarından atılan kirleticilerde arsenik, kurşun, kadmiyum ve krom gibi ağır metaller bulunmaktadır. Bu kirleticiler insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve çevre felaketleri oluşturmaktadır. Araçlarda olduğu gibi sanayi bölgelerindeki farklı işletme ve dükkanlarda ısınıma ve enerji amaçlı olarak kontrolsüz tüketimde söz konusudur. Bu atık yağların yakılması sonucunda da kükürt, klorür, ağır metal, tam yanma sonucu poli aromatik hidrokarbonlar (PAH), vb. kirleticiler oluşmaktadır. Aynı zamanda atık yağ bünyesindeki uçucu ağır metal ve klor bileşikler yanma sonucu havaya karışarak hava kirliliğine oradan su ve topraklara geçerek farklı biçimlerde kirliliklere neden olmaktadır [61].

Atık yağların topraklara dökülmesi ve tarım alanlarının sulanmasında atık su kullanılması sonucunda ağır metal kirliliği meydana gelmektedir. Bu kirlenmeler sonucunda toprakta yetişen meyve sebzelerde, topraktan besin maddesi tüketen hayvanların etinde ve sütünde de ağır metaller gözlemlenmiştir. Bununla birlikte çevre kirliliği artarak her geçen gün toprak kayıpları sayısına bir yenileri eklenmektedir. Çevre kirliliği beraberinde besin zinciri ve ekolojik döngü ile insan vücuduna kadar kirlilikleri taşımaktadır ve etkileri uzun yıllar sonra ortaya çıkmaktadır [62]. Eğer tehlikeli atıklar için gömme işlemi yapılacaksa bu sadece katı olanlar için kontrollü bir şekilde yapılmalıdır [63].

2.4 Mevzuat ve Yönetmelikler

Dünyayı korumak için çoğu ülkeler çevre kirliliğini önlemek ve azaltmak için toplanarak küresel çözüm arayışına girmişlerdir [64].

Çevresel kirlenmelerin ulusal ve uluslararası olarak minimuma indirilmesi hedeflenerek ülkelerin çevre politikalarına uygun olarak, emisyon ve kirlilik sınırlarını belirleyici standartlar doğrultusunda kanun ve yönetmelikler düzenlenmiştir [65].

Düzenlenen yönetmelik ve kanunların bir diğer amacı da doğal ve yapay kaynaklarımızın sınırlı miktarda olmasından dolayı sürdürülebilir bir dünya hedeflemektedir [66].

Atık Yağların Yönetimine İlişkin Mevzuat

Atık yağların yönetimi yönetmeliği 9/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunun 8 inci, 11'inci ve 12'inci maddeleri ile 10/07/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 97'inci ve 103'üncü maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır [67].

23 Aralık 2020 tarihinde atık yağların yönetimi yönetmeliğinde değişiklik yapılmış ve 31343 sayılı resmi gazete 'de yayınlanmıştır.

Değişiklik kapsamında eklenen maddeler şu şekildedir:

- Madeni yağ üretenler, piyasaya sattıkları madeni yağlarının; 2021 yılı için %10, 2022 yılı için %15, 2023 yılı için %20, 2024 yılı için %25 ve sonraki yıllarda Bakanlığın belirlediği hedeflerdeki atık yağı toplamakla yükümlüdür.
- Madeni yağ imalatında; 2022 yılı için %8, 2023 yılı için %12, 2024 yılı için %15 ve sonraki yıllarda bakanlığın hedeflediği oranlarda atık yağdan üretilmiş baz yağ kullanılması şartı gelmiştir. Bu zorunluluk ithal edilen baz yağ miktarları için geçerli değildir.
- Yetkilendirilmiş kurum atık yağları kurallarına uygun bir şekilde toplayarak atık yağ rafinasyon tesislerine kapasiteleri kadar götürmekle yükümlüdür.
- Atık yağ transfer noktaları, rafinasyon tesisleri ile yetkilendirilen kurum tarafından oluşturulur.
- Faaliyet gösteren geri kazanım firmaları, bakanlık tarafında belirlenen deme üretimi tarihine kadar faaliyetlerine devam ederler. Bu arada kendi aracı olan firmalar A grubu atık yağları toplar, B grubu atık yağları ise yetkili kurum toplayarak dağıtır.
- Motor yağı değişimi yapan yerler 01.07.2021 tarihine kadar MOYDEN belgesi almak zorundadır.
- Atık yağı oluşan kurumlar, atık yağlarını yetkili kuruma veya bakanlıktan toplama yetkisi almış rafinasyon lisansı olan firmalara vermek zorundadır [68].

Atık yağ yönetimiyle ilgili AB ülkeleri ve Kuzey Amerika bölgesindeki bazı ülkelerdeki uygulamalar aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Fransa atık yağların kayıt altına alınması konusunda başarılıdır. Atık yağlar ADEME ‘‘Fransa Enerji ve Çevre Ajansı’’ tarafından kontrol altına alınmıştır. ADEME tarafından belirlenen toplayıcılar ve taşıyıcılar tarafından toplanmaktadır. Madeni yağ imalatı yapan firmalar sattıkları madeni yağa göre ADEME’e belirli bir ödeme yapmaktadır. Rafinasyon ve rejenerasyon tesislerinde geri dönüşüm yapılmakta olup yaklaşık olarak %42 dir. Atık yağlar gerek görülürse çimento tesislerine de gönderilebilmektedir.

Almanya’da atıklar çeşitli gruplara ayrılmış olup bunlar; klorür içermeyen atıklar, halojen içermeyen atıklar, PCB ve halojen içeren atıklar, biyolojik olarak parçalanabilen atıklar, izolasyon, ısı transfe amaçlı atıklar ve yağ/su ayırıcısından çıkan atıklardır. Rejenerasyon işlemi %41, enerji amaçlı geri dönüşüm oranı %35, bertaraf amaçlı %24 dür. Atıklar istenilen işleme tabi tutulabilmekte olup 2002 yılındaki uygulamalara göre ilk amaç hammadde amaçlı geri kazımdır.

İtalya’da atık yağlar, COOU adı verilen bir topluluk tarafından yönetilmektedir. Bu topluluğu madeni yağ imalatı yapanlar, atık yağ toplayanlar ve rafinasyon firmaları oluşturur. Bu topluluğun görevi atık yağların toplanması ve kalite kontrollerinin yapılarak değerlendirilmesidir. Toplanan atıkların rafinasyon tesislerine gönderilmesine devlet destek vermektedir bu destek ile atıkların %80 ni rafinasyon tesislerine gitmektedir.

Birleşik Krallık’ da toplayıcı sayısı diğer ülkelere göre daha çoktur. Atık yağların çoğu AB ye ihraç edilmektedir. Kalan atık yağlar ise demir çelik fırınlarında ve çimento fabrikalarında enerji amaçlı geri kazanılmaktadır.

Finlandiya’da yetkili kurum EKOKEM adlı firmadır. 2007 yılına kadar toplanan atık yağların tamamı enerji amaçlı geri kazanılmıştır. EKOKEM 2007 yılında bölgede tek rafineri ile 5 yıllık bir sözleşme yapmış ve atık yağlar burada değerlendirilmiştir. Madeni yağ imalatı yapan firmalar bakanlığa belli bir ödeme yapmaktadır.

İspanya’ da atık yağlar, madeni yağ imalatı yapan firmalar ve ithalatçıların oluşturduğu iki topluluk tarafından yönetilmektedir. Topluluklardan biri (SIGAUS), 2008 yılında kurulmuş ve 105 katılımcıdan oluşmaktadır. Diğer topluluğun adı (SIGPI) dir. Atık yağlar üç şekilde işlem görür bunlar; rafinasyon ve rejenerasyon

işlemi, ön işlem ve geri kazanım işlemleridir. Ön işlem de atık ya bünyesindeki su ve diğer maddelerin temizlenmesi olarak tanımlanmaktadır.

Portekiz’de atık yağların toplanması için 2005 yılında Portekiz iş adamları ve geri dönüşüm dernekleri ile petrol derneği işbirliğinde SOGILUB adlı bir kuruluş yürürlüktedir. SOGILUB kar amacı gütmeyen bu işlemi yapmaktadır. Kuruluşun masraflarını madeni yağ imalatı yapan firmalar ve ithalatçı firmalar üstlenmektedir. Atık yağlar öncelikle rejenerasyon işlemine tabi tutulmak üzere ön işleme ve geri dönüşüm işlemlerinde de yer almaktadır. Atık yağların çoğu İspanya’ya ihraç edilmektedir.

Yunanistan da atık yağlarla ilgilenmek üzere 2004 yılında ELTEPE SA yetkilendirilmiştir. Bu kurum kurulduktan sonra 8.000 ton toplanan atık yağ 40.000 tona yükselmiştir. Müfredat lisansı olan toplayıcılar ile rafinasyon tesislerine satılması şeklinde ilerlemektedir. Atık yağların belirlenen amaçlar dışında kullanılması yasadışı kabul edilmiş ve sadece geri kazanım ve rafinasyon işlemine müsaade edilmiştir [47].

Toprak kirliliği, ekosistemler , doğa ve insan sağlığı için oluşturmaktadır [69].

2.5 Etkin Mikroorganizma (EM)

EM olarak kısaca yazılır ve açılımı Etkin Mikroorganizma anlamına gelmektedir. Japonya’nın Okinawa kentinde bulunan Ryukyus Üniversitesi’nden Prof. Dr. Teruo Higa çalışmaları sonucu Etkin mikroorganizma kültürünü meydana getirmiştir. Em tamamen doğal bileşenlerden meydana gelmiş ve kesinlikle gen değişimine uğramamıştır [70].

EM de bulunan mikroorganizma çeşitleri; laktik asit bakterileri, fotosentetik bakteriler, mayalar, küfler ve aktinomisitlerdir [71].

Fotosentez bakterileri diğer adıyla fototropik bakterilerdir ve yaşamlarını kendi kendilerine desteklemektedir. Enerji kaynağı olarak güneş ışınları ve toprağın kendi ısısını kullanarak; kök salgılarından, organik maddelerden ya da hidrojen sülfür gibi zararlı gazlardan yararlı olarak kabul edilen madde ve bileşikler sentezlerler. Yararlı olarak kabul edilen madde ve bileşiklere ise amino asitler, biyoaktif maddeler, şekerler ve nükleik asitlerdir. Bu maddeler bitki büyümesi ve gelişmesi için son derece

önemlidir. Bitkiler tarafından direk bünyelerine geçmesinin yanında bakteriler içinde uygun ortam yaratarak büyüme ve çoğalmalarına katkı sağlamaktadırlar. Fototropik bakterilerin çoğalmasıyla paralel olarak diğer etkin mikroorganizmalar da artmaktadır. Bir örnekle açıklamak gerekirse, fototropik bakterilerin meydana getirdiği büyüme ve gelişme ortamı olarak kabul edilen azotlu bileşiklerin (amino asitler) varlığı ile kök etrafında (rhizosphere) VA (vesicular-arbuscular) mikoriza artmıştır. VA mikoriza, topraktaki fosfatların çözünürlüğünü artırarak, bitkilerin alımı için uygun olmayan fosfatları çözeltiye aktarır. VA mikoriza, azot fikse eden Azotobakter ve Rhizobium bakterileri ile birlikte bulunabilir ve baklagillerin havadaki azottan faydalanma kabiliyetini artırır [70].

Laktik asit bakterisi, fotosentez bakterisinin ve mayanın ürettiği şekerler ve diğer karbonhidratlardan laktik asit meydana getirirler. Laktik asit son derece güçlü bir sterilize edicidir. Zararlı olan bakterileri bastırarak organik maddelerin bozunmasında hızlandırıcı bir etki gösterir. Laktik asit bakterisi, devamlı ekilen tarımsal bitkilerde hastalık kaynağı olan Fusarium adlı zararlı mikroorganizmanın artmasının önüne geçmektedir. Fusarium popülasyonunun çoğalması genellikle bitkileri zayıf düşürmektedir. Bundan dolayı da hastalıkların ve zarar veren nematodların aniden çoğalmasına neden olmaktadır. Laktik asit bakterileri, Fusariumun yayılmasını ve işlevini bastırarak, nematodların meydana gelmelerini de zamanla ortadan kaldırmaktadır [72].

Mayalar; fotosentez bakterileri, organik madde ve bitki kökleri tarafından salgılanan amino asitler ve şekerlerden bitkilerin büyümesi için faydalı antimikrobiyel ve faydalı maddeler sentezlerler. Mayalar tarafından meydana getirilen hormonlar ve enzimler gibi biyoaktif maddeler aktif olarak hücre ve kök bölünmesine öncülük eder. Mayaların salgıları, laktik asit bakterileri ve actinomisetler gibi etkin mikroorganizmalar için büyüme ortamı meydana getirirler [70, 72].

Aktinomisetler, bakterilerle mantarlar arasında bir yapıya sahiptirler. Antimikrobiyel maddeler ise organik maddeler ile bakterilerin salgıladığı amino asitlerden üretilir. Fotosentez bakterileri ile beraber bir arada yaşayabilirler. Bundan dolayı toprağın antimikrobiyel etkileşimine katkı sağlayarak toprak kalitesini de artırır [70, 72]. Aspergillus ve Penicillium gibi küfler organik maddeyi hızla bozunmaya maruz bırakarak; alkol, esterler ve antimikrobiyel maddeler meydana getirirler. Bunlar ise,

kötü kokuları bastırarak zararlı haşeratları önlerler. EM içinde bulunan her bir türün kendine has bir görevi vardır. En önemli tür olan fotosentez bakterileri, diğer türlerin meydana getirdiklerini kullanır ve onların etkilerini artırır. Bu olaya ‘‘birlikte varoluş (coexistence ve birlikte gelişme (co-prosperity)’’ denir. Topraktaki etkin mikroorganizma ile yerli etkin mikroorganizmaların popülasyonları paralel olarak artış gösterir. Bunun sonucunda ise mikroflora zenginleşerek mikrobiyel ekosistemler düzenli bir hal alır. Zararlı mikroorganizmaların artışının önüne geçilir bununla birlikte topraktan kaynaklanan hastalıkların önüne geçilmiş olur. Etkin mikroorganizmalar büyümek için bitki köklerinde salgılanan karbonhidratlar, aktif enzimler, amino ve organik asitleri kullanırlar. Bu arada etkin mikroorganizmalar da bitkiler için amino ve nükleik asitlerin yanında vitamin ve hormonları meydana getirmektedir. Bunun sonucu olarak da bitkiler de hızlıca büyüme görülür [70, 72] EM uygulamasının kullanıldığı teknoloji olmakla birlikte 1968 yılına kadar uzanmaktadır. Genel amacı arasında hasattaki çürüme ve çeşitli bozunmaların önüne geçerek verimin artırılmasıdır. Yapılan çalışmalar sonucunda 1980 yılında pratikteki uygulamalar karşılık görmüş ve 1982 yılında dünyanın çoğu yerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Etkin mikroorganizma diğer teknolojilere kıyasla daha ekonomik, güvenli rahat, yüksek verim ve kaliteli ürün vermektedir. Bu teknolojinin hedefi ise canlı, sağlıklı ve huzur dolu bir toplum oluşturmaktır [70].

Etkin Mikroorganizma türleri ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- EM-1; İçeriği, %3 Molas, %1 laktik asit bakterisi ve %96 sudan oluşmaktadır. Tarımda uygulanan EM ‘nin bütün faydalı özelliklerini içinde barındırır.
- EM-A; Laktik asit bakterileri, mayalar, fototrofik bakteriler, heteretrofik bakteriler ve pH 3,5 altında yaşayabilen faydalı mikroorganizmalardan meydana gelmektedir. Bunların yanında bitkinin gücünü artıran hastalıklara, zararlılara, düşük sıcaklık ve donlara karşı enzimler ve antioksidanları da içermektedir.
- EM-5; İçerisinde laktik asit bakterileri, mayalar ve fototrofik bakteriler vardır. Melas ve EM-1 in fermente olmuş halidir. Mikrobiyal gübre olarak bitkilerin besin maddesi ve hastalıklar gibi olumsuzluklara karşı kimyasal gübre ihtiyacını yok denecek kadar azaltan zengin bir EM grubudur.

- EM-Gold; İnsanlar için antioxidan maddeler, farklı vitaminlerden meydana gelir. Su, mercan kireci ve nigari karışımında mikroorganizmalar tarafından fermente edilmiş şeker kamışı pekmezi ve maya ekstraktı içeren özel bir karışımdır.[71]
- EM Bukaşı; ‘‘Bukaşı’’, ‘‘fermente olmuş organik madde’’ anlamına gelen Japonca bir terimdir. Toz ya da granül şeklinde olabilir. Toprağın mikrobiyel çeşitliliğini artırır ve bitkiler için besin maddesi olarak kullanılır [72]. Etkin mikroorganizma toprakların kalitesini artırarak bitki verimliliğinin de artmasına neden olmaktadır. Çeşitle meyve, sebze ve tahılların üretiminde sıkça kullanılmaktadır bunlara örnek olarak buğday, arpa, ayçiçeği ve mısır tarımındaki uygulamaları verilebilir [72]. EM rejenerasyon işlemlerini gerçekleştirir ve toplu olarak devamlı yenilenerek aktifleşirler. Bu aktifleşme sonucunda topraktaki hava ve suyu temizleyerek bitkilerin büyüme ve gelişmelerine büyük katkı sağlanmaktadır. Bu bakteriler farklı ortamlarda örneğin; su, toprak, hava, karlı alanlarda, çöllerde, okyanusların 4 km derinliğinde, petrolde ve sıcaklığı 80 °C’ye kadar çıkan maden suları gibi kaynar sularda yaşayabilirler. Ayrıca yüksek hücre içi osmotik basıncından dolayı 10-20 atmosfer basınçlarına kadar dirençlidirler [73].

EM nin yararları;

- Koku problemlerine neden olan moleküllerin yapılarını kaldırarak kokuyu giderir.
- Kirletici maddelerin bozulması veya dönüşmesiyle enzim etkisi sonucu meydana gelen parçalanma için biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) düzeyini düşürür.
- Biyolojik olarak ayrışabilen bir temizleyici olarak kirletici maddeleri tam olarak nötürilize eder.
- Uygulandıktan kısa bir süre sonra hidrokarbonları, ağır yağları ve gresleri parçalar.
- Kalıntı ve torkuları parçalar.
- Zehirli, alerjik olmayan ve alev almayan yapıda olduğundan dolayı kullanımı kolay ve iş güvenliği açısından güvenlidir.
- Çevreye tamamen uyumludur.

- Ortadan kaldırılacak olan organik kirletici maddeleri biyolojik olarak ayrıştırır.

EM nin kullanım alanları şu şekilde sıralanmaktadır;

- Anaerob (oksijensiz ve aerob (oksijenli) ortamlarda kullanılır.
- Mutfak yer giderlerinden gelen kokular ve tıkanma sorunlarını kesmek için kullanılır.
- Yağ tutucularda biriken yağlar dönüştürülerek yağ toplama periyodunu uzatır.
- Tüm tesisatta H₂S korozyonunu önler.
- Fosseptiklerin geçirgenliği artırılır, koku sorunları kesilir.
- Ürünlerin formülünde yer alan koku nötralize edicilerle rahatsız edici kokular ani olarak kesilir. Ardından mikroorganizmalar çalışmaya başlayıp koku kaynağını yok eder.
- Uygulandığı ortamın sonunda bir atıksu arıtma tesisi olması halinde bu tesisin verimliliğini artırır.
- Atıksu arıtma tesisinde, reaksiyon zamanı anlık olarak koku probleminde kullanılır.
- Atıksu kirlilik bakımından fazla oranda organik maddeden kaynaklanmaktadır, bu kirlilik mikroorganizmalar tarafından tüketilerek suyun temizlenmesine katkı sağlamaktadır.

EM nin kullanım dozları; Ev, iş yeri vb. kapalı alanlarda tuvalet banyo ve diğer giderlere 200 cc (1 su bardağı) akşam yatmadan önce dökülerek uygulanmaktadır. Uygulama haftada 2 kez olacaktır. Logar, lagün vb. yerlerde ise; 1 metreküp için 2 litre uygulanmaktadır. Uygulama sıklığı gelen su ve kirlilik yüküne göre değişmektedir. Dere, göl ve yüzeysel suların, kokusunun giderilmesi ve dip çamurunun yok edilmesi için alanın özelliklerine göre projelendirme yapılmaktadır.

2.6 Literatür Özeti

Etkin mikroorganizma toprak veriminin artırılması olarak kullanımının yanına çeşitli kirlilik arıtmalarında da uygulanmaktadır. Yapılan bir çalışmada sanayi bölgelerindeki ağır metallerce kirlendiği düşünülen farklı toprak numunelerinden demir biyogiderimi için EM izolasyonu yapılmıştır. Literatürde demir giderimine ilişkin yapılan biyogiderim çalışmaları genellikle manganın giderimini de kapsamaktadır. Çünkü

demiri oksitleyen bakterilerin manganı da oksitleyebilmesi veya bu iki ayrı bakteri grubunun aynı ortamlarda koloni olabilmesiyle bağdaştırılmaktadır [74]. Süt işletmelerinden kaynaklanan atık sudaki fazla besin maddeleri yeraltı ve yüzey suları için çevre kirliliğine neden olmakla birlikte insan patojenlerini de barındırmaktadır. EM ve su merceği kombinasyonu amonyum azotunu, toplam fosforu ve süspansiyonu önemli ölçüde azaltarak atık su arıtımında başarılı olmuştur [75]. Pakistan da etkin mikroorganizmalar kullanılarak petrol rafinerisinde farklı noktalardan oluşan petrol çamurunun arıtılması ve petrol sızıntılarının iyileştirilme çalışmaları da gerçekleştirilmiş ve iyi sonuçlar elde edilmiştir [76].



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Sistemin Hazırlanması

Çalışmalarda kullanacağımız toprak numunesi , Aksaray ili Erenler Organize Sanayi bölgesinde yer alan bir fabrikanın bahçesinden alındı. Toprak numunesinin alındığı yerin koordinatları Enlem: 38.261639, Boylam: 34.025599 dur. Numunenin alındığı yer Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Toprağın 20 cm üst kısmından alınan toprak, daha sonraki kullanım ve analizler için hazırlanana kadar oda sıcaklığında plastik torbalarda saklanır. Laboratuvar ortamına getirilen toprak numunesinden plastik kaba 1.000 gr toprak elenerek 4,5 L lik plastik kaba konuldu. Elenen toprak numunesi Şekil 3.2’de toprak gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Toprak numunesinin alındığı bölge.



Şekil 3.2. Elenen toprak numunesi.

Atık yağı Aksaray da faaliyet gösteren atık yağ geri dönüşüm ve rafineri tesisi olan Mizan Oil Enerji San. Ve Tic. Ltd. Şti firmasından atık yağ stok alanı 1 numaralı stok tankından 3 kg numune cam numune kabına alındı. Atık yağ 130208 kotlu motor yağıdır. Madeni yağların sınıflandırılması tablosuna göre (Çizelge 2.7) çalışılan örnek GRUP 1'e girmektedir.

Kirlenmiş topraktaki tipik dizel yağ konsantrasyonları, 5.000-15.000 mg toplam petrol hidrokarbonları (TPH) (kg toprak-1) aralığında rapor edilmiştir [77].

Bu çalışmanın hedef kirleticisi, kuru bazda 10.000 mg/kg numunede eklenen atık yağıydı. Eklenen atık yağ toprak ile homojen bir şekilde karıştırılır. Atık yağ ile kirlettiğimiz toprak numunesi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Atık yağ ile kirlenilen toprak numunesi.

Etkin Mikroorganizma (EM) Microbix plus INICULANT Mikroorganizma içeren çevre ürünü temin edildi. Bu karışımda Laktik asit bakterileri, mayalar, küfler, aktimonositler, areob ve anaerob mikroorganizmaları içermektedir. Bu ürün EM-1 türüne ait bir çevre ürünüdür [78]. EM teknolojisinin ilave edilmesi kirlenmiş toprağa 1 hektara 1 L uygulanması veya toprak alanlarda uygulama 1 dönüm alan için 10 L mikroorganizma kültürü ve 100 kg toz organik madde uygulanarak toprak ıslahı yapıldığı araştırmalarda bulunmuştur. Ayrıca karışım % 30 nemli hale gelene kadar malzeme iyice karıştırıldığı uygulamalarda bulunmaktadır [72]. Atık yağ ile kirlenilen toprak numunesinin üzerine hazırlanan EM karışımı dengeli bir şekilde püskürtülür. Püskürtme işlemi tamamlandığında plastik toprak numune kabının kapağı kapatılır ve 2 hafta laboratuvar ortamında normal şartlarda bekletilir. Atık yağ ile kirlenilen ve EM uygulanan toprak numunesinin 2 hafta sonraki hali Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Atık yağ ile kirlenmiş toprağa EM uygulamasından sonraki görüntü.

3.2 Analizler

pH ve EC Tayinleri: 20 gram kuru numune alınır ve üzerine 20 ml saf su eklenerek 5 dakika boyunca karıştırılır. Daha sonra üst sıvı santrifüj tplerine alınarak santrifüj makinesinde 5 dakika 1.000 rpm hızında karıştırılmıştır. Daha sonra numuneler Hach HQ411D markalı dijital pH ve EC ölçüm cihazı ile numunelerin pH ve EC değerleri ölçülmüştür (EPA Method 9045C).

Su Muhtevası Tayini: Su muhtevası tayini için Standart Methods-AWWA-1981 standard methodu kullanılarak yapılmıştır. 50 gr numune alınır, fırında kurutulmuş daha sonra desikatörde soğutulmuş ve önceden darası alınmış porselen bir kapsüle koyulur. Numune ve daranın ağırlığı (gram olarak) not edilir. Porselen kapsüldeki örneğimiz kurutulur. Kurutma işlemi 24 saat 105°C’de Hach Memmert UNB 400 markalı etüvde yapıldı. Fırından çıkarılan numunemiz desikatöre alınarak soğutulur ve tartılır.

Organik Madde İçeriği: Organik madde içeriği tayini için Standart Methods-AWWA-1981 standard methodu kullanılarak yapılmıştır. Kullanacağımız porselen krozelerin daraları ölçülerek not edilir. Kurutulan numuneden 10 gr alınarak 600°C’deki PLF 100/3 markalı kül fırınında 2 saat yakılır. Bu zaman sonunda alınan krozeler desikatöre alınarak soğutulur ve hassas terazide ağırlığı alınır.

Birim Hacim Ağırlık: Yığın yoğunluğu, toprak sıkışmasının bir göstergesidir. Toprağın kuru ağırlığının hacmine bölünmesiyle hesaplanır. Bu hacim, toprak parçacıklarının hacmini ve toprak parçacıkları arasındaki gözeneklerin hacmini içerir. Yığın yoğunluğu tipik olarak g/cm³ olarak ifade edilir. ASTM D7263 - 09 Zemin Numunelerinin Yoğunluğunun (Birim Ağırlık) Laboratuvarda belirlenmesine yönelik Standart Test Yöntemleri kullanıldı. 100 ml'lik mezür alınır, mezürün darası alınır. Toprak örneği 100 ml hizasına kadar doldurulur. Mezürün doluyken ağırlığı alınır.

Porozite : ASTM F1815 - 11 Doymuş Hidrolik İletkenlik, Su Tutma, Gözeneklilik ve Atletik Alan Kök Bölgelerinin Yığın Yoğunluğu için Standart Test Yöntemleri, gözeneklilik analizi için kullanıldı. Darası alınmış mezura, mezürün ölçüsü hizasına kadar toprak doldurulup tartım yapılır. Daha sonra saf su ile alabildiğince su konulur. Artık suyu çekmeyecek hale geldiğinde su yüzeyde kalacak şekilde olunca konulan su bilinir ve not edilir.

Özgül Ağırlık: Yoğunluk, Bağlı Yoğunluk (Özgül Ağırlık) ve İnce Agreganın Soğurulması (ASTM C 128) için C128-07a Standart Test Yöntemi kullanıldı.

Tarla Kapasitesi: Toprağın tuttuğu su miktarı, eklenen su sızmaya başlayana kadar toprak doyurularak belirlendi. Bu sayede toprak parçacıklarının yerçekimine karşı taşıyabileceği su miktarı belirlenebilir.

Yağ-Gres Tayini: Numuneler TS 8312 analiz metoduna göre analizi yapılmıştır.

Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPHs) Tayini: Numuneler TS EN 14039 metoduna göre yapılmıştır.

Eluate: EPA Methods 1310 metoduna göre 10 gr kuru örnek alınır, üzerine 160 ml saf su koyulur ve su hizasını kap üzerinde işaretlenir. pH' ı > 5 ise 0,5 N Glacial Asetik Asit ile pH'ı 5 civarına getirilir. 24 saat karıştırılır ve 24 saat sonra işaretlenen hizaya kadar saf su ilave edilir. Süzülür ve seyreltilerek , TOC ve ağır metal okumasına yapıldı.

ICP-OES Ağır Metal Tayini: Ön hazırlıktan sonra OPTICAL Emission Spectrometer optima 2100 DV (Perkin Elmer Precisely) marka cihaz ile toprak numunelerindeki ağır metaller ölçülmüştür. Bu analiz ile ağır metallerin çözülebilir hallerine bakılmıştır.

TOC/TN Tayini: Ön hazırlıktan sonra hazırlanan numuneler TOC-V_{CPN} Total Organic Carbon Analyzer SHIMADZU ve TNM-1 Total Nitrogen Measuring Unit SHIMADZU markalı cihaz ile ölçülmüştür. Bu analiz ile karbon ve azotun çözülebilir hallerine bakılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde çalışma da bulunan bulgular ve değerlendirme kısmı bulunmaktadır. Sistem 15 gün çalışılmıştır. Başlangıç numunesini 0, 7. günün sonunda aldığımız numuneye 1 ve 15. gün sonununda aldığımız numuneyide 2 olarak adlandırdık. Çizelge ve şekillerde bu şekilde isimlendirildi. Sonuçlar iki tekrarlı yapıp ortalamaları alınarak verilmiştir.

4.1 Toprak ve Atık Yağ Numunesi Başlangıç Özellikleri

Toprak numunesinin yapılan analiz sonuçlarına göre genel özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprağın genel özellikleri.

	pH	EC, µS/cm	SM, %	OM, %	BHA, g/cm ³	Porozite, %	G _s , g/cm ³	Tarla Kapasitesi
Toprak	8,48	458	5,37	15,92	1,09	32,14	2,80	57,45

Tezde kullanılan atık yağın analiz sonuçları ve analiz metodu Çizelge 4.2’de verilmiştir.

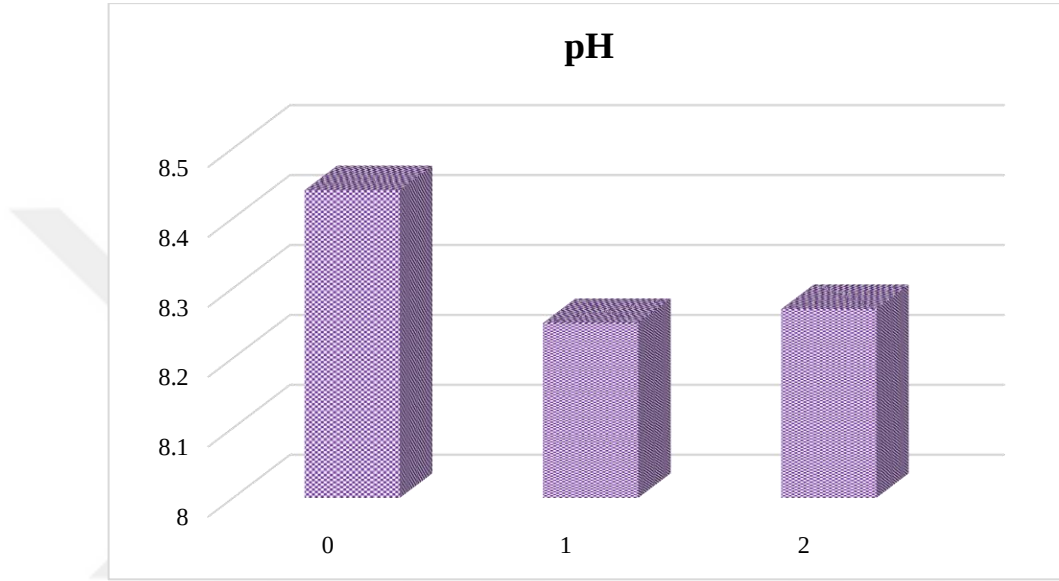
Çizelge 4.2. Atık yağ numunesinin özellikleri.

Parametre	Birim	Analiz Sonucu	Analiz Metodu
Arsenik (As)	mg/kg	<0,1	EPA 3051 A EPA 6020 B
Kadmiyum (Cd)	mg/kg	<0,1	EPA 3051 A EPA 6020 B
Kurşun (Pb)	mg/kg	5,09	EPA 3051 A EPA 6020 B
Krom (Cr)	mg/kg	1,82	EPA 3051 A EPA 6020 B
Poliklorlubifenillerin (PCBs) Tayini	mg/kg	<0,1	TS EN 12766-2

Madeni yağların sınıflandırılması tablosuna göre çalışılan örnek 1. Kategori atık yağ sınıfına girmektedir.

4.2 pH ve EC

Başlangıç, 1. Hafta ve 2. Hafta alınan numunelerin pH sonuçları Şekil 4.1’de EC sonuçları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. pH sonuçları.

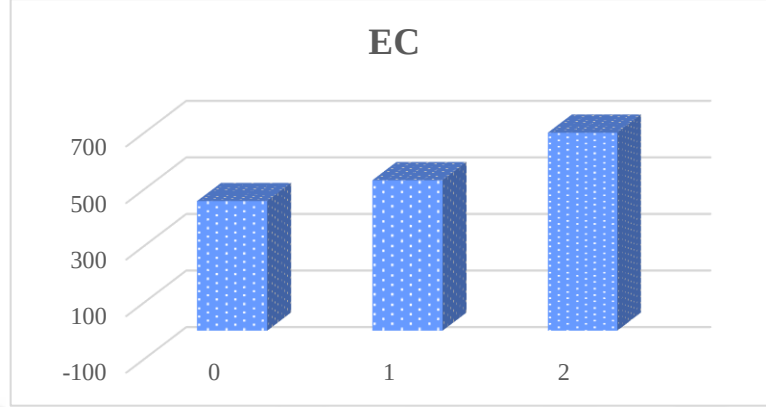
Şekilde pH değerlerine bakıldığında başlangıca göre çok az bir düşüş gözlenmiştir.

Atık yağ toprağa karışır karışmaz bulunduğu ekosistemde istenmeyen sonuçlara neden olarak toprak yaşamını olumsuz etkilemektedir. Toprağın tekstürünü bozarak havalanmasını azaltarak bitkilerce kullanılan besin elementlerinin bloke olmasına ve toprağın pH’sının düşmesine yol açmaktadır [55].

Toprak pH’ ı değerlerine bakıldığında başlangıçta 8.44 okunan değer 1. hafta %2,2 düşerek 8,25’e 2. hafta % 2 düşerek 8,27’olarak ölçülmüştür. Başlangıç değerine göre 1. hafta ve 2. hafta değerleri yaklaşık olarak %2 oranında düşerek toprakda asitlik artmıştır.

pH azaldıkça topraktaki iz elementlerin alımı artar, bunun sonucunda da demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) değerlerinde de artış meydana gelmiştir.

Toprağın pH sı düştükçe topraktaki organik maddelerde artış meydana gelmiştir. pH sı düşük toprakların toprak yapısını düzenlemek daha kolaydır ve bunu kireç ile yapmak mümkündür [79].



Şekil 4.2. EC sonuçları.

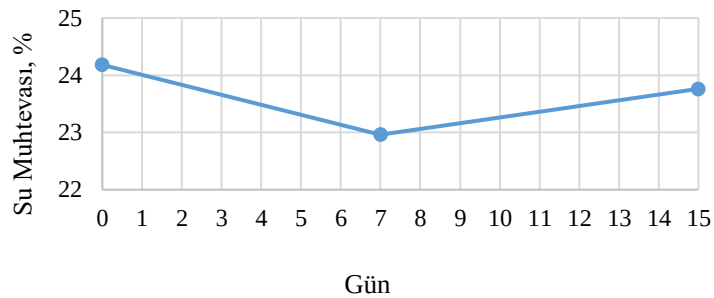
EC değerlerine baktığımızda çok az bir artış gözlenmiştir. sırasıyla EC değerleri 7 gün sonunda ve 532 µs/cm iken 15 gün sonunda bu değer 702 µs/cm olmuştur.

Organik maddelerin parçalanması sonucunda toprağa kazandırdıkları anyon ve katyonlardan dolayı, toprağın iletkenliğinde artış meydana gelmiştir.

Ayrıca pH'ın düşmesinden dolayı iz elementlerin alımının artması ile birlikte topraktaki iletkenlikte paralel yönde artış gözlenmiştir [79].

4.3 Su Muhtevası

Başlangıç, 1. hafta ve 2. hafta alınan numunelerin sonuçları Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Su muhtevası sonuçları.

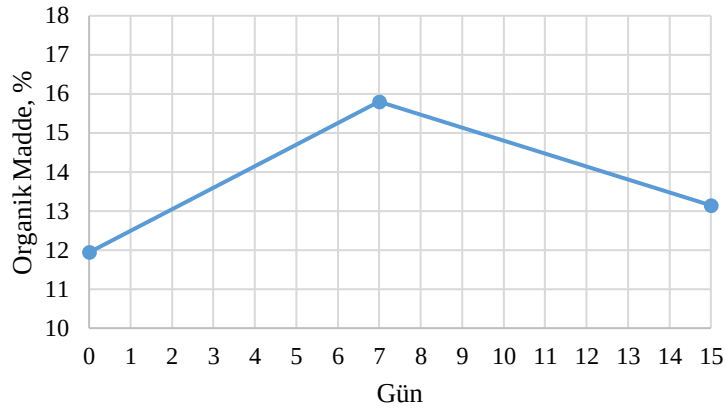
Su muhtevası toprağın bulunduğu bölgeye göre farklılık göstermekte olup bölgenin çevresel koşullarına, iklim faktörlerine ve toprak yapısına göre değişmektedir. Ilıman ve yağışlı bölgelerde toprağın su tutma kapasitesi düşükken kurak ve yağışın az olduğu bölgelerde su tutma kapasitesi fazladır. Aynı zamanda su muhtevası ile organik madde miktarı ters orantılı olarak karşımıza çıkmaktadır [79].

Su muhtevası sonuçlarına bakıldığında, başlangıç değeri 7. günün sonunda ve 15. günün sonunda düşüş meydana gelerek okunmuş, 7. gün sonundaki değeri ise 15. gün sonunda artarak devam etmiştir.

Organik madde miktarlarına baktığımızda ise su muhtevasının aksi yönünde okunmuş, su muhtevası düştüğünde organik madde artış göstermiş, su muhtevası arttığında ise organik maddede azalma meydana gelmiştir.

4.4 Organik Madde

Başlangıç, 1. hafta ve 2. hafta alınan numunelerin sonuçları Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Organik madde sonuçları.

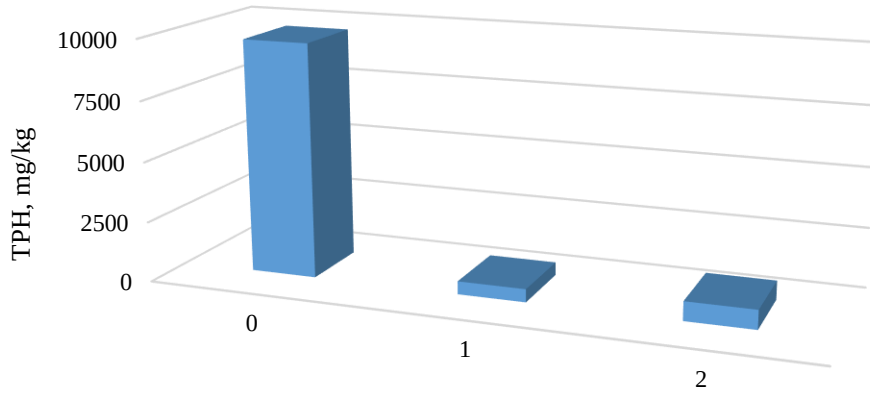
Topraktaki organik maddelerin parçalanarak bitkilere faydalı minerallere dönüşmesinde topraktaki bakterilerin, mantarların ve aktinomisetlerin katkıları bulunmaktadır. Geneli heterotrof olan mikroorganizmaların meydana getirdikleri enzimler ile organik maddelerin yapılarında olan protein, lignin, nişasta, selüloz ve buna benzer kompleks bileşikler, bitkilerin ve mikroorganizmaların kullanabileceği

hale getirmektedir. Topraklardaki organik madde miktarları mikrobiyal bir aktivitenin göstergesi kabul edilmektedir [80].

Organik madde sonuçlarına baktığımızda 7. gündeki organik madde miktarı başlangıç değerine göre yaklaşık olarak %4 oranında artmıştır. Etkin mikroorganizmalar toprağa uygulandıktan hemen sonra organik madde miktarını artırmıştır. 15. gündeki organik madde değeri yaklaşık olarak %3 düşmüş fakat başlangıç değerine göre artmış olarak gözlenmiştir.

4.5 Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH)

Başlangıç, 1. hafta ve 2. hafta alınan numunelerin sonuçları Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Toplam petrol hidrokarbonların sonuçları.

Toplam petrol hidrokarbonların topraktaki varlıkları o toprakların petrol ve petrol gazı açısından zengin olduğunun bir göstergesidir. Atık yağlar da petrol kökenli kompleks bir yapıya sahip olmalarından dolayı bulundukları ortamların toplam petrol hidrokarbon miktarının artmasına neden olmaktadır [81].

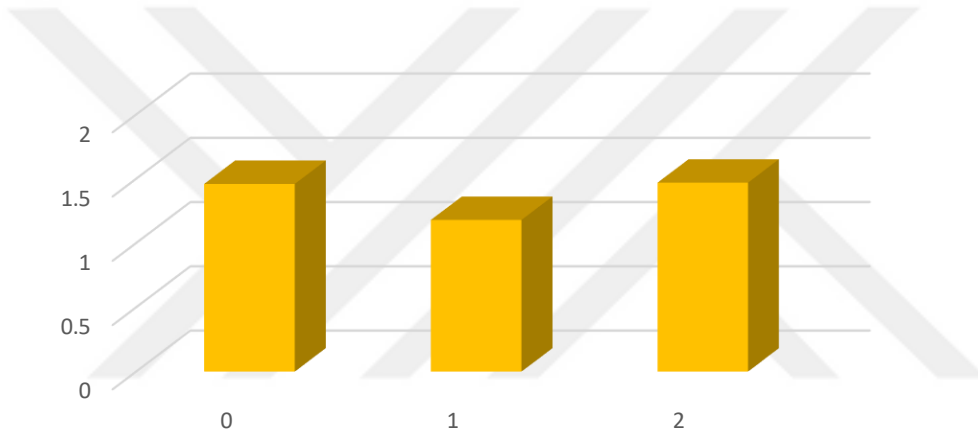
Toplam petrol hidrokarbon değerinin yüksek olması bize o bölgede petrol yada petrol kökenli kirliliğin olduğu göstermektedir [82].

Atık yağ ile kirlenilen toprak numunesinin toplam petrol hidrokarbon değeri yaklaşık olarak başlangıçta 10.000 mg/kg civarında ölçülmüş olup, etkin mikroorganizmaların

eklenmesinden 7 gün sonra yani 1. haftada ölçülen değer yaklaşık 2.000 mg/kg seviyelerine kadar inmiştir. Toplam petrol hidrokarbon miktarında yaklaşık olarak %80 oranında bir düşüş meydana gelmiştir. Bu düşüş bize etkin mikroorganizmaların kirlenmiş toprağı çok iyi derecede iyileştirdiğini göstermektedir. 2. hafta değer yaklaşık olarak 2.500 mg/kg seviyelerinde okunan değer bize mikroorganizmaların faaliyetlerinin çok az düştüğünü hissettirmektedir.

4.6 Yağ-Gres

Başlangıç, 1. hafta ve 2. hafta alınan numunelerin sonuçları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

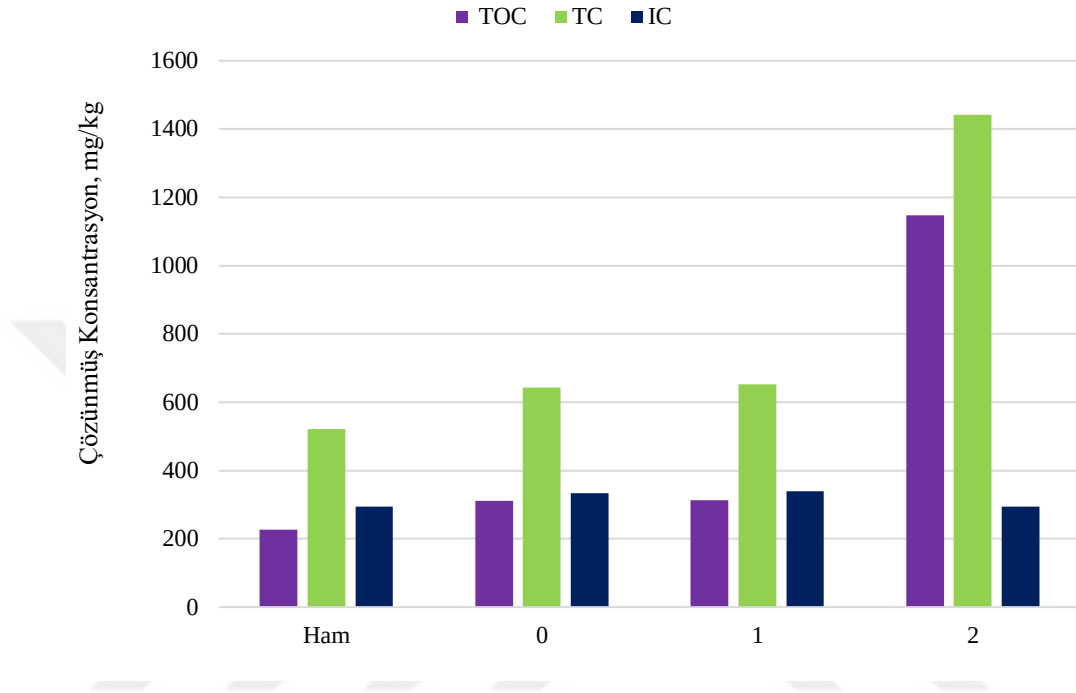


Şekil 4.6. Yağ-gres sonuçları.

Atık yağ karıştırılan toprak numunesinin çoğunlukla üst katman olmak üzere farklı noktalarında yağlı tabakalar meydana gelmektedir. Bu yağlı tabakalar havadaki oksijen geçini engelleyerek toprağın havalanma oranını düşürmektedir. Aynı zamanda yağlı tabakalardan toprağı su geçişi de zor olmaktadır. Su geçişi olmayan topraklar kuraklaşmaya ve verimsizleşmeye neden olabilmektedir. Yağ ve gres topraklarda uzun süre varlıklarını sürdürebilmekte ve oluşturdukları anaerobik ortamdan dolayı kirleticilerin toprakta uzun yıllar kalmalarına sebep olmaktadır. Uzun süre toprakta istenmeyen bir kirleticisi oldukları için topraklar ciddi şekilde olumsuz etkilenmektedir [55]. 1. Hafta yağ gres oranımızda başlangıçtaki değerine göre düşme gözlenirken 2. hafta bir miktar artış meydana gelmiştir.

4.7 TOC, TC ve IC

Başlangıç numunesi, ham toptak, 1. hafta ve 2. hafta alınan numunelerin TOC, TC ve IC sonuçları Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. TOC, TC ve IC sonuçları.

Topraktaki petrol kirliliği ve petrol kökenli kirlilik olan atık yağ kirliliği için toplam karbon, toplam organik karbon ve toplam petrol hidrokarbonları bizlere ciddi anlamda öncülük etmektedir. Toplam petrol hidrokarbonlar ile toplam organik karbon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Bu ilişki, sedimanlarda bulunan mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılan organik maddelerden çoğalan hidrokarbonlar daha sonra toprak gözeneklerinde ve yeraltı sularında toplam organik karbonun ve toplam karbonun birikmesine zemin hazırlamaktadır [82].

2. Haftanın sonunda toplam organik karbon ve organik karbon paralel olarak artış göstermektedir. IC sonuçları ise ham toprakta, başlangıç ve 1. hafta aynı seviyelerde kalmış 2. hafta ise az bir düşüş meydana gelmiştir. Bu farklılıklar biyolojik aktivite gösteren mikroorganizmaların kesikli sistemde çalışması sonucunda ortaya çıktığını göstermiştir.

4.8 Ağır Metaller

Ham toprak, başlangıç, 1. hafta ve 2. hafta alınan numunelerin B, Ca, K, Mg ve Na sonuçları Çizelge 4.3’de ağır metal sonuçları Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Ba, Ca, K, Mg ve Na sonuçları.

mg/kg	Ham	0	1	2
Ba	0,394	0,754	1,423	1,457
Ca	332,229	404,229	411,943	471,429
K	200,400	196,800	225,086	209,657
Mg	130,354	157,320	173,486	171,771
Na	153,874	170,537	198,343	207,600

Topraktaki mikrobiyal popülasyon çoğunlukla atık mineral ürünleri parçalayabilmek için efor harcamasının yanında toprakta bulunan bazı bileşiklerin de artışına sebep olmaktadır [55].

Toprak numunesinde okunan değerler sonucunda artışlar meydana gelmiş ve bunların yaklaşık olarak yüzdeleri hesaplanmıştır. Baryumda (Ba) %93 oranında, kalsiyumda (Ca) %16 oranında, potasyumda (K) %6,5 civarında, magnezyumda (Mg) %9 civarında ve sodyumda (Na) %21 oranında artış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.4. Ağır metal sonuçları.

mg/kg	Ham	0	1	2
Ag	0	0	0	0
Al	0,303086	0,117994	0,179829	5,036571
As	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında
Ba	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında
Be	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında
Bi	0	0	0	0

Çizelge 4.4. (devam) Ağır metal sonuçları.

mg/kg	Ham	0	1	2
Cd	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında
Co	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında
Cr	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında	Ölçüm aralığı dışında
Cu	0,021789	0,051291	0,060891	1,724571
Fe	0,247714	0,182229	0,204857	4,088571
Hg	0,04548	0,071949	0,074829	0,074846
Li	1,131771	1,055143	1,185771	1,151486
Mn	0,044503	0,040491	0,04812	0,135394
Mo	0,259714	0,678514	0,746057	0,598971
Ni	0,147446	0,169149	0,198171	0,198
Pb	0,08496	0,097406	0,124303	1,849714
Sb	57,97714	60,82286	85,21714	87,99429
Se	0,201086	0,206914	0,233657	0,233143
Si	109,32	111,3429	157,92	163,5943
Sn	0	0	0	0
Sr	0	0	0	0
Zn	027486	0,350229	1,829143	1,774286

Toprakların atık yağ ile kirlenmesi sonucunda, toprağın fizikokimyasal, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinde değişimler ve bu değişimleri meydana getiren proseslerle karşılaşmaktadır. Atık yağın karakteristik özelliklerinden dolayı bünyesinde toksik

bileşikler ve metal bileşenler bulundurmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı bazı ağır metallerin inhibisyone neden olduğu düşünülmektedir [55].

Toprak numunesinde okunan değerler şu şekilde özetlenebilmektedir. Ag değerleri 0 olarak okunmuştur. Al nin başlangıç numunesindeki değeri ham topraktaki değerine göre düşmüştür, fakat 1. hafta ve 2. hafta değerleri başlangıç değerine göre artmıştır. 2. hafta değeri 1. hafta değerine göre 4,856881 mg/kg daha fazla artmıştır. 1. Hafta değeri ise başlangıç değerine göre 0,061835 mg/kg oranında artış meydana gelmiştir. Başlangıç değerine göre Al değerinde %100 ün üzerinde artış meydana gelmiştir.

As, Ba, Be, Cd ve Cr değeri negatif değerlerde okunduğu için ölçüm aralığı dışında kabul edilmiştir.

Co değerinde 1. hafta ve 2. hafta değerlerine bakıldığında başlangıç değerine göre yaklaşık olarak %22 oranında arttığı dikkat çekmiştir.

Cu değerinde giderek artış meydana gelmiş ve 2. hafta sonunda okunan değer, başlangıçta okunan değere göre yaklaşık üç kat artmıştır.

Ham topraktaki Fe değeri artarak devam etmiş ve 2. haftanın sonunda en yüksek değere ulaşılmıştır. %100'ün üstünde bir artış meydana gelmiş bunun sebebi de pH azaldıkça topraktaki iz elementlerin alımının artması olarak düşünülmektedir [79].

pH azalması ile paralel olarak demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) değerlerinde de artış meydana gelmiştir [79].

Hg değerinde yaklaşık %4 oranında düzenli bir artış meydana gelmiştir.

Ham topraktaki Li değeri, başlangıçta düşmüş fakat 1. hafta ve 2. hafta sonunda yaklaşık %9 artmıştır.

Ham topraktaki Mn değeri, başlangıçta düşmüş fakat 1. hafta ve 2. hafta giderek yaklaşık olarak %100'ün üzerinde artış meydana gelmiştir.

Mo değeri başlangıçta ve 1. hafta artmış fakat 2. hafta %11 oranında düşmüştür.

Ham topraktaki Ni değeri, başlangıç ve 1. hafta yaklaşık %17 oranında artmış, 2. hafta sonunda değer sabit kalarak 1. hafta değerinde kalmıştır.

Pb değeri, başlangıçta artmış, 1. hafta başlangıç değerine göre az bir artış görülmüş fakat 2. hafta sonunda Pb değeri başlangıç ve 1. haftaya göre %100'ün çok üzerinde ciddi oranda artmıştır.

Sb değeri yaklaşık olarak %40 oranında düzenli olarak artmış ve 2. haftaya gelindiğinde ham topraktaki değere göre 30,01715 mg/kg artmıştır.

Se değerinde 1. hafta değeri başlangıç değerine göre %12 artmış, 2. hafta değeri ise 1. hafta değerine göre azalmış fakat hala başlangıç ve ham topraktaki değerinin üstünde kalmıştır.

Si değeri yaklaşık olarak %45 civarında artmıştır. 2. hafta 1. haftaya göre, 1. hafta başlangıca göre ve başlangıç değeri de ham topraktaki değere göre artış göstermiştir. Ham topraktaki değer 2 hafta sonra 54,2743 mg/kg artarak 163,5943'e çıkmıştır.

Sn ve Si değerleri 0 olarak okunmuştur.

Başlangıç Zn değeri, ham topraktaki Zn değerine kıyasla 0,075369 mg/kg artmıştır. 1. Hafta değeri başlangıç değerine göre 1,478914 mg/kg artmış ve 2. hafta değeri 1. hafta değerinden 0,054857 mg/kg düşüş gözlenmiştir.

Bu analiz ile ağır metallerin, karbon ve azotun çözülebilir hallerine bakılmış ve sonuçlar bu şekilde kaydedilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan Aksaray ilinde bulunan atık yağ geri dönüşüm tesisinin bahçesinden 3 kg toprak numunesi yerinden alınarak plastik poşete konulup laboratuvar ortamına getirilmiştir. Atık yağ numunesini de aynı adreste yer alan atık yağ geri dönüşüm tesisindeki, atık yağ stok tankından cam numune kabına alınarak laboratuvar ortamına getirilerek oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Kullanılan etkin mikroorganizma kültürü ise EM 1 gruna ait bir karışımdır.

Başlangıç, 1. hafta ve 2. hafta alınan numuneler deneyler için hazır hale getirilmiştir.

Yapılan çalışmadaki sonuçlara baktığımızda, toprak numunesindeki değerleri, atık yağ ile kirletmeden sonraki değerleri ve EM uygulaması yapıldıktan sonraki değerleri karşılaştırdığımızda;

Toprak numunesinde okunan değerler sonucunda artışlar meydana gelmiş ve bunların yaklaşık olarak yüzdeleri hesaplanmıştır. Baryumda (Ba) %93 oranında, kalsiyumda (Ca) %16 oranında, potasyumda (K) %6,5 civarında, magnezyumda (Mg) %9 civarında ve sodyumda (Na) %21 oranında artış meydana gelmiştir.

As, Ba, Be, Cd ve Cr değeri negatif değerlerde okunduğu için ölçüm aralığı dışında kabul edilmiştir.

Toprak pH' ı değerlerine bakıldığında başlangıçta 8,44 okunan değer 1. hafta %2,2 düşerek 8,25'e 2. hafta % 2 düşerek 8,27'olarak ölçülmüştür. Başlangıç değerine göre 1. hafta ve 2. hafta değerleri yaklaşık olarak %2 oranında düşerek toprakda asitlik artmıştır.

pH azaldıkça topraktaki iz elementlerin alımı artmalar görülmüş, bunun sonucunda da demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) değerlerinde % 200'ün üzerinde artış meydana gelmiştir.

Ayrıca pH'ın düşmesinden dolayı iz elementlerin alımının artması ile birlikte topraktaki iletkenlikte paralel yönde artış gözlenmiştir. Organik maddelerin parçalanması sonucunda toprağa kazandırdıkları anyon ve katyonlardan dolayı, toprağın iletkenliğinde artış meydana gelmiştir.

Organik madde miktarlarına baktığımızda ise su muhtevasının aksi yönünde okunmuş, su muhtevası düştüğünde organik madde artış göstermiş, su muhtevası arttığında ise organik maddede azalma meydana gelmiştir.

Toprağın pH'ı düştükçe topraktaki organik maddelerde artış meydana gelmiş ve etkin mikroorganizmalar toprağa uygulandıktan hemen sonra organik madde miktarını artırmıştır.

Atık yağ ile kirlenen toprak numunesinin toplam petrol hidrokarbon değeri yaklaşık olarak başlangıçta 10.000 mg/kg civarında ölçülmüş olup, etkin mikroorganizmaların eklenmesinden 7 gün sonra yani 1. haftada ölçülen değer yaklaşık 2.000 mg/kg seviyelerine kadar inmiştir. Toplam petrol hidrokarbon miktarında yaklaşık olarak %80 oranında bir düşüş meydana gelmiştir. Bu düşüş bize etkin mikroorganizmaların kirlenmiş toprağı çok iyi derecede iyileştirdiğini göstermektedir. 2. Hafta değeri yaklaşık olarak 2.500 mg/kg seviyelerinde okunan değer bize mikroorganizmaların faaliyetlerinin düştüğü görülmektedir.

Toplam petrol hidrokarbonlar ile toplam organik karbon arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Bu ilişki, sedimanlarda bulunan mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılan organik maddelerden çoğalan hidrokarbonlar daha sonra toprak gözeneklerinde ve yeraltı sularında toplam organik karbonun ve toplam karbonun birikmesine zemin hazırlamaktadır. 2. Haftanın sonunda toplam organik karbon ve organik karbon paralel olarak artış göstermektedir. IC sonuçları ise ham toprakta, başlangıç ve 1. hafta aynı seviyeler de kalmış 2. hafta ise düşüş meydana gelmiştir. Bu farklılıklar biyolojik aktivite gösteren mikroorganizmaların kesikli sistemde çalışması sonucunda ortaya çıktığını göstermiştir.

1. Hafta yağ gres oranımızda başlangıçtaki değerine göre düşme gözlenirken 2. hafta bir miktar artış meydana gelmiştir.

Gözlemlene yoluyla tespit edilen bazı sonuçlar şu şekildedir;

Kirlenen toprak numunesinin bir hafta sonra kabın kapağı açılarak gözlemlendiğinde yoğun bir yağ kokusu ile karşılaşmıştır. Bu koku bize etkin mikroorganizma kültürü içerisinde bulunan bakterilerin anaerobik ortamda faaliyet gerçekleştirdiklerini göstermiştir.

Atık yağ ile kirletilen toprağa etkin mikroorganizma kültürünün eklenmesinin ardından iki hafta sonra numunemize baktığımızda üzerinde yeşil filizlenmeler meydana gelmiştir. Bu filizlenmeler bize toprak numunesinde canlı yaşamının olabileceği ipucunu vermiş ve filizler de bunu desteklemiştir.

Bu sonuçlar bize toprak arıtım yöntemi olarak etkin mikroorganizma teknolojisinin; uygulamasının kolaylığı, doğal yapısı, çevreci bir alternatif olması ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilebilir bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Arıtım sonucunda çevreye zararlı hiç bir kalıntı bırakmaması ve arıtımın yanında toprağı zenginleştiren doğal bir yapısının olması topraklarımızın verim artışını destekleyerek ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Karaca, A. ve Turgay, O.C., 2012. Toprak kirliliği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 18, 25.
2. Joss L. ve Tender C.D., 2022. Soil under stress: The importance of soil life and how it is influenced by (micro) plastic pollution, Belgium University, Computational and structural biotechnology journal 20, 1554-1566.
3. Kaya, F., 2021. Sayısal toprak haritalama çalışmalarında kullanılan farklı yaşamların karşılaştırılması ve sayısal değişkenler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılması: Atabey örneği, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta.
4. Seyyidoğlu, S., 2009. In partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in chemistry, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University.
5. Djamu, Z.A., 2021. Modeling soil color and soil fertility relations, In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science In Forest Engineering, Çankırı Karatekin University, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences, Çankırı.
6. Uralı, İ.H., 2017. Farklı tekstürdeki toprakların kalite skorları: Cornell toprak sağlığı değerlendirmesi ve toprak amenajmanı değerlendirme çerçevesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
7. Serttaş, A., 2021. Domates yetiştirilen toprakta ocp seviyelerinin belirlenmesi ve topraktan domatese ocp taşınımının ve sağlık riskinin tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
8. Doğancı, N., 2022. Kirlenmiş topraktaki ağır metal hareketliliği üzerine çeşitli toprak düzenleyicilerinin etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
9. Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik .
10. Çobanoğlu, Ç.G.Z., 1997. Toprak kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 40.
11. Türkoğlu, B., 2006. Toprak kirlenmesi ve kirlenmiş toprakların ıslahı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Toprak Anabilim Dalı, Çukurova.
12. Atav, V., 2018. Farklı pH derecelerine sahip topraklarda çöp kompostunun bazı toprak özellikleri ile bitki ve toprakta ağır metal içeriğine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

13. Oğur, B.C., 2022. Bazı geleneksel ve ticari organik gübrelerin topraklı ve topraksız ortamda rokada bitki gelişimi ve verimi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
14. Yu, T., Ma, H., Zhang, H., Xiong, M., Liu, Y. and Li, F., 2021. Fabrication and characterization of purified esterase – embedded zeolitic imidazolate frame Works fort he removal and remediation of herbicide pollution from soil, Journal of Environmental Management, College of Life Sciences, Huaibei Normal University, China.
15. Tiryaki, O. ve Patur, T., 2017. Topraktan pestisitlerin arındırılmasında önemli bir araç; Fitoremediasyon, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3. 1.
16. Kaya, T., 2015. Ham petrol ve petrol ürünleriyle kirlenmiş bir topraktaki bazı enzim aktivitelerinin zamana bağlı değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
17. Dindar, E., Şağban, T., ve Başkaya, H.S., 2010. Kirlenmiş toprakların biyoremediasyon ile ıslahı, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15, 2.
18. Namlı, A., Toprak kirliliğinin biyolojik yöntemlerle iyileştirilmesi, Ders Notları Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
19. Luo, X.L.,Wu C., Lin, Y., Li, W., Deng, M., Tan, J. and Xue, S., 2022. Soil heavy metal pollution from Pb/Zn smelting regions in China and the remediation potential of biomineralization, Sciencedirect, School of Matallurgy and Environmrnt, Central South University, China.
20. Öztürk, E.T. ve Göncü, S., 2017. Yeraltı suyunda alg kültürleri ile nitrat kirliliğinin giderimi, Anadolu Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi, 34, 4, 463-467.
21. Aydınalp, C., 2000. Türkiye'nin toprak sorunları, Uludağ Üniversitesi, Toprak Bölümü, 135-143.
22. Tolunay, D., 1992. Toprak kirlenmesi ve yanlış arazi kullanımının yarattığı sorunlar ile çözüm önerileri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 42, 1-2.
23. Yılmaz, M., 2021. Bazı toprak özellikleri ile ilişkili olarak arazi kullanımı ve arazi örtüsünün toprak organik karbon stoğuna etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
24. Ayhan, B., 2014. Aydın yöresinde 2. Ürün dane mısır üretiminde geleneksel toprak işleme ile toprak işlemez tarım yöntemlerinin bazı toprak ve bitki özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

25. Akalan, İ., Türkiye'nin toprak kaynakları bunların sorunları ve çözüm yolları, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara.
26. Yıldıztekin, M., Ulusoy, H. Ve Tuna, A.L., 2019. Ağır metallerle kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde Fitoremediasyon yöntemi: Tıbbi ve aromatik bitkilerin uygunluğu, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
27. Vapur, H., Uçurum, M., Bayat, O. ve Aslan, V. 2014. Madencilik çalışmaları kaynaklı başlıca ağır metaller ve uzaklaştırma yöntemleri, Çukurova Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir, Adana.
28. Bilgin, M. ve Akıncı, G. 2010. Petrol hidrokarbonları ile kirlenmiş doğal toprağın elektrokinetik yöntemle arıtımı, DEU Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 12, Sayı 2, 116.
29. Nwankwegu, A.S., Zhang, L., Xie D., Onwasi, C.O., Muhammad, W.I., Odoh, C.K., Sam, K. and technology for hydrocarbon pollution remediation, Problems and prospects., Journal of Environmental Management, 304, China.
30. Kocaer, F.O., 2003. Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8, 1.
31. Aybar, M., Bilgin, A. ve Sağlam, B., 2015. Fitoremediasyon yöntemi ile topraktaki ağır metallerin giderimi, Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi, Artvin Çoruh Üniversitesi, 1, 1-2, 59-65.
32. Su, M., Yin, W., Liu, L., Li, P., Fang, Y., Chiang, P. and Wu, J., 2020. Enhanced (Cr(VI) stabilization in soil by carboxymethyl cellulose – stabilized nanosized Fe (CMC-nFe) and mixed anaerobic microorganisms, Journal of Environmental management, School of Environment and energy, South China University of Technology, China.
33. Baştabak, B. ve Koçar, G., 2019. Toprak kirliliği mücadelesinde enerji bitkilerinin kullanılması ve biyokütle enerjisi dönüşüm yöntemleri ile değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir.
34. Hız, Ö., 2015. Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliği kapsamında petrol kirliliği tespiti ve giderimi için uygun yöntem araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
35. Hamutoğlu, R., Dinasoy, A.B., Cansaran Duman, S. ve Aras, S., 2012. Biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları, Türk Hijyen ve Biyoloji Dergisi, 69, 4.
36. Uçar, N., 2014. Mekanik susuzlaştırılmış arıtma çamurlarının kurutma potansiyellerinin ve stabilizasyonun fenton-fotofenton yöntemi ile iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

37. Altın, A., 2004. Yeraltısuyu ve toprak kirliliği arıtımında kullanılan yöntemler, 1. Ulusal Çevre Kongresi, Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sivas.
38. Ceyhan, N. ve Esmeray, E., 2012. Petrol kirliliği ve biyoremediasyon, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 5, 1, 95-101.
39. Shai, A. 2016. Development of effective molecular approach for determining of the biodegradation potential of petroleum contaminated soil, ph. D. Thesis, Graduate school of science engineering and technology, Istanbul Technical University.
40. İmamoğlu, İ., Kirlenmiş sahalarda karşılaşılabilecek kirlleticiler ve uygun teknolojiler: temel bilgiler ve örnek uygulamalar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
41. Gönenli, M.Y., 2014. Madeni yağlar hakkında genel bilgi notları, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Ankara.
42. Altıparmak, A., 2007. Madeni atık yağların fraksiyonlarına ayrılarak bertarafı ve yeni ürünlerin geri kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
43. Anıl, İ., 2013. Development of genetic algorithms based multivariate calibration models for the determination of lubricating oil compositions using fourier transform infrared spectroscopy, Degree Of, İzmir Institute Of Technology, İzmir.
44. Gürdal, E.G., 2021. Atık madeni yağlar ve yağlı atıksu arıtma yöntemlerine dair bir araştırma, Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 10, 2, 73-84.
45. Petder, 2019. Atık Motor Yağlarının Yönetimi Projesi Faaliyet Raporu, 2019.
46. Çetin, M., 2011. Çevre ve su kirliliğinde makine yağları, çevre etkileri ve çözüm önerileri, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, Erzincan Üniversitesi, 4, 1, 41-47.
47. Petder, 2012. Atık madeni yağ rafinasyonu için En uygun teknoloji seçimi projesi, Teknik Araştırma Raporu.
48. T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016, Ankara.
50. Gürbüz, O.A., 2015. Endüstriyel atık yağların geri dönüşüm yöntemleri, Aksaray Üniversitesi, Academic Accelerating the world's research.
51. Aşır, M., 2009. Bazı kaliksaren türevlerinin atık madeni yağların geri kazanımında kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
52. Dur, B., 2019. Atık madeni yağların geri dönüşümü Şanlıurfa örneği, Yüksek Lisans, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

53. Esen, A. ve Esen M.F., 2018. Çevre eğitimi ve bilinci araştırılması, Akademik Bakış Dergisi, 65.
54. Ravikumar, Y., Yun J., Zhang G., Zayed H.M. and Qi X., 2022. A review on constructed wetlands-based removal of pharmaceutical contaminants derived from non-point source pollution, Environmental Technology & Innovation Jiangsu University, China.
55. Dindar, E., Cihan N., Şağban F.O.T. ve Başkaya H.S., 2017. Atık mineral yağ ile kirlenmiş topraklarda organik azot fraksiyonlarının belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32, 3, 767-775.
56. Pelitli, V., 2009. Araçlardan kaynaklanan atık motor yağlarının geri kazanımı ve kategorilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
57. Lifshits, S., Glyaznetsova, Y., Erofeevskaya Chalaya, O., and Zeueva, I., 2021. Effect of oil pollution on the ecological condition of soils and bottom sediments of the arctic region (Yukatia), Environmental Pollution, Institute of oil and gas problems of federal research center 'Yakut Scientific Center of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences', Rusya.
58. Gürdal, E.G., 2021. Atık madeni yağlar ve yağlı atıksu arıtma yöntemlerine dair bir araştırma, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10, 2, 73-84.
59. Hu, X., Liu, X., Qiao, L., Zhang, S., Su, K., Qiu, Z., Li, X., Zhao, Q., and Yu, C., 2021. Study on the spatial distribution of ureolytic microorganisms in formland soil around tailings with different heavy metal pollution, Science of the Total Environment, School of Chemical & Environmental Engineering, China University of Mining and technology, China.
60. Torun, S.B., 2021. Bazı çevresel atıkların ve doğal liflerin kompozitlerde kullanılabilirliği, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 22. 126-133.
61. Koşar, S.G., 2015. On numara yağ sorunu üzerine.
62. Taciroğlu, B., Kara, E.E., ve Sak, T., 2016. Toprakta ağır metal gideriminde solucanların kullanımı, Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19, 2, 201-207.
63. Gürbüz, O.A., 2015. Avrupa birliği çevre yönetimi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.
64. Gürdal, E.G., 2021. Atık madeni yağlar ve yağlı atıksu arıtma yöntemlerine dair bir araştırma, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10, 2, 73-84.
65. Orman, R.Ç., 2019. Atık madeni yağların dizel motorlarda yakıt olarak kullanılması ve katkı maddesi ile geliştirilmesi, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

66. İslam, G., Yıldız, A.U., Eren, M.B. ve Uz, V.E., 2019. Atık motor yağı modifiyeti bitümün mühendislik özelliklerinin araştırılması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27, 3, 183-193.
67. Resmi Gazete, Atık Yağların Yönetimi Yönetmeliği, (29314), 20.05.2022.
68. Petder, Aylık Petrol Bülteni, 2020.
69. Muhammad, H., Wei, T., Coa, G., Yu, S., Ren, X., Jia, H., Saleem, A., Guo, J. ve Li, Y., 2021. Study of soil microorganisms modified wheat straw and biochar for reducing cadmium leaching potential and bioavailability, Chemosphere Journal of Hazardous Materials Advances School of Environmental Science and Engineering Shaanxi University of Science & Technology Xia, China.
70. Keskin, Y., Etkin mikroorganizmaların dışbudak fraxinus excelsior 1.) ve çınar yapraklı akçağaç (acer platanoides L.) türlerinde 1+0 yaşlı fidanların morfolojik özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Orman Anabilim Dalında, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Şubat 2012.
71. Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H.B., Yerçelik, E.N., Gülseven, O. ve Yılmaz, E., 2021. Etkili mikroorganizmaların tüplü Toros sediri (Cedrus Libani A.Rich) fidanların morfolojik özelliklerine etkisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23, 294-305.
72. Akman, A. ve Yala, K., Etkin mikroorganizmalar teknolojisi tarım, etkin mikroorganizmalar uygulama kitapçığı.
73. Allahverdiev, S. ve Gündüz, G., Tarımsal üretim ve biyoteknoloji, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
74. Karlık, E., 2010. Demir biyogiderimi için etkin mikroorganizmaların izolasyonu ve biyogiderim kapasitelerinin incelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze Teknik Üniversitesi.
75. Rashid, M.T. and West, J., Department of Land Resource Science University of Guelph, Canada.
76. Environmental Healthy and Sciences Consultants, EM Research Organization Inc, 2003. Finaly Report of Attock Refinery Limited Oily Sludge Bioremediation Using EM Technology, Pakistan.
77. Gök, G., 2012. The factors effecting the remediation of non-aqueous phase liquid (napl) contaminants in soils, Degree of Doctor, Dokuz Eylül University, Environmental Science Program, İzmir.
79. Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N.K., Kaya, H., 2006. Toprakta yapılan bakır uygulamalarının toprak pH'sı ve bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkisi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19, 1, 151-158.

80. Cenkseven, Ş., 2013. Doğu Akdeniz bölgesinde yetişen farklı yaşlardaki *Eucalyptus Camaldulensis* Dehn. Plantasyonlarında toprak organik madde mineralizasyonunun mevsimsel olarak karşılaştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
81. Özyağcı, M., 2021. Kastamonu ve Sinop civarının petrol ve doğal gaz potansiyelinin suda ve toprakta TPH (toplam hidrokarbonları) analizleri kullanılarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
82. Özdemir, A., 2018. Suda TPH (toplam petrol hidrokarbonları) analizinin petrol ve doğalgaz arama amaçlı kullanımı: Türkiye’den ilk önemli sonuçlar, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6, 4, 615-636.

URL-1 <<https://tuik.gov.tr/bulten/index>>, Erişim tarihi: 29.04.2022.

URL-2 <<http://www.saionem.com/microbix-plus/>>, Erişim tarihi: 04.07.2022.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Merve KİREÇ

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Bölümü, 2015-2019

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Anabilim Dalı, 2019-2022

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. İzsu / Yaz Stajı
2. Mizan Oil Enerji San. Ve Tic. Ltd. Şti. / Çevre Mühendisi

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Kireç, M. ve Gök, G., 2022. Etkili mikroorganizma (EM) teknolojisinin kirlilik bazında araştırılması, Uluslararası Mühendislik ve Uygulamalı Doğa Bilimleri Konferansı, Konya.