

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PETROKİMYA ENDÜSTRİSİNDEN KAYNAKLANAN
SÜLFÜRİK ASİT ATIKLARININ KİREÇLİ TOPRAKLARIN
ISLAHI AMACIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ**

129103

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Yasemin DAMAR

129103

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU

HAZİRAN 2002

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PETROKİMYA ENDÜSTRİSİNDEN KAYNAKLANAN
SÜLFÜRİK ASİT ATIKLARININ KİREÇLİ TOPRAKLARIN
ISLAHI AMACIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Yasemin DAMAR

Enstitü Anabilim Dalı : **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU

Bu tez .. / .. / 2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Savaş AYBERK

Jüri Üyesi

Y.Doç.Dr. Mahnaz Gümrükçüoğlu

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Miral S.
ALOSMAN

TEŞEKKÜR

Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan ve Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan bu çalışmada "Petrokimya Endüstrisinden Kaynaklanan Sülfürik Asit Atıklarının Kireçli Toprakların Islahı Amacıyla Değerlendirilmesi" incelenmiştir.

Bu çalışma süresince her türlü teşvik ve fedakarlığı gösteren, bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim çok değerli hocam Yard. Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisans eğitimim sırasında ve yüksek lisans tezimin hazırlanması sırasında bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen çok kıymetli hocam Prof. Dr. Mirali ALOSMAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli fikirleri ve tecrübeleri ile her zaman yanımda olan kıymetli hocalarım Doç. Dr. Recep İLERİ'ye, Doç. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e, Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL'e ve Doç. Dr. Saim ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Rektör Yardımcısı Sayın Prof. Dr. Mesut GÜR'e yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışmanın denemeler kısmının başlanabilmesi için gerekli olan malzemelerin hazırlanması sırasında emeği geçen ve hoşgörülerini eksik etmeyen Sakarya Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği'nin ve İnşaat Mühendisliği'nin laboratuvarlarının sorumlularına ve çalışanlarına, ayrıca PAKSAN LTD. ŞTİ. Müdür Yardımcısı Kimya Mühendisi Feyyaz KIRKSEKİZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma esnasında her türlü yardımlarını esirgemeyen PETKİM Petrokimya Holding A.Ş. Laboratuvar Şefi A. Mehveş CÖBEK ve TÜPRAŞ Proses Üniteleri İşletme Müdürü Cevat ÇALIŞIR ile Nötralizasyon Ünitesi Şefi Serdar Bey'e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın deneme kısmının bitmesinin ardından elde edilen bitkilerin ve toprak numunelerinin analizi için gereken laboratuvar imkanlarından yararlandığım TÜBİTAK M.A.M. laboratuvar çalışanlarına ve özellikle Uzman Araştırmacı Selma AYZ ve Araştırmacı Özgür DOĞAN'a teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi bu çalışma döneminde de bana sonsuz hoşgörü, fedakarlık ve desteklerinden dolayı aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
TOPRAK.....	4
2.1 Toprak Bilimi ve Toprağın Tanımı.....	4
2.2 Toprağın Genel Yapısı ve Oluşumu.....	5
2.3 Toprak Profili.....	8
2.4 Toprak Strüktürü.....	9
2.5 Toprağın Kirlenmesi.....	10
2.6 Türkiye Toprakları.....	10
2.6.1 Doğal sınıflama sistemine göre Türkiye'nin büyük toprak grupları.....	10
2.6.2 Ülkemiz topraklarındaki sorunlar ve tarım.....	14

BÖLÜM 3.

ÇORAK TOPRAKLAR.....	17
3.1 Çorak Toprakların Yapısı.....	17
3.1.1 Çorak Toprakların da Yapısında Varolan Kireç.....	18
3.2 Türkiye Topraklarının Demir Durumu.....	20
3.3 Türkiye Topraklarının Kalsiyum Durumu.....	21
3.3.1 Kalsiyum'un bitki beslenmesindeki yeri ve önemi.....	22
3.4 Alkali Topraklar.....	24
3.4.1 Toprak Alkali Karbonatları İçeren Topraklar	25
3.4.2 pH değeri 7,5'dan fazla olan ve toprak alkali karbonatlarını içermeyen topraklar.....	25

BÖLÜM 4.

ARITMA ÇAMURLARI.....	26
4.1 Giriş.....	26
4.2 Arıtma Çamurlarının Nihai Bertaraf Yöntemleri.....	27
4.3 Atık Çamur Bertarafında Dünya'daki Uygulamalar.....	28
4.4 Atık Çamur Bertarafında Türkiye'deki Uygulamalar	35
4.5 Arıtma Çamurunun Sınıflandırılması.....	36
4.6 Arıtma Çamurunun Özellikleri.....	41
4.7 Arıtma Çamurunun Uygulama Oranları.....	44
4.8 Kanalizasyon Suyu ve Arıtma Çamurunun Toprağa Etkileri.....	48
4.9 Arıtma Çamurlarının Arazide Bertarafı Sırasında Karşılaşılabilecek Problemler.....	48
4.10 Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanma Yöntemleri.....	49
4.10.1 Tankerlerle yayma.....	49
4.10.2 Püskürtme yöntemi.....	50
4.10.3 Toprak yüzeyi altına enjeksiyon yöntemi.....	50
4.10.4 Karık Yöntemi.....	50

BÖLÜM 5.	
PETROL RAFİNERİLERİ.....	51
5.1 Giriş.....	51
5.2 Petrol Rafinerisi Atıklarının Kaynakları, Özellikleri Ve Arıtımı.....	53
BÖLÜM 6	
TÜPRAŞ.....	61
6.1 Faaliyet Alanları	61
6.2 TÜPRAŞ'ın Çevre Koruma Konusundaki Çalışmaları.....	61
6.3 Arıtma Çamurunun Alındığı Ünitenin Dizayn Esasları	63
6.3.1 Nötralizasyon ünitesine giren akımların özellikleri.....	63
6.3.2 Arıtma çamurunun alındığı kostik nötralizasyon ünitesi	64
6.3.2.1 Arıtma çamurunun alındığı ünitenin çalışma şekli	64
BÖLÜM 7.	
7.1 Deneysel Çalışmalar.....	68
7.2 Deneme Kaplarının İçeriklerinin Belirlenmesi.....	69
BÖLÜM 8.	
ANALİZLERİN SONUÇLARI.....	81
BÖLÜM 9.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	99
EKLER.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	110

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
API	:Amerikan Petrol Enstitüsü
BOİ	:Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
KM	:Katı madde
KOİ	:Kimyasal oksijen ihtiyacı
OM	:Organik madde
PETKİM	:Petrokimya endüstrisi
SSCB	:Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TPAO	:Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜBİTAK-MAM	:Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜPRAŞ	:Türkiye Petrol Rafineri Anaonim Şirketi
%	:Yüzde
Al(OH) ₃	:Alüminyumhidroksit
Al ⁺³	:Alüminyum iyonu
Al ₂ (SiO ₃)	:Alimosilis
Al ₂ (SO ₄) ₃	:Alüminyumsülfat
Al ₂ O ₃	:Alüminyumoksit
As	:Arsenik
B	:Bor
Ba(OH) ₂	:Baryumhidroksit
BaCl ₂	:Baryumklorür
BaCO ₃	:Baryumkarbonat
C	:Karbon
C ₆ H ₅ OH	:Fenol
Ca(OH) ₂	:Kalsiyumhidroksit
Ca ⁺⁺	:Kalsiyum iyonu

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:Kalsiyumfosfat
CaCl_2	:Kalsiyumklorür
CaCO_3	:Kalsiyumkarbonat
CaHPO_4	:Kalsiyumbifosfat
CaO	:Kalsiyumoksit
CaSO_4	:Kalsiyumsülfat
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:Kalsiyumdihidrosülfat
Cd	:Kadmiyum
Cl	:Klorür
cm.	:Santimetre
cm^3	:Santimetreküp
Co	:Kobalt
CO_2	:Karbondioksit
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
FeO	:Demiroksit
Fe_2O_3	:Demir II oksit
FeS_2	:Demirdisülfür
FeSO_4	:Ferrisülfat
H_2O	:Su
H_2S	:Hidrojen Sülfür
H_2SiO_3	:Silikat asidi
H_2SO_4	:Sülfürik asit
ha.	:Hektar
HCO_3^-	:Bikarbonat
Hg	:Civa
K	:Potasyum
K^+	:Potasyum iyonu
K_2O	:Potasyumoksit
kg.	:Kilogram
km^2	:Kilometrekare
l.	:Litre
m^3	:Metreküp

Mg(OH) ₂	:Magnezyumhidroksit
mg.	:Miligram
Mg ⁺⁺	:Magnezyum iyonu
MgCl ₂	:Magnezyumklorür
MgCO ₃	:Magnezyumkarbonat
MgO	:Magnezyumoksit
MgSO ₄	:Magnezyumsülfat
ml.	:Mililitre
mm.	:Milimetre
Mn	:Mangan
Mn ₃ O ₄	:Manganoksit
Mo	:Molibden
Na ⁺	:Sodyum iyonu
Na ₂ CO ₃	:Sodyumkarbonat
Na ₂ HPO ₄	:Sodyumbifosfat
Na ₂ O	:Sodyumoksit
Na ₂ SiO ₃	:Sodyumsilikat
Na ₂ SO ₄	:Sodyumsülfat
NaCl	:Sodyumklorür
(NH ₄) ₂ S	:Amonyumsülfür
(NH ₄) ₂ SO ₄	:Amonyumsülfat
NaHCO ₃	:Sodyumbikarbonat
NaHS	:Sodyumhidrosülfür
NaOH	:Sodyumhidroksit
NH ₄ Cl	:Amonyumklorür
NH ₄ OH	:Amonyumhidroksit
°C	:Santigradderece
P	:Fosfor
P ₂ O ₅	:Disülfürpentaoksit
Pb	:Kurşun
PbO	:Kurşunoksit
PbS	:Kurşunsülfür
pH	:Hidrojen iyonunun (-) logaritması

ppm	:=mg/lt
Q	:Toprağın gözeneklerinin apı
SiO ₂	:Silisyumdioksit
SO ₃	:Kkrtrioksit
t.	:Ton
TiO ₂	:Titandioksit
w/w	:Ağırlıkça oran
Wt	:Watt
Zn	:inko



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Siltli-Tınlı Bir Toprak Numunesinde Bulunan Kısımlar.....	8
Şekil 5.1	Petrol Rafinerisinde Uygulanan İşlemler ve Oluşan Atıklar.....	60
Şekil 6.1	TÜPRAŞ'a Ait Genel Akım Şeması	62
Şekil 6.2	Nötralizasyon Ünitesi Akım Şeması.....	65
Şekil 6.3	Sülfidik Kostik ve Fenolik Kostik Tanklarının Akım Şeması.....	67
Şekil 7.1	1. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	76
Şekil 7.2	2. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	77
Şekil 7.3	4. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	77
Şekil 7.4	5. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	78
Şekil 7.5	Deneme Kaplarındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	79
Şekil 7.6	Deneme Kaplarındaki Çim ve Marul Bitkisinin Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	79
Şekil 8.1	Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerindeki Kalsiyum (Ca) Miktarları.....	83
Şekil 8.2	Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Çim Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Kalsiyum (Ca) Miktarları.....	84
Şekil 8.3	Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Marul Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Kalsiyum (Ca) Miktarları.....	85
Şekil 8.4	Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerindeki Demir (Fe) Miktarları.....	86

Şekil 8.5	Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Çim Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Demir (Fe) Miktarları.....	87
Şekil 8.6	Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Marul Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Demir (Fe) Miktarları.....	88
Şekil 8.7	Deneme Kaplarında Yetişen Çimlerden Alınan Numunelerdeki Demir (Fe) Miktarları.....	89
Şekil 8.8	Deneme Kaplarında Yetişen Marullardan Alınan Numunelerdeki Demir (Fe) Miktarları.....	90
Şekil 8.9	Ekimler Yapılmadan Önce Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin pH Değerleri.....	91
Şekil 8.10	Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Çim Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerinin pH Değerleri.....	92
Şekil 8.11	Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Marul Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerinin pH Değerleri	93
Şekil 8.12	Deneme Kaplarının Üç Kademesindeki Toprak Numunelerinin pH Değişimlerinin Karşılaştırılması.....	94

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1	Türkiye’deki Çoraklık Sorunlu Alanların Dağılımı.....	14
Tablo 2.2	Arazi Yetenek Sınıfları ve Bu Sınıfların Kullanım Biçimleri.....	15
Tablo 2.3	Türkiye Arazi Varlığının Arazi Yetenek Sınıflarına Göre Dağılımı...	16
Tablo 3.1	Toprakların pH Durumlarına Göre Sınıflandırılması.....	17
Tablo 3.2	Toprakların Kireç Durumuna Göre Sınıflandırılması.....	18
Tablo 3.3	Gaziantep’in Oğuzeli İlçesinden Alınan Kırmızı-Kahverengi (Redish Brown) Bir Toprağın Tam Analizi.....	20
Tablo 3.4	Bölgelere Göre Toprakların Kireç Kapsamları.....	21
Tablo 4.1	Avrupa’da Arıtma Çamuru Uzaklaştırma Yöntemleri ve Miktarı.....	31
Tablo 4.2	1 Nisan 1983 Tarihli Alman Yönetmeliği’ne Göre Arıtma Çamurlarında Ağır Metal Standartları.....	33
Tablo 4.3	Avrupa Topluluğu Ülkelerinde Çamurda Bulunabilecek Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg kuru çamur).....	34
Tablo 4.4	Avrupa Ülkelerinde İzin Verilen Arıtma Çamuru Uygulama Miktarları	34
Tablo 4.5	Bertaraf Yöntemlerine Göre Endüstriyel Arıtma Çamuru Miktarları.....	36
Tablo 4.6	Endüstriyel Arıtma Çamurlarının Sınıflandırılması.....	36
Tablo 4.7	Toprakta Müsaade Edilen Maksimum Ağır Metal İçerikleri (kuru toprakta mg/kg olarak).....	40
Tablo 4.8	Bir Yılda Araziye Verilmesi Müsaade Edilecek Ağır Metal Yüğü (yılda hektar başına gram olarak)	40
Tablo 4.9	Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurunun Müsaade Edilebilecek Maksimum Ağır Metal İçerikleri	41
Tablo 4.10	Kanalizasyon Sularında mg/l olarak Gübre Elementleri	46
Tablo 4.11	Fermente Edilmiş Arıtma Çamurunun İçerdiği Maddeler.....	46

Tablo 4.12	Arıtma Çamuru, Çöp Kompostu ve Ahır Gübresinde Bulunan Gübre Elementleri (kg / 10 ton madde).....	47
Tablo 4.13	Arıtma Çamurları ve Ticari gübrelerdeki Nütrient Seviyelerinin Karşılaştırılması.....	49
Tablo 4.14	Farklı Arıtma Çamurlarının Tipik Nitrojen ve Fosfor İçerikleri.....	49
Tablo 5.1	Petrol Endüstrisinden Kaynaklanan Atığın Tipi ve Bu Atıkların Bileşimleri	54
Tablo 5.2	Petrol Rafinerisi Atıkları.....	55
Tablo 6.1	Nötralizasyon Ünitesine Giren Akımların Özellikleri-I.....	63
Tablo 6.2	Nötralizasyon Ünitesine Giren Akımların Özellikleri-II.....	63
Tablo 7.1	Toprak Analizi Sonuçları	68
Tablo 7.2	Kireç (kalker)in İçeriği.....	69
Tablo 7.3	Deneme Kaplarının İzlenme Periyotları.....	73
Tablo 8.1	Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin Ca Miktarları..	81
Tablo 8.2	Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin Ca Miktarları..	81
Tablo 8.3	Deneme Kaplarına Ekilen Çim ve Marul Bitkilerinde Fe Miktarları..	82
Tablo 8.4	Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin pH Değerleri..	82

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Petrokimya Endüstrisi, Kireçli toprak, Arıtma çamuru, Toprak ıslahı, Rekreasyon.

Çevre bilincinin artmasıyla, araştırmacılar endüstriyel işlemlerden çıkan arıtma çamurlarının nitelikleri ve değerlendirme olanakları ve sorunları ile ilgili çalışmalara yönelmişlerdir. Atıksu arıtımı konusunda gün geçtikçe artan talepler nedeniyle, arıtma çamuru miktarları önemli bir artış göstermiştir. Atıksuların arıtımından oluşan çamurların arıtım ve bertarafında izlenen stratejinin çevresel olarak kabul edilebilir, güvenilir ve ekonomik olması gerekir. Arıtma tesislerinde oluşan çamurlar, çeşitli kademelerde işlem gördükten sonra, son uzaklaştırma yeri olarak toprağa verilebilir, çöplerle birlikte işlenebilir veya toprak ıslahında kullanılabilir. Arıtma çamurlarının tarımda kullanımı ise birçok ülkede uzun yıllardır uygulanmaktadır. Başlangıçta kontrolsüz olan bu uygulamalar, arıtma çamurlarını çevreye uyumlu bir şekilde giderilmesinin taşıdığı önem nedeniyle zamanla konuyla ilgili direktiflerin yürürlüğe konmasıyla düzenli hale getirilmiştir.

Bu çalışmada, kireçli toprakların (pH>8-8.5) daha verimli olarak kullanılması amacıyla, petrokimya endüstrisinden kaynaklanan sülfürik asit içeren atıklarla bu tip topraklar üzerinde uygulama yapılarak, kireçli toprağın ıslah edilmesine üzerine deneysel bir araştırma yapılmıştır. Böylece sülfürik asit içerikli atık, üreten endüstrilerde varolan nötralizasyon gibi önemli bir ünitenin ya tamamen ortadan kalkmasına imkan sağlanacak yada bu ünitenin işletilmesi sırasındaki giderleri bir miktar azaltarak ilave bir harcamada bulunmadan bu atık bertaraf edilmiş olacaktır.

Yapılan deneyler sonucunda kireç içeriği yüksek olan, hatta taşlı toprak olarak da değerlendirilebilen bir bölgede, asit içerikli atık özellikle rekreasyon amacıyla yada yeşil alan olarak değerlendirilen alanlarda kullanıldığında çevreye zararı olmayacağı gibi, atığın güvenli ve ucuz bertarafında önemli bir adım olacağı ayrıca endüstri kuruluşu için ekonomik fayda sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

TO ARISE FROM PETROCHEMICAL INDUSTRY OF WASTES CONTAINED SULPHURIC ACID APPRECIATE ON LIMY SOILS FOR REFORMING THE SOIL

SUMMARY

Key Words: Petrochemical Industry, Limy Soil, Treatment Sludge, Soil Reform, Recreation

With increasing of environment conscious, researcher studies about characteristics, evaluation, possibilities and problems of treatment sludge that is taking from industrial processes. Because of increasing demands on subject of waste water treatment, quantity of treatment sludge shows an important increase. Treatment of sludge and following strategies about this, formed from water treatment is acceptable, economical and reliable as environmental. Sludges from treatment plants after kinds of processes can be given to soil or used for soil reforms or can be treat with garbage. Treatment sludge is used in agriculture in many countries for long years in the beginning treatment sludge was used out of control but then its important appeared and intructions according to this subject put in order.

In this study, aim is using of limy soils (pH > 8-8,5) more productive. For this, wastes contained sulphuric acid, from petrochemical industry, are processed on limy soils and an experimental research is made for reforming the soil. So waste is aside by industries produced wastes containing sulphuric acid., there will be a possibility of removing of neutralisation unit or more economic unit according to decreasing expenses in process of his waste in these industries.

According to results of experiments in a region they contains high limy soil, can be said that soil with stone, waste containing acid can be used in fields especially aim of recreation or evaluated as green frields. Experiments show that it isn't harmful for environment it is an important step in cheap aside and it can be economic for industrial founding.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde, kirliliği teknolojinin oluşturduğuna dair aşırı bir vurgulama bulunmaktadır. Kesin ve doğru olan husus, son yıllarda, bazı arzu edilmeyen ve etkileri çok uzun süreli olan kirleticilerle karşılaşmış olmamızdır. Endüstrinin oluşturduğu kirlilik yeni değildir, ancak günümüzde sorunun boyutları değişmiştir. Dünyanın birçok endüstrileşmiş ülkesinde ve ülkemizin de sanayileşmiş bölgelerinde nehirler, endüstri kuruluşları tarafından kirletilmektedir [9].

Çağımızın baş döndürücü bir hızla artan sanayileşme sürecinin neden olduğu çevre kirlilikleri, son yıllarda doğamızın ekolojik dengesini ve insan sağlığını ciddi biçimde tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Kullandığımız ve içtiğimiz su evsel ve endüstriyel atıksularla; soluduğumuz hava, fabrika bacalarından çıkan zehirli gaz ve tozlarla; üzerinde yaşadığımız topraklar, asit yağmurlarıyla sürekli bir kirlenme içindedir. Sanayileşmenin önüne geçilemeyeceğine göre yapılacak iş, sanayileşmenin neden olduğu çevre kirliliğini asgari boyutlara indirmek için gerekli önlemler almaktır [11].

Kirlenmeye genel olarak, çevreye gelişigüzel dökülen atıklar ile nehir ve akarsulara arıtılmadan bırakılan atık sular neden olmakta ve bunlar alıcı ortamları kirleterek insan, hayvan ve bitki sağlığına zarar vermektedir. Çevrenin korunması açısından kalıntıların veya atıkların, kapsamlı ve kalıcı bir şekilde çevreyle uyumlu hale getirilmeleri büyük önem taşır. Sanayi tesisleri ve konutlardan doğan atıksularda bulunan su ve atık çamurun yeniden kullanımı hem çevresel, hem de ekonomik ve politik açıdan değer taşımaktadır. Arıtma çamuru, meydana geldiği endüstriyel kuruluşun çeşidine göre, içinde organik bileşikler, asitler, alkaliler, metal tuzları, fenoller, oksitleyiciler, boyalar, yanıcı çözücüler, sülfatlar, sabunlar, sülfidler, merkaptanlar, polisülfatlar, sürfaktanlar, hidrokarbonlar, yağlar, kükürtdioksit, demir, bakır, alüminyum, amonyum klorür, metal tuzları (Hg, Cd, As, Co, Pb, Cr, vb.),

organik fosfor, azot gibi maddeler ve bileşikler içermektedir. Arıtma tesislerinde oluşan çamurlar, arıtmanın çeşitli kademelerinde işlem gördükten sonra, son işlem yeri olarak toprağa verilmekte, yakılabilmekte, denize deşarj edilebilmekte yada karasal dolgu materyali olarak kullanılabilir. Arıtma çamurlarının elden çıkarılması veya kullanımı endüstrileşmiş büyük şehirlerin en önemli problemidir. Eskiden olduğu gibi, bu çamurların yok edilmesi sırasında yeni kirliliklere yol açılmaması esastır. Giderek miktarları artan arıtma çamurlarının, hem çevreye en az zarar verecek şekilde bertarafı ve hemde içerdikleri besin elementlerinin madde dolanımına sokulması amacıyla bunları araziye vermek en uygun yöntemlerden biri olarak düşünülürse de bunların topraklara ve yeraltı sularına yapabileceği etkileri araştırmak ve buna göre arazide bertarafına karar vermek gerekir. Uygulama yapılacak bölgenin lokal koşulları, iklim, topografya, vs. dikkate alınmalıdır. Drenajı iyi olan ve yeraltı su seviyesinin çok yüksek olmadığı alanlarda uygulama yapılmalıdır. Hızlı sanayileşme ve kentleşmenin olduğu yerlerde bu konu daha büyük önem taşır.

Toprağın korunmasındaki yükümlülüğümüzün gereği tartışılmaz. Ancak ülkemizde, hali hazırda toprak kirlenmesine veya korunmasına ait kapsamlı bir yönetmelik veya tüzüğün bulunmaması, arıtma çamurlarının bertarafında veya tarımsal alanlarda kullanımında ülkemizi geliştirmiş olan ülkelere daha riskli duruma sokmaktadır. Yasal boşluklardan, denetim mekanizmasının yetersizliğinden ve ülkemize ait yeterli sayıda pratik ve bilimsel araştırma sonuçları ve istatistiklerin bulunmamasından dolayı arıtma çamurlarının bertarafı tesis sahibinin veya bu atığı kullanacak olan çiftçinin inisiyatifine bağlı olmaktadır. Aslında 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayalı olarak hazırlanan 14.03.1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yasal çerçeve oluşturulmuş görünmektedir. Ancak yukarıda sayılan nedenlerden dolayı yönetmeliğin uygulanmasında aksaklıklar olmaktadır[17].

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada, kireçli toprakların ($pH > 8-8.5$) daha verimli olarak kullanılması amacıyla, petrokimya endüstrisinden kaynaklanan sülfürik asit içeren atıklarla bu tip topraklar muamele edilerek, hem kireçli toprağın ıslah edilmesine katkıda bulunarak en azında yeşil alanlarda kullanımı mümkün hale getirilmekte, hem de bu tip endüstrilerde varolan nötralizasyon gibi önemli bir ünitenin ya

tamamen ortadan kalkmasına imkan sağlamak yada bu ünitenin işletilmesi sırasındaki giderleri az da olsa azaltmaktır. Böylece endüstri, ilave bir harcamada bulunmayarak bu atığı bertaraf etmiş olacaktır.

Materyal ve Metod

Bu amaca ulaşmak için öncelikli olarak deneysel çalışmanın yapılması gerekmektedir. Bu sebeple, 4 adet deneme kabı kurulmuştur. 1. deneme kabına 2000 g. toprak konularak ekimlerin yapılması için diğer deneme kapları hazırlanana kadar bekletilmiştir. 1. deneme kabı ilk kontrol kabımızdır. Daha sonra 2. deneme kabının hazırlıkları yapılmıştır. Hazırlanan pilot karışımlar neticesinde elde edilen sonuçlar ile asıl deneme kabının bileşenleri olan 2100 g. toprak ve 475 ml. arıtma çamuru büyük bir deney kabında homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. 4. deneme kabına ise, 800 g. toprak, 1100 g. kireç ve 1375 ml. atık asit kullanılarak deneme kabının bileşenleri hazır hale getirilmiştir. Son deneme kabı olan 5. deneme kabı ise ikinci bir kontrol amacı taşımaktadır. Bu deneme kabı kireç içeriği çok yüksek olan hatta kullanılması pek mümkün olmayan taşlı topraklardaki durumu gözleme şansını elde etmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu deneme kabı da 4. deneme kabında kullanıldığı gibi 800 g. toprak ve 1100 g. kireç karışımından oluşmaktadır. Bu bileşenler, büyük bir kap içinde birbirleriyle homojen bir karışım oluşturacak şekilde karıştırılmıştır. Bu deneme kaplarının kurulma aşamasında belirli oranlarda toprak, atık asit ve kireç kullanılmıştır. Bu oranlarla ilgili açıklamalar Bölüm 7'de daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Deneme kaplarının iki ayrı bölmesine biri yeşil olarak yenen bahçe bitkisi ve diğeri de yeşil alan amacıyla peyzajda kullanılan çim bitkisi ekilerek bu deneme kapları günlük olarak belirli bir süre izlenmiştir. Bu süre sonunda bitkiler analiz ettirildiğinde ortaya çıkan sonuçlar Bölüm 9'da açıklanmaktadır. Bu bağlamda kireç içeriği yüksek olan hatta taşlı toprak olarak da değerlendirilebilen bir bölgede sülfürik asit içerikli atık uygulamasıyla hem endüstrilere, hem de yeşil alanlara faydalı olacaktır.

BÖLÜM 2. TOPRAK

2.1 Toprak Bilimi ve Toprağın Tanımı

Arkeolojik araştırmalar, toprağın insanlar tarafından bitki yetiştirmek amacıyla kullanılmasının milattan en az 8000 yıl önce başladığına işaret etmektedir. Bugün toprak bilimi, toprağın oluşumu, orijini ve sistematigi ötesinde tarım, ormancılık, bitki besleme ve teknoloji yönünden toprağın bütün özelliklerini içine alan bir terim içeriğini kazanmıştır. Toprak biliminin Türkiye'deki tarihi çok yenidir. Toprağın fonksiyonlarına bağlı olarak pek çok farklı tanımını yapmak mümkündür [1].

Toprak; kayaların ve organik artıkların parçalanarak ayrışması sonucu oluşan, yeryüzünün ince bir tabaka halinde kaplayan, kolayca yok edilebilir, yeniden üretilemeyen canlı, doğal bir kaynaktır [18].

Toprak tarımsal açıdan, bitki beslenmesi ve kök oluşumu için doğal bir ortamdır. Fiziksel bakımdan ise katı maddelerin arasını bir ađ gibi saran, içi su ve hava ile dolu gözenekli ve kapillar bir sistem olarak kabul edilmektedir. Bu sistem başta bitkiler olmak üzere toprak organizmalarının tümüne besin maddesi, su, hava ve mekan sağlamaktadır [2].

Toprağın tanımı, içinde farklı tanımları da barındırmaktadır. Mesela; toprak tekstürü veya tane boyutu sınıfı denince toprakların tane büyüklüğü bakımından bileşimi anlaşılmaktadır. Başka bir anlatımla tekstür; kum, toz ve kil tane boyutu sınıflarının katışma oranlarına göre toprağın tanelilik özelliğini ifade etmektedir [5].

Toprak reaksiyonu ise topraktaki bitki besin elementlerinin bitkilere elverişliliği yönünden toprağın önemli bir özelliğidir [1].

Toprak "pedology" adı altında, toprağın oluşumu, orijini ve coğrafik dağılışlarını gösteren bağımsız bir ünite olarak ilk defa Rus toprak bilginleri tarafından ele alınmıştır. Pedology kelimesinin kökeni Rusça'dır. Ped=Toprak, logy=Bilim anlamına gelmektedir [1].

Ülkemiz topraklarının büyük çoğunluğu alkalın reaksiyonda olup %85.8'i alkalın ve %3.7'si de kuvvetli alkalın reaksiyondadır. Bu durum, kireç kapsamalarının yüksek olmasının ve ülkemizin büyük kısmının kurak ve yarı kurak iklim koşullarının etkisi altında bulunmasının bir sonucudur [1].

2.2 Toprağın Genel Yapısı ve Oluşumu

Her toprak, mekanik ve kimyasal bileşimini ve fiziksel özelliklerini yansıtan renk, bünye, yapı, gözenek, kök sistemleri vb. gibi belirli dış veya morfolojik özelliklere sahiptir [20].

Yağış ve canlıların etkisi ile anakara, yüzyıllar içinde ayrışır ve ana madde oluşur. İklim ve canlılar, topografik özelliklere bağlı olarak zaman içinde ana maddeden toprağı oluşturur. 1 cm. kalınlıkta toprak birkaç yüzyılda oluşabildiğı gibi binlerce yılda da oluşabilir [20].

Şu halde toprak; atmosfer, hidrosfer ve biyosfer ile temas halinde bulunan yeryüzüne çıkmış, kayalar, mineraller ve organik maddelerden ibaret toprak ana materyalinin fiziksel parçalanma ve kimyasal ayrışması sonucunda oluşmaktadır. Bu oluşumda az çok birbirini izleyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar büyük rol oynarlar. Fiziksel parçalanma olaylarının başında, sıcaklık değışmeleri, ıslanma-kuruma, donma-çözülme , bitki köklerinin ve diğere canlıların mekanik etkileri olmak üzere, materyal üzerindeki basıncın azalması, tuz bırakması ve tuzların hidrasyon, akarsu, buzul ve rüzgarların etkileri sayılabilir [2].

Toprak oluşumuna hizmet eden kimyasal olayları da, oksidasyon, redüksiyon, hidroliz, hidrasyon-dehidrasyon, kompleksleşme, karbonatlaşma ve çözünme şeklinde sıralamak mümkündür. [2]

Biyolojik olaylar ise etkinliklerinin parçalanma ve ayrışmaya katkıda bulunmak suretiyle gösterirler [2].

Fiziksel parçalanma ve kimyasal ayrışma, uzunca bir zaman süresi içerisinde, belli topografyaya, iklim ve bitki örtüsüne sahip bir ana materyal üzerinde gerçekleşir. İnorganik ve organik ana materyalden toprağın oluşmasını sağlayan litosfer, biyosfer, hidrosfer ve atmosfere ilişkin bu etkenlere toprak oluş faktörleri adı verilmektedir. Bunlar; a)materyal, b)iklim, c)organizma, d)topografya, e)zaman'dır [2].

Topraklar esas itibariyle dört farklı yapı maddesinden meydana gelmişlerdir. Daha çok inorganik ve az miktarda da organik maddelerden ibaret katı kısım, genel toprak hacminin yaklaşık yarısını oluşturur. Mineral madde, ana maddelerden ayrılmış bütün mineralleri olduğu kadar, toprak çözeltisindeki maddelerde oluşmuş mineralleri de içerir. Organik madde ise çoğunlukla çürüyen bitkisel maddelerden meydana gelir. [20] Geriye kalan kısım ise, birbirlerine karşı değişen oranlarda su ve hava içeren gözenek boşluklarıdır [2].

Topraklar aşağıdaki şu kısımlardan meydana gelmiştir:

1-Mineral Parçacıklar

Mineral parçacıklar kimyasal yapı ve büyüklük bakımından çok değişiklik gösterirler. Büyük taşlar, çakıl, kum, silt, kil ve çözülebilen tuzlardan ibaret olup toprağın esas maddesini oluştururlar. Mineral maddeler, kayaların ve ana materyalin parçalanması ve ayrışması ile meydana gelmişlerdir.

2-Toprak Organik Maddesi

Bunlar bitki ve hayvan artıklarının toprakta birikmesinden meydana gelmişlerdir. Bunlar arasında toprağa henüz düşmüş yapraklar, kök ve çeşitli bitki artıkları, toprağın içinde ve üzerinde yaşayan sayısız hayvanların artıkları yer alır. Bunlardan bir kısmı fazla ayrışmamıştır. Orijinlerini teşhis etmek mümkündür. Diğer bir kısım materyal ayrışmaya uğrayarak ayrışmanın çeşitli kimyasal safhalarında bulunurlar. Bunların orijinal yapılarını saptamak mümkün değildir. Kompleks bir yapı gösterirler.

3-Toprağın Canlı Kısmı

Toprakta yaşayan canlılar çok çeşitlidir. Toprak canlıları, bakteriler, mantarlar, algler, protozoalar, insektler, toprak solucanları, çeşitli larvalar ve yüksek (uzun) bitkilerin köklerini içine alır.

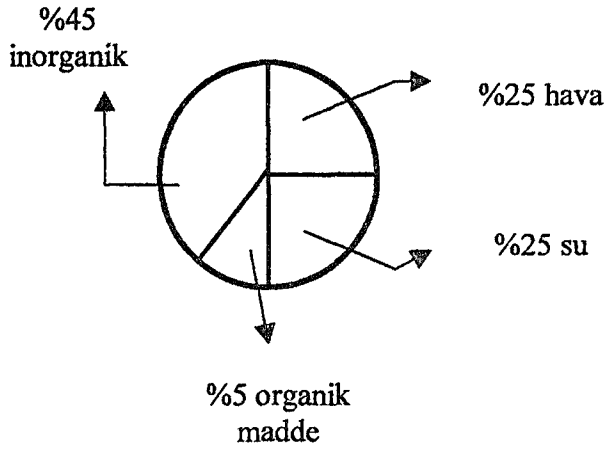
4-Su

Su, toprağın sıvı fazını meydana getirir. Toprak suyu, gerek toprak içinde serbest halde bulunan ve gerekse toprak zerrelere belli yüzey kuvveti ile bağlı bulunan sudan oluşur. Bizzat suyun etkisi veya suda erimiş karbonik asidin eritici özelliği sebebi ile toprak-suyu, az veya çok çözünmüş tuzları ve organik maddeleri içerir. Suyun çözdüğü tuzlar konsantrasyonu topraktan toprağa ve mevsimden mevsime değişiklik gösterir.

5-Hava

Bu, toprağın zerreleri arasında ve toprak zerreleri içindeki porları dolduran havadan ibarettir. Toprak havası bileşim olarak atmosferdeki havadan farklıdır. Daha fazla karbondioksit içerir.

Toprağı oluşturan çeşitli maddeler, oransal olarak çok değişiklik gösterirler. Bazen bir madde diğerlerine nazaran çok fazla ve çok az oranlarda bulunabilir. Çeşitli maddelerin topraktaki oranları hakkında bir fikir vermek üzere, bitki gelişmesine uygun, ortalama bir toprakta bulunan çeşitli maddelerin hacimsel oranları şematik olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Şekil 2.1'den de anlaşılacağı gibi, siltli-tınlı bir toprak hacim bakımından %50 oranında katı maddeler ve %50 oranında por adını verdiğimiz boşlukları içerir. Por olarak da adlandırılan boşluklar hacim olarak kumlu topraklarda daha az, daha killi yapıdaki topraklardan daha fazladır.



Şekil 2.1 Siltli-Tınlı Bir Toprak Numunesinde Bulunan Kısımlar

Katı kısım= %50 (katı faz)

* İnorganik madde =%45

* Organik madde =%5

Gözenek boşlukları = %50

* Sıvı =%25 (sıvı faz)

* Hava =%25 (gaz faz)

2.3 Toprak Profili

Toprak profili, bütün genetik toprak horizonlarını ana materyali veya toprağın meydana gelmesine veya özelliklerine etki yapan tabakaları içeren, toprağın dikine bir kesitidir. Toprak profili, çeşitli horizonları ve tabakaları içerir. Toprak horizonu ise toprak teşkil edici olayların ortaya çıkardığı özellikleri taşıyan az çok toprak yüzüne paralel bulunan bir toprak tabakasıdır.

Toprak profilleri bir çok yönlerden farklılık göstermekle beraber profillerin çoğu iki veya daha fazla horizon tarafından karakterize edilebilir. Genel olarak, olgunlaşmış topraklarda üç esas horizon kabul edilmekte ve bunlar harflerle gösterilmektedir. Bir toprak profili, başlıca horizonlarına ait genel özellikler aşağıda verilmiştir.

A horizonu: Bu horizon bitki kökleri, yaprakları ve sapsı gibi bitki artıkları ve diğer organik maddelerin en fazla bulunduğu tabakadır. Toprak oluş işlemlerinin bir

sonucu olarak içerdiği orijinal maddelerin bir kısmını kaybetmiştir. A horizonundan kaybolan veya yıkanan maddeler ayrışma ürünü olan çeşitli tuzlar, mineral ve organik kolloidlerin bir kısmı, alüminyum ve demir oksitlerdir. Bu şekilde çözülmüş veya süspansiyon halindeki maddelerin yıkanmasına elüviyasyon denir ve A horizonu da elüviyal horizontur. A horizonu bir çok alt horizontan oluşur.

B Horizontu; B horizonu, birikme horizonu adını almaktadır. Kurak bölgelerde kalsiyum karbonat, kalsiyum sülfat ve diğer tuzlar B horizonunda birikebilmektedir. B horizonu, B₁, B₂, B₃ harfleri ile gösterilen alt horizontlara ayrılmaktadır.

C Horizontu; Bu horizon, toprak materyali veya toprak ana materyali oluşturan tabakadır. Gevşemiş ve dağılmış bir tabakadır. Genellikle kimyasal, fiziksel ve mineralojik yapı bakımından üstündeki toprak tabakasına benzerlik gösteren ve hiç olmazsa üstündeki toprağın bir kısmının bundan meydana geldiği kabul edilen horizontur. Organizmaların pek az etkisi altında kalmış tabakadır. C horizonu bazen ana kayadan meydana gelebilir.

D Tabakası

C horizonunun altında bulunan ve toprak materyaline benzemeyen herhangi bir tabakadır. Bazı toprak profillerinde C horizonu yoktur. D tabakası doğrudan doğruya B horizonunun altında bulunabilir.

2.4 Toprak Strüktürü

Toprak strüktürü veya yapısı denince, katı toprak parçacıklarının istiflenme düzenini ve buna bağlı olarak toprak gözenek sisteminin şekli anlaşılmaktadır. Burada söz konusu edilen katı toprak parçacıkları terimi, kum, toz ve kil gibi birincil elemanlarla, bunların birbirine yapışmasından meydana gelen kırıntıları kapsamaktadır [5].

Toprakta iki çeşit parçacık vardır. Biri, primer toprak parçacıdır ki birbirine yapışmamış, ayrı ayrı bulunan kum, silt veya kil parçacıklarıdır[1]. Primer parçacıkların toprak içindeki oranı toprağın tekstürünü veya mekanik yapısını

oluşturmaktadır. Fakat toprağı oluşturan bu primer toprak tanecikleri, az veya çok bir kuvvetle birbirine yapışmak ve kümeler meydana getirmek eğilimindedirler. Primer toprak parçacıkları birbirleri ile birleşerek veya birbirine yapışarak agregatları veya strüktür ünitelerini meydana getirirler. Primer toprak parçacıklarının strüktür ünitelerini oluşturarak birleşmeleri sonucunda ortaya çıkan toprak, fiziksel toprak kitlesinden tamamen farklıdır. Bu sebeple, toprak profilinde çeşitli horizonların strüktürü de renk, tekstür ve kimyasal birleşim gibi önemli bir özelliktir. Strüktür toprağın su geçirgenliği, su kapasitesi, havalanma durumu bitki besin maddelerinin elverişlilik derecesi, mikroorganizmaların aktivitesi köklerin toprağı girişi ve sonuç olarak da toprakta bitki gelişmesi ile yakından ilgilidir. Bu yüzden, toprak strüktürünün yakından incelenmesine ve bilinmesine ihtiyaç vardır [1].

2.5 Toprağın Kirlenmesi

Toprak kirlenmesinin incelenmesinde, müşterek tesirlerin beraber incelenmesi gereklidir. Gerçekte toprak; çevre bileşeni olarak havadan da sudan da daha önemlidir. Çünkü, insan faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bileşenlerin başında mekan gelir. Ayrıca, besin maddelerinin tamamı toprakta yetişmektedir. Aynı şekilde, evcil hayvanların hemen hepsi karada beslenir. Bunun için de insan hayatında toprağın önemi büyüktür [6].

Toprak kirliliği; toprağın, özellikle insan etkinlikleri sonucu oluşan çeşitli bileşikler tarafından bulaştırılmasını takiben, toprakta yaşayan canlılar ile yetişen ve yetiştirilen bitkilere veya bu bitkilerle beslenen canlılara toksik etkide bulunacak ve zarar verecek düzeyde anormal fonksiyonda bulunmasını, toprağı eklenen kimyasal materyalin toprağın özümleme kapasitesinin üzerine çıkması, toprağın verim kapasitesinin düşmesidir [18].

2.6 Türkiye Toprakları

2.6.1 Doğal sınıflama sistemine göre Türkiye'nin büyük toprak grupları

Kahverengi topraklar:

Anadolu platosunun yaygın ve hakim topraklarıdır. Grimsi kahverengi ile kahverengi arasında değişen, fazla kireç içeren, 45-60 cm. derinlikte kireç birikme horizonuna

geçilen, alt katları daha kireçli olan topraklardır. Çeşitli eğimlerdeki kahverengi toprakların toplam alanı, yaklaşık olarak 1 629 900 hektardır. Kahverengi topraklar ülkemizde bütün bölgelerde bulunur. Ancak en yaygın olduğu bölgelerimiz, Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'dur [1].

Kırmızımsı kahverengi topraklar:

Kırmızımsı kahverengi ve açık kahverengi arasında değişen granüler yapıdaki üst toprağın altında granüler, killi alt toprak bulunur. Yüzeyden 60 cm. kadar derinlikte bir kalsiyum karbonat birikme horizonu bulunur. Genellikle Anadolu Platosu'nun güney kısımları ile Güney Doğu Anadolu'da bulunmaktadır. Yaklaşık olarak 4 130 200 hektarlık alanı kaplamaktadır [1].

Kestanerengi topraklar:

Renkleri koyu kahverengiden grimsi kahverengiye kadar değişmektedir. Granüler, alkalın reaksiyonlu bir yüzey horizonu, zayıf prizmatik strüktürlü killi bir alt toprak horizonu ve alt kısımlarda, 45-90 cm. derinliklerde CaCO_3 birikme horizonu bulunmaktadır. Koşulların uygun olduğu yerlerde dağılmış olmak üzere 895 000 hektar kadar alanda yer almaktadır [1].

Kırmızımsı kestane renkli topraklar:

Kestane renkli topraklara nazaran biraz daha sıcak bölgelerde yer almaktadır. Yayılma alanları daha sınırlıdır. Ülkemizde, koşulların uygun olduğu yerlerde 67 000 hektar kadar alanı kapladıkları tahmin edilmektedir [1].

Terra Rossa (Akdeniz kırmızı toprakları):

Ülkemizde Akdeniz iklimi etkisinin bulunduğu bölgelerde, daha çok kalker veya kireç bakımından zengin toprak materyalinden oluşan parlak kırmızı renkli topraklardır. Ülkemizde 215 000 hektarlık bir alanı kapladığı tahmin edilmektedir [1].

Sierozem (Gri çöl toprakları):

Topraklar açık renkli olup soluk kahverengi ile açık gri arasında değişir. Toprak materyali kireçli alüvyal materyal, kalker ve kalişten oluşmaktadır. Ülkemizde, daha

çok Orta Anadolu'nun güneyinde daha çok kahverengi topraklarla yanyana bulunmaktadır. Ancak sulama uygulanarak tarım yapılabilir. [1]

Grumusollar:

Kireçsiz kahverengi ve rendzina toprakların buldukları yerlerde raslanan derin koyu renkli, killi, ıslanınca şişen, kuruduğu zaman büzülen ve çatlayan topraklardır. Genel olarak verimli topraklardır. Daha çok Trakya Bölgesinde ve Marmara Denizi'nin güneyinde bulunmaktadır. Ülkemizde yaklaşık olarak 700.000 hektar kadar bir alanı kapladığı tahmin edilmektedir. [1]

Rendzina topraklar:

Rendzinalar yüzeysel topraklar olup koyu gri ile koyu grimsi kahverengi renkteki kireçli , granüler ve killi üst toprak tabakasının 30-45 cm. altında yumuşak, çok kireçli marn veya yumuşak kireç taşlarından oluşan ana materyal bulunur. Ülkemizde rendzinalar genellikle, Trakya'da ve Marmara Denizi'nin güneyinde yer almaktadır. Ülkemizde 80.000 hektar kadar bir alan kapladıkları tahmin edilmektedir [1].

Kireçsiz kahverengi topraklar:

Kahverengi ve açık kırmızı kahverengi granüler strüktürde nötr veya hafif asit reaksiyonda bir üst toprak ve bunun altında kırmızı kahverengi daha sıkı yapıdaki bir alt toprak yer almaktadır. En fazla bulunduğu bölge Trakya'dır. Ülkemizde yaklaşık olarak 500.000 hektarlık alan kapladığı tahmin edilmektedir [1].

Kahverengi orman toprakları:

Organik maddece zengin, granüler strüktürde, hafif asit reaksiyonda, koyu renkli üst toprağıdır. Ana materyal, kireççe zengin kil, mikaşist veya gnaystır. Yüzeysel genç toprakları oluştururlar. Daha çok Karadeniz Bölgesinde bulunmaktadır. Ülkemizde 50.000 hektardan fazla bir alanı kaplamaktadır [1].

Kırmızımsı çayır toprakları:

Terra Rossa ile benzerlikleri bulunan bu topraklar kırmızımsı kahverengiden kahverengiye kadar değişen, nötr veya alkalın reaksiyonda bir üst toprağı ve bunun altında alkalın reaksiyonda kırmızımsı, kumlu kil ve kil tekstüründe alt toprağı içerir.

Daha çok Akdeniz Bölgesindeki denize yakın teraslar üzerinde oluşmuşlardır. Ülkemizde 80.000 hektar kadar alanı kapladıkları tahmin edilmektedir [1].

Podzolik topraklar:

Ülkemizde bulunan podzolik topraklar gri-kahverengi ve kırmızı podzolik topraklardır. Bunların belirgin özellikleri üstte organik maddece zengin, gri-kahverengi veya kırmızı, fazla yıkanmış ve çeşitli çözünebilir maddeleri ve kolloidleri kaybetmiş bir üst toprak horizonu, bunun altında asit reaksiyonda kırmızı kahverengi bir birikme horizonu bulunmaktadır. Kırmızı podzolik topraklar, daha çok Akdeniz Bölgesinde yer almaktadır [1].

Allüviyal topraklar:

Ülkemizde, akarsuların vadilerinde, deltalarda nispeten yakın zamanlarda akarsular tarafından taşınarak biriktirilmiş materyaller üzerinde oluşmuş genç ve verimli topraklardır. Kuru ziraatte ve sulu ziraatte en yoğun olarak kullanılan topraklardır. Ülkemizde allüviyal toprakların 3 800 000 hektarlık alanı kapladığı tahmin edilmektedir [1].

Halomorfik (çorak) topraklar:

Bunlar düz topoğrafyalı, taban arazilerde, yağış miktarı az ve buharlaşma oranı yüksek olan kapalı havzalarda, yerel faktörlerin etkisi altında oluşan ve yerel faktörlere bağlı özellik gösteren topraklardır. İçerdikleri tuz miktarı ve değişebilir sodyum oranı ve reaksiyon (pH) değerine göre tuzlu topraklar, alkali (sodik) topraklar ve tuzlu-alkali topraklar olarak belirlenmişlerdir. Ülkemizde tuzlu ve alkali toprakların toplam miktarı 1.5 milyon hektardır [1].

Hidromorfik topraklar:

Taban suyu yüksek, drenajı zayıf; senenin önemli kısmında su altında bulunan ve gür bir vegetasyonun oluşumuna elverişli, düz topoğrafyalı arazilerde oluşmuş olan ve özellikleri yerel koşullara bağlı topraklardır. Özellikle sebzeçilikte önem taşırlar. Ülkemizde yerel olarak oldukça sınırlı alanlarda organik topraklar bulunmaktadır [1].

2.6.2 Ülkemiz topraklarındaki sorunlar ve tarım

Tarım topraklarımızdaki ürün düşüklüğü ve üretkenlik zafiyetinin pek çok nedenleri vardır. En önemlileri, toprağa uygun tarım tekniklerinin uygulanmaması, bitki ekim nöbeti, gübreleme, ilaçlama, bakım konularında hata ve eksiklikler bulunması, ahır gübrelemesinin ihmal edilmesi, yeşil gübreleme yapılmaması, bütün bunlara bağlı olarak tarım topraklarımızın fiziksel gücünün yetersiz olmasıdır [1].

Tarım topraklarımızın kayıp edilmesi ise, erozyonla aşınıp taşınması, yetersiz drenaj ve çoraklaşma sebebiyle yararlanılmaz duruma gelmesi, tarımsal amaç dışında kullanılarak elden çıkması, kirlenerek bozulmasından ileri gelmektedir [1].

Çorak alanların dağılımı, çoraklık derecesi ile arazi kullanma kabiliyeti derecesinin karşılıklı değişimi Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Türkiye’deki Çoraklık Sorunlu Alanların Dağılımı [9]

Çoraklık Derecesi	Arazi Kullanma Kabiliyeti Derecesi		
	II – III – IV	V – VI - VII	Toplam
Hafif Tuzlu	526.828	86.802	613.638
Tuzlu	125.050	369.552	494.603
Alkali	2.911	5.730	8.641
Hafif Tuzlu Alkali	99.363	26.500	125.863
Tuzlu Alkali	79.253	191.655	270.908
Toplam	833.405	680.240	1.513.645

Ülkemizde tarım yapılabilen arazilerin kullanımı ve yeteneklerine göre bir dağılımı söz konusudur. Bu dağılım, tarımsal üretimin iyi veya yetersiz olma durumuna göre değişmektedir. Bu değişim Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2 Arazi Yetenek Sınıfları ve Bu Sınıfların Kullanım Biçimleri

Arazi Yetenek Sınıfı	Kullanım Biçimi
I. Sınıf Araziler	Tarımsal üretimde (en iyi)
II. Sınıf Araziler	Tarımsal üretimde (iyi-orta)
III. Sınıf Araziler	Tarımsal üretimde (orta)
IV. Sınıf Araziler	Tarımsal üretimde (yetersiz)
*V. Sınıf Araziler	*Özel Sınıf
VI. Sınıf Araziler	Orman, Çayır, Mera, Fundalık
VII. Sınıf Araziler	Orman, Çayır, Mera, Fundalık
VIII. Sınıf Araziler	Şehir, Sanayi, Turizm ve Diğer

* Özel sınıf olarak belirtilen bu tür araziler daha detaylı araştırmalara dayalı ıslah projeleri uygulandığında özellikleri iyileşebilecekse tarım arazileri haline dönüştürülmesi gereken, yani sistemin ilk dört sınıfından birisine dahil edilmesi gereken, eğer özellikleri ıslah edilerek düzeltilemeyecek düzeyde ise VI. ve VII. sınıfa verilerek doğal hayata terk edilmesi gereken arazileri kapsamaktadır.

I. sınıf araziler, kullanımları yönünden sorunsuz sayılabilecek tarım arazileridir. Ancak II. sınıf araziden itibaren IV. sınıfına kadar olan arazilerde tarımsal üretimin gerçekleştirilmesinde giderek artan oran ve şiddette sorunlar mevcuttur ve bu topraklarda artık her türlü bitkisel üretim güvenceyle yapılamamaktadır. Bu topraklarda tarım yapılması için bilimsel ve teknik kurallarının daha özenle hazırlanması ve bu kuralların bu arazilerde mutlaka uygulanması gerekmektedir. Sistemin VI. ve VII. sınıflarında yeralan araziler ise orman, çayır-mera, otlak, maki ve fundalık gelişimine uygun olan özelliklere sahiptir ve adı geçen bu kullanımlar dışındaki hiçbir kullanım şekline de uygun değildir [8].

Türkiye'deki arazi varlığının arazi yetenek sınıflarına göre dağılımı ise Tablo 2.3'de verilmektedir.

Tablo 2.3 Türkiye Arazi Varlığının Arazi Yetenek Sınıflarına Göre Dağılımı

Arazi Yetenek Sınıfı	Hektar	%
I. sınıf araziler (sorunu yok veya çok az)	5 012 537	6.5
II. sınıf araziler (bazı sorunlara sahip)	6 758 702	8.8
III. sınıf araziler (ciddi sorunlara sahip)	7 574 330	9.7
IV. sınıf araziler (çok ciddi sorunlara sahip)	7 201 016	9.5
Tarım Arazisi Toplamı	26 546 585	34.6
V. sınıf araziler	165 547	0.2
VI. sınıf araziler (genellikle dik eğimli)	10 238 533	13.3
VII. sınıf araziler (genellikle çok dik eğimli)	36 288 553	47.4
Orman, çayır-mera, arazisi toplamı	46 692 633	60.09
VIII. sınıf araziler	3 455 513	4.6
Toplam Arazi Varlığı	76 694 731	100.0

BÖLÜM 3. ÇORAK TOPRAKLAR

3.1 Çorak Toprakların Yapısı

Topraktaki bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyecek oranda değişebilir sodyum, çözünebilir tuz veya bunların ikisini birlikte içeren topraklara çorak topraklar denir. Bu topraklarda çözünebilir tuzların fazlalığı ve değişebilir sodyumun yüksek oluşu genellikle bir çok bitkinin yetişmesine engel olur. Hatta bazen bu topraklarda hiçbir bitki yetişmez. Dünya kültür arazisinin %25'inde, Türkiye topraklarının ise %2'sinde çoraklık sorunu bulunmaktadır [9].

Değişebilir katyonların çoğunu Ca^{++} ve Mg^{++} teşkil eder, Na^+ ve K^+ daha azdır. Bu sebeple hafif kalevi (kireçli)'dir. pH nadiren 8'in üzerine çıkar. Tuz konsantrasyonunun fazlalığı, toprak granüllerinin parçalanıp dispers olmasına mani olur. Bu sebeple solancakların fiziki karakterleri iyidir. İyi bir drenaj sistemi tesis edilip de tuzlar yıkanırsa bu tip çorak topraklardan faydalanmak mümkün olur [19].

Topraklar pH değerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmada, toprağın genel yapısı içindeki organik ve inorganik maddelerin değişimi büyük önem taşımaktadır. Tablo 3.1'de toprakların pH derecesi ve bu pH derecesindeki pH değerlerinin değişim aralıkları verilmiştir.

Tablo 3.1 Toprakların pH Durumlarına Göre Sınıflandırılması

pH Derecesi	pH Değerleri
Nötr	6.6-7.5
Hafif Kalevi	7.6-7.8
Orta Kalevi	7.9-8.4
Kuvvetli Kalevi	8.5-9.4
Çok Kuvvetli Kalevi	9.4 den fazla

Toprağın içinde bulunan çeşitli maddeler oransal olarak değişiklik gösterirler. Bazen bir madde diğerlerine nazaran çok fazla ve çok az oranlarda bulunabilir. Toprağı oluşturan maddeler içindeki kireç miktarı % olarak az veya çok olma durumuna göre Tablo 3.2'deki gibi bir sınıflandırma yapılmaktadır.

Tablo 3.2 Toprakların Kireç Durumuna Göre Sınıflandırılması

Sınıfı	Kireç %
Kireççe Fakir	1-2.5
Kireçli	2.5-5.0
Kireççe Zengin	5.0-10.0
Marnlı	10.0-20.0
Kireçli Topraklar	25.0-50.0
Saf Kireçli	50.0 den fazla

Topraktaki Ca^{++} konsantrasyonunun yüksek olması arzu edilir. Zira yüksek kalsiyum konsantrasyonu sodik topraklardaki Na ve asit topraklardaki Al gibi diğer bazı değişebilir katyonların düşük konsantrasyonları ile eşdeğer bir davranış gösterir. Bu nedenle, asit topraklar ile sodik toprakların ıslahında esas amaç, Al ve Na'un kalsiyum ile yer değiştirmesini sağlamaktır [3].

Değişebilir bir katyon olarak Ca çok önemli olmakla beraber, kireçtaşının ayrışmasından oluşan topraklar verimli olmayabilirler. Zira kireçtaşının parçalanması sonucu ortaya sadece Ca^{++} ve HCO_3^- açığa çıkar. Ve bu iyonlar da yıkanarak topraktan uzaklaştırılabilirler. Kireç taşının ayrışmasından oluşan toprakların ana materyalde silikat minerallerinin bulunması ile Ca miktarı artar [3].

3.1.1 Çorak Toprakların da Yapısında Varolan Kireç

Kireç, doğada kireçtaşı veya kalker olarak bulunan kayaçların belli ebatlara indirgendikten sonra fırınlarda yakılmasıyla elde edilir. (Kalsinasyon)

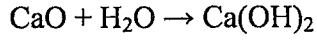
Kireçtaşı + Yakıt → Kireç (sönmemiş) + Karbondioksit ↑

$CaCO_3 + 900^{\circ}C \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow \dots\dots\dots$ (Formül No:1)

100 gr. + 42 400 cal. → 56 gr. + 44gr. [11]

Elde edilen sönmemiş kireç, higroskopik özelliklere sahiptir ve suyla reaksiyona girerek toz halindeki sönmüş kirece dönüşmektedir.

Sönmemiş Kireç + Su → Kireç (sönmüş)



56 gr. + 18 gr. → 74 gr. [11]

Topraktaki kalsiyum çok değişik miktarlarda bulunur. Kalsiyum kurak bölge topraklarında genellikle fazladır. Nemli bölge topraklarında daha azdır ve azlığı toprakların asitleşmesine sebep olur [1].

CaCO_3 ise (yarı nemli bölgelerde daha az olmak üzere) yarı nemli ve kurak bölgelerde CaCO_3 toprakta çökelmiş konumdadır. Toprakta CaCO_3 'ün çökmesi; toprak suyunun hareketi, kökler ve mikroplarca üretilen CO_2 düzeyi atmosfere olan CO_2 difüzyonu ve toprak çözeltisindeki Ca konsantrasyonu gibi faktörlerin etkisi altındadır. Topraktaki bazı kalsiyum minerallerinin çözünürlüğü, pH ve toprak çözeltisindeki Ca konsantrasyonu arasında şöyle bir ilişki vardır. pH değeri arttıkça topraktaki CaCO_3 'ün çökmesi hızlanmakta ve pH 8.5'dan sonra hemen hemen CaCO_3 'ün tamamına yakın bir kısmı çökerek inaktif duruma geçmektedir. Bu arada da toprak çözeltisindeki Ca konsantrasyonu aşırı derecede azalmaktadır [3].

Ülkemiz topraklarının içerdikleri elementler ve oranları daha öncede belirtildiği gibi birbirinden farklıdır. Bir örnekle belirtmek gerekirse, Güneydoğu Anadolu Bölgesinden çeşitli derinliklerde alınan bir toprak numunesinin tam analiz sonuçları Tablo 3.3'de verilmiştir. Farklı derinliklerden alınan numunelerde bir takım parametreler derinlik arttıkça azalırken, bazıları artmakta, bazıları sabit kalmakta ve bazılarında da dalgalanmalar olmaktadır.

Tablo 3.3 Gaziantep'in Oğuzeli İlçesinden Alınan Kırmızı-Kahverengi (Redish Brown) Bir Toprağın Tam Analizi

	I (0-40 cm)	II (40-50 cm)	III (50cm'den aşağı)
SiO ₂	22.95	3.55	2.89
Al ₂ O ₃	8.74	2.86	4.01
Fe ₂ O ₃	4.27	0.91	0.55
Mn ₃ O ₄	0.03	Eser	Eser
TiO ₂	0.35	Eser	Eser
CaO	31.75	49.66	49.66
MgO	0.65	0.61	0.51
K ₂ O	0.67	0.06	0.05
Na ₂ O	0.17	0.08	0.1
SO ₃	Eser	Eser	Eser
P ₂ O ₅	0.16	0.04	0.06
CO ₂	24.58	38.99	38.99
Yanma Eksilmesi	5.94	3.00	3.60
Toplam	100.36	99.75	100.41
Yanma Eksilmesi H ₂ O (105 °C de)	3.76	0.73	0.63
Organik Madde (Humus)	0.73	-	-
Kimyasal Bağlı Su	1.45	2.27	2.97

3.2 Türkiye Topraklarının Demir Durumu

Demir, minör elementler arasında sayılmakla beraber, arz kabuğunda en fazla bulunan elementler arasında dördüncü sırayı alır. Bununla beraber, bitkiler tarafından az miktarda alınır. Bitkilerin çoğunda demir miktarı bor, manganez veya çinko gibi minör elementlerden azdır [1].

Demir, klorofilin oluşumu için lüzumludur. Demir noksanlığında klorofil iyi oluşmaz ve bitkilerde kolayca görülebilen kloroz hastalığı belirir. Demir noksanlığında bitkilerin yaprakları açık sarı renk alır. Bunun yanında azot ve magnezyum noksanlığı da yeşil kısımların sararmasına neden olabilir. Bu yüzden, demir eksikliğinden meydana gelene demir klorozu demek daha doğru olur [1].

3.3 Türkiye Topraklarının Kalsiyum Durumu

Topraklarımızın kireç kapsamı genellikle yüksektir. Ülkemizin jeolojik yapısı, büyük kısmının kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunması bunun başlıca nedenleri arasındadır. Topraklarımızın üçte birinin içerdiği kireç %15-95 arasında değişmekte olup çok-fazla ve fazla kireçlidir. Orta derecede kireç içeren (%5-15) topraklarımız %24.5 ve az kireçli (%1-5) topraklarımız %17.7 civarındadır [1].

Ülkemizin jeolojik ve petrografik yapısına bağlı olarak genellikle toprak materyali içinde bulunan minerallerde fazla miktarda kalsiyum bulunmaktadır. Ayrıca ülkemizin büyük kısmının kurak ve yarı-kurak iklim koşulları altında bulunmasına bağlı olarak kireç, çözünerek topraklardan bikarbonat halinde uzaklaşmamaktadır. Bu koşullar altında, topraklarımızın büyük çoğunluğunda CaCO_3 , çözülebilir kalsiyum tuzları ve değişebilir kalsiyum miktarları çok yüksek oranlarda bulunmaktadır. Topraklarımızın bölgelere göre kireç kapsamı Tablo 3.4'de verilmektedir.

Tablo 3.4 Bölgelere Göre Toprakların Kireç Kapsamı (30 000 toprak örneğinde ortalama % CaCO_3 olarak ve toplamının %'si olarak verilmiştir.)

	Çok Az	Az	Orta	Fazla	Çok Fazla
Bölgeler	<1	1-5	5-15	15-25	>25
Trakya-Marmara	52.0	19.4	17.8	8.1	2.7
Karadeniz	44.5	20.5	23.4	8.3	3.3
Orta Anadolu	10.9	18.2	33.8	23.9	13.2
Güneydoğu Anadolu	16.1	14.4	20.7	26.8	22.0
Ege	20.2	19.9	20.7	21.7	17.5
Doğu Anadolu	32.5	21.2	23.0	12.3	11.0
Göller Bölgesi	15.6	15.9	22.5	23.5	22.5
Akdeniz	10.3	8.6	18.5	19.9	42.7
Türkiye	25.9	17.7	24.5	17.7	14.2

Tablo3.4'deki değerler, ülkemiz topraklarına göre yapılmış bir sınıflandırmadır. Topraklarımızda, az olarak sınıflandırdığımız %1-5 kireç içeriği, yağışlı bölgelerin topraklarında yüksek kireç değerlerini ifade etmektedir. Bu sebeple, ülkemiz topraklarının %74 kadarında kireç ve kalsiyum miktarlarının yüksek olduğunu belirtilmektedir. Çok az kireç içeren topraklar olarak belirtilen toprakların da Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan topraklar hariç, bitkilere yeterli düzeyde kalsiyum

sağlayabildikleri söylenebilir. Karadeniz ve Trakya-Marmara Bölgeleri dışındaki topraklarda genellikle kireç miktarı yüksektir. Ancak bu bölgelerde de tortul kökenli kireççe zengin kayalardan oluşan topraklarda kireç oranı yüksek olduğu halde püskürük kökenli kayalardan oluşan topraklarda kireç oranı düşük bulunmaktadır. Kalsiyumda olduğu gibi magnezyum da topraklarımızda çeşitli formlarda fazla miktarlarda bulunmaktadır [1].

Topraklarımızın yüksek oranda kireç içermesi başta fosfor olmak üzere demir, manganez ve çinko gibi bazı bitki besin elementlerinin toprakta tutulması ve bitkiler tarafından alınmasını önlemektedir. Topraklarımızın %14.2'si asit reaksiyondadır [1].

3.3.1 Kalsiyum'un bitki beslenmesindeki yeri ve önemi

Kalsiyum bitki hücresinin temel yapı taşlarından birisidir. Hücre zarının yapısında yer aldığı gibi hücre iç zarını oluşturarak topraktan iyon alınmasında bazı zararlı (ağır metal) iyonlarının kök hücrelerine girişini engellemektedir. Kalsiyumun bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir. Diğer besin elementlerinin alınmasında, bitki ve toprakta bulunan toksik maddelerin çökmesinde regülatör görevi yaptığı kabul edilmektedir. Ayrıca, yaprak ve sapların dayanıklılığını artırır. Bitkinin sağlığı üzerine etki yapar [14].

Genel olarak, kalsiyum noksanlığı bitkilerin uç kısımlarının parçalanması ve dağılması ile deforme olmasına sebep olur [14].

Toprakta kalsiyum noksanlığı toprağın asitliği ile belirir. Böyle topraklarda yonca ve üçgül gibi baklagil bitkileri çok yavaş büyür, çok az ürün verir ve ürünlerdeki protein oranı düşük olur. Kalsiyumu noksan olan topraklarda yetiştirilen topraklarda nodüller küçük kalır [14].

Toprakta lüzumundan fazla bulunan kalsiyum ve özellikle CaCO_3 demir, fosfor ve diğer bazı elementleri bitkilerin faydalanamayacağı şekle sokarak bu elementlerin noksanlığına sebep olur [14].

Bitkiler kalsiyumu kolloid kompleksler tarafından tutulmuş durumdaki değişebilir kalsiyumdan ve çözülebilir kalsiyum tuzlarından kalsiyum iyonları şeklinde alırlar. Ayrıca topraklarda kalsiyum daha az aktif durumda kalsit, dolomit, feldispat ve hornblend gibi minerallerin bileşiminde bulunur [14].

Kalsiyum özellikle genç kökler vasıtası ile topraktan alınmakta ve bitkinin gövde, dal ve yapraklarına ulaştırılmaktadır. Yaşlı köklerde iletim boruları çevresindeki endoderm hücreleri (Caspary şeridi) mantarlaştığı için Ca^{++} iyonları iletim borularına geçemez [14].

Kök sisteminin saçaklanması ve kılcak köklerin gelişmesi için de toprakta yeterli su, besin maddesi ve hava (oksijen) bulunması gerekir. Çünkü kök solunumu glikoz ile mümkündür. Kök solunumunu sağlamak için toprağın iri gözeneklerinin ($Q > 10$ mikron) fazla olması gerekmektedir. Toprağın gözenekliliği organik madde (humus ve hayvan gübresi, kompost v.d bitki artıkları) ve kireç (Ca^{++}) katılması ayrıca toprak işlenmesi ile sağlanabilir[14].

Ürünün en yüksek ve en ekonomik olarak elde edilebildiği topraklar, genellikle Ca^{++} 'un hakim katyon olduğu topraklardır. Yüksek Ca^{++} düzeyi, çoğu bitki ve mikroorganizmanın arzu ettiği nötr pH değerinin bir göstergesidir. Kalsiyum bir besin elementi olmakla beraber, onun topraktaki önemi miktarının az veya çok olması ile ilgili değildir. Mg'ca zengin kayalardan oluşan topraklar, asit topraklar ve Al ile dolgun topraklarda az da olsa Ca noksanlıkları görülebilir. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak düzeyde Ca^{++} olsa bile, fazla miktardaki Mg veya Al konsantrasyonu, Ca^{++} 'nin alımını azaltır. [3]

3.4 Alkali Topraklar

Alkali toprak, Ca^{++} ve Mg^{++} un azalıp yerine toprak kolloidlerinin tuttuğu Na^+ miktarının arttığı hallerde meydana gelir. Toprak kolloidlerinin sodyumla doymuş olması ve toprak eriğinde sodyum karbonatın bulunması sebebiyle pH yüksektir. Organik madde sebebiyle üst toprağın rengi koyudur. [19]

Diğer bir deyimle alkali topraklar, tuzlu topraklardaki tuz ve killerin yıkanarak, prizmatik veya sütunvari B horizonunda birikmiş halidir. Değişebilir bazların mühim kısmını Na^+ ve Mg^{++} teşkil eder. Değişebilir Na^+ %15 veya daha fazladır. Profilin alt kısımlarının genellikle kalkerli olmakla beraber bütün profil de kalkerli olabilir. Üst horizonlardaki reaksiyon asittir. Toksik tesire sahiptirler ve fiziki özellikleri de iyi değildir[19].

Tuzlu topraklarda tuzların çoğunun iki değerli katyonlardan (özellikle kalsiyum) oluştuğu durumlarda, drenaj ilerleyince tuzlar kolaylıkla yıkanarak tuzlu toprak, zonal toprak gruplarından birine döner (çernezem, sierozem v.s.gibi). Diğer taraftan tuzlu toprakta Na, toprak çözeltisinde baş katyon olabilir. Aslında, kurak bölgelerin normal topraklarında hakim topraklar Ca, Mg dur. Fakat bu topraklarda tuzlar birikince durum değişir ve Na hakim duruma geçmeye başlar. Toprak çözeltisi, buharlaşma ve bitkilerin transpirasyonu ile su kaybederek yoğunlaşır. CaSO_4 , MgSO_4 tuzlarının erirlik sınırları aşılmış olur ve bunlar çöker. Bu durumda sodyum erirliği fazla olduğu için bunlar çökmez. Çözelti içinde Na nispi olarak artmış olur. Toprak kolloidlerine bağlı bulunan kalsiyum ve magnezyum sodyum ile yer değiştirir. Böylece topraktaki değişebilir katyonlar arasında sodyum dominant duruma geçmiş olur [3].

Sodyum katyonunun artmasıyla toprak yüksek bir alkalın reaksiyon kazanır ve kolloidler disperse olur. Fazla Na_2CO_3 içeren, yüksek alkalın reaksiyondaki toprakta humus disperse olur ve çökler. Humus zerrelere toprak parçacıklarının üzerine yayılır ve renklerinin koyulaşmasına sebep olur. Koyu renkli görünüşlerinden dolayı Hilgard bu topraklara, “siyah alkali” (black alkali) toprak adını vermiştir. Bu terim aslında doğru değildir. Çünkü kolloidlerin toprak yüzünden kısa zaman sonra uzaklaşması ile renk tamamen açık gri bir görünüş alır. Zaten sodik toprakların çoğunun yüzü açık renklidir. Sodik topraklar az geçirgen ve drenajı zayıf topraklardır. [3]

3.4.1 Toprak alkali karbonatları içeren topraklar

Bu gruptaki topraklara çözünebilir kalsiyum tuzları ile asitler ve asit oluşturanların kullanılması uygundur. Bu topraklarda kireç taşının (CaCO_3) kullanılması herhangi bir fayda sağlamaz. Zira bu tip topraklarda CaCO_3 zaten mevcuttur. Ancak pH değerinin yüksek olması nedeniyle CaCO_3 aktif bir durumda değildir ve çökelmiştir [3].

Bu gruptaki toprakların ıslahında, çözünürlüğü fazla olan kalsiyum tuzları da kullanılabilir. Bu tuzlar CaCl_2 ve $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'dur. Bu tuzların çözünürlüğü CaCO_3 'dan daha fazladır. Bu sebeple sodyum ile yer değiştirecek Ca temininde önemli bir kaynak olabilirler. Bunlar içerisinde ucuz ve doğa bol olarak bulunması açısından en çok kullanılanı jipsdir [3].

3.4.2 pH değeri 7,5'dan fazla olan ve toprak alkali karbonatlarını içermeyen topraklar

Bu tip topraklar CaCO_3 içermezler. Bu sebeple bu topraklarda asitler ve asit oluşturunların kullanılması herhangi bir fayda sağlamaz. Toprağa herhangi bir Ca kaynağının ilave edilmesi gereklidir. Bu maksatla kullanılacak en uygun kimyasal madde jipstir. Zira jips'in çözünürlüğü CaCO_3 'dan daha fazladır. Bu topraklara CaCO_3 ilave edilirse, ortamın pH değerinin yüksek olması nedeniyle CaCO_3 çökelir ve aktivitesini kaybeder[3].

BÖLÜM 4. ARITMA ÇAMURU

4.1 Giriş

Çevre bilincinin artmasıyla, araştırmacılar, endüstriyel işlemlerden çıkan arıtma çamurlarının nitelikleri ve değerlendirme olanakları ve sorunları ile ilgili çalışmalara yönelmişlerdir. Atıksu arıtımı konusunda gün geçtikçe artan talepler nedeniyle, arıtma çamuru miktarları önemli bir artış göstermiştir. Atıksuların arıtımından oluşan çamurların arıtım ve bertarafında izlenen stratejinin çevresel olarak kabul edilebilir, güvenilir ve ekonomik olması gerekmektedir [21].

Endüstriyel atıksuların fiziksel, kimyasal veya biyolojik yöntemlerle arıtılması sonucu uygulanan yöntemle ilgili olarak ağırlıkça yaklaşık %0.25-12 katı madde içeren atıklar açığa çıkmakta ve arıtma çamuru olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifade ile, kirlilik parametreleri, arıtım sonucu müsaade edilebilir limit değerlerin altına düşürülürken, arıtma çamuru dediğimiz bir başka kirleticinin doğmasına sebep olmaktadır.[32] Bu çamurlar ciddi çevre problemlerine yol açmakta, ayrıca büyük hacimlere ulaştıklarından, önemli depolama-bertaraf problemleri oluşturmakta ve buna bağlı olarak da arıtma tesisi işletmecilerine büyük maliyetler yüklemektedir[15].

Gittikçe artan nüfus nedeniyle, temiz su ihtiyacının artması atık çamur miktarını da artırmaktadır [28]. Ülkemizde nüfusu oldukça kalabalık olan kasaba ve şehirlerin kanalizasyon suları genellikle topraklara, akarsulara, göllere ve denizlere verilmek suretiyle problem çözülmüş sayılmaktadır. Aslında kanalizasyon sularının bu şekilde bertaraf edilmesi, kanalizasyon atıklarını çevre kirlenmesinde en önemli etkenlerden biri haline getirmektedir. Pis sularla kirlenmiş olan topraklarda yetişen bitkisel ürünler, insan ve hayvan sağlığını tehdit ettiği gibi yer altı suları ile akarsular, göller ve deniz sularının kirlenmesi de gene bunlarda yaşayan hayvanlara ve dolaylı olarak da insan sağlığına zarar vermektedir [1].

Arıtma tesisi işleme farklılıklarına bağlı olarak I. ve II. arıtma sonucunda ortaya çıkan çamur, %1-10 arasında değişen oranlarla askıda kalmış katıların birikmesi

olayıyla meydana gelmektedir. Bu çamurlar, arıtılan atıksulardan taşınan organik yüklerin hemen hemen hepsini içermektedir. Bunların varlığı ile iyi şekilde arıtılmamaları sonucunda çevre kirliliği yaratabilmektedirler [4].

Bir bölgenin arıtma çamurlarının bertaraf seçeneğinin belirlenmesi bir çok aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle, çamurun o andaki ve gelecekteki kalite ve miktarının tespit edilmesi gerekmektedir. Daha sonra, çevre yasalarına uyacak ve onun gerektirdiği şartları yerine getirecek çamur bertaraf seçeneklerinin belirlemek ve uygun olmayan alternatifleri mevcut bilgiler ışığı altında değerlendirmenin dışında tutulması gerekmektedir. En son aşamada ise kalan alternatiflerin fizibilite incelemesinden sonra uygulanacak bertaraf metoduna karar verilir [21].

Arıtma tesislerinde oluşan çamurlar, çeşitli kademelerde işlem gördükten sonra son uzaklaştırma yeri olarak toprağa verilebilir, çöplerle muamele edilebilir veya toprak ıslahında kullanılabilirler [4].

4.2 Arıtma Çamurlarının Nihai Bertaraf Yöntemleri

Arıtma çamurlarının nihai bertarafı için çeşitli alternatifler sunulabilir. Arıtma çamurlarının özellikleri ile mevcut ekonomik ve teknik imkanlara göre uygulanan nihai bertaraf yöntemi de farklılık gösterir. Arıtma çamurlarının nihai bertarafı için kullanılan yöntemler;

- *Çamur lagünlerinde toplama
- *Düzenli Depolama
- *Arazi İyileştirme (reklemasyon)
- *Arazide bertaraf
- *Kimyasal Sabitleme (stabilizasyon)
- *Kompostlaştırma
- *Termik Yöntemler
- *Dağıtım ve Pazarlama
- *Yakma
- *Denizde Bertaraf

Bu yöntemlerin uygulanması bazı faktörlere bağlıdır (atıksu çamurlarının kaynağı ve miktarı, bölgenin hidrojeolojisi, arazi kullanımı, ekonomi, halkın onayı gibi) [21]. Bunların uygulanabilirliği, arıtma çamurlarının özelliklerine, bölgenin jeolojik, hidrojeolojik yapısı ve iklim özellikleri gibi bazı faktörlere bağlıdır. Ülkemizde evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılması sonucu oluşan arıtma çamurlarının nihai bertarafında gereken özen gösterilmemektedir. Arıtma çamurları, genellikle, yoğunlaştırma ve kurutma işlemlerinden sonra veya hiçbir işlem uygulanmadan sulu halde depolama için belediyelerin gösterdikleri döküm sahalarında bertaraf edilmekte veya yerleşim bölgeleri dışında boş arazilere kaçak olarak gelişigüzel dökülmektedir [16]. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının ise, bünyelerinde barındırdıkları çeşitli ağır metal tuzları, çözülmüş ve zehirli maddeler vb. nedeniyle yer altı suyu ve toprak kirlenmesi risklerinden dolayı arazide doğrudan bertarafında sakıncalar bulunmaktadır [16]. Endüstriyel arıtma çamurları, kimyasal, kimyasal bileşimi, tuzluluk, toksisite, ağır metal içeriği, çözünebilir tuzlar gibi özelliklerden dolayı mikroorganizma faaliyetini olumsuz olarak etkileyen unsurlardır. Endüstriyel çamurlar ile evsel nitelikli çamurların beraber kullanılması halinde zararlı maddelerin biyolojik parçalanmaya uğrayıp bağlandığı ve zararsız hale dönüştüğü son yıllarda yapılan araştırmalarla saptanmıştır [16].

4.3 Atık Çamur Bertarafında Dünya'daki Uygulamalar

Uzun yıllardan beri evsel atıklar araziye atılarak bertaraf edilmekte ve bu işlemin toprağa yarar sağladığı bilinmektedir. Çin ve diğer doğu ülkeleri uzun zamandır evsel atıkları gübre olarak kullanmaktadırlar. Batı toplumlarında ise insan atıklarının zirai gübre olarak kullanılması geçen yüzyılın ortalarına kadar sürmüştür [16]. Amerika'da inorganik gübrelerin ucuz ve daha kullanışlı olması nedeniyle ham çamur ve/veya biyolojik olarak ayrışmış çamur çiftçilikte kullanım yeri bulamamış ve çamur uzaklaştırılması, önceden açılmış çukurlara çamurun kamyonlarla taşınması suretiyle çözümlenmiştir. Arıtma tesislerinden elde edilen çamur miktarı yıldan yıla artış göstermektedir. Avrupa'da, başlangıçta çamur bertarafının doğal yollarla yapılmasına rağmen belirli bölgelerdeki nüfusun yoğunlaşması, gerekli arazinin bulunamaması, işçilik bedelinin pahalı oluşu gibi sebeplerden dolayı vakum filtresi, termik kurutma, yakma gibi mekanik su alma yöntemleri kullanılmaya

başlanmıştır. Arıtma tesislerinin toplam yatırım maliyetinin %50'sini çamur bertaraf elde edilmesi ile ilgili üniteler oluşturmaktadır. Günümüzde, arıtma çamurlarının sağlıklı bir şekilde nihai bertarafı konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde de, gelişen sanayi ve nüfus yoğunlaşmasından dolayı, Avrupa ülkeleri Amerika'da olduğu gibi çeşitli çalışmalar ve araştırmalar önem kazanmıştır. Ham veya işlenmemiş çamurların araziye gelişigüzel boşaltılması, boşaltıldığı ortamda süren ayrışmalar sonucu koku problemi, yer altı sularının kirlenmesi gibi istenmeyen bazı durumların ortaya çıkmasına neden olduğu için son yıllarda arıtma çamurları üzerine yapılan araştırmalar ve çalışmalar hızlandırılmış, arıtma çamurlarının nihai bertarafına yönelik olarak yeni yasal düzenlemeler geliştirilmiştir. Ürünlerin gübrelenmesi ve toprak iyileştirilmesi için çamurun içeriğindeki nütrient ve organik maddelerin kullanılması amacı ile çamur bir toprak şartlandırıcı yada gübre olarak kullanılan bir kaynak veya özellikle sulu çamurların kullanılması halinde arazi sulaması için bir sulama kaynağı olarak düşünülmektedir. Araziye serme yöntemi nihai bertaraf yöntemi olarak düşünülmekle birlikte, amaç arıtma çamurlarının tarımda toprak şartlandırıcı olarak değerlendirilmesidir. Çünkü arıtma çamurları, toprak özelliklerini iyileştirerek erozyonu önlediği gibi bitkiler için yararlı besin maddeleri de içermektedir. Arıtma çamurlarının arazide değerlendirilmesi için çevre açısından zararsız olması, organik ve inorganik maddelerin yararlı bir halde madde dolanımını sağlaması gerekmektedir. Kimyasal arıtmadan gelen arıtma çamurları, bazik etkisi olan demir, alüminyum ve kalsiyum tuzları yönünden de zengindir. Bu nedenle asitlik sorunu olan topraklarda kullanılması uygundur. Endüstriyel atıksuların arıtılması sonucu oluşan endüstriyel arıtma çamurları, farklı özelliklerde ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kirleticiler içerdiklerinden işlenmesi ve bertarafı için uygulanacak yöntemler farklılık gösterir. Yöntem seçerken ham çamurun özelliklerinin (ağır metaller, toksik maddeler, organik madde, yağ, tuz içerikleri, yakıt değeri vb.) bilinmesi çevresel etkilerinin en aza indirilmesi açısından önem taşımaktadır[16].

Pek çok ülkede arıtma çamurlarının bu şekilde kullanımı uzun zamandır devam etmektedir. Örneğin, Almanya'da oluşan arıtma çamurlarının %60'ı depolanmakta, %30'u tarımda kullanılmakta, %10'u ise yakılmaktadır[16]. Yaklaşık olarak atık çamur miktarı yılda 44 milyon metreküp civarındadır [5].

Almanya,İsviçre ve Hollanda'da arıtılmış çamurun tarımda kullanımını kontrol eden bir yasa 1983 yılından beri yürürlüktedir. Bu yasayla Almanya'da 3 yılda bir 5000 kg/ha kuru madde tarım alanlarına uygulanabilmektedir [17].

Avrupa'da bu konuda Avrupa Topluluğu tarafından hazırlanan ve 1986 yılında yayınlanan bu direktifte atık çamurların faydalı kullanımı için gerekli düzenlemeler verilmiştir. Avrupa Topluluğu'na üye ülkeler için 1991 yılında kabul edilen atıksuların arıtılması ile ilgili direktif, arıtılmış su kalitesinin geliştirilmesini hedef almaktadır. Bu durum, arıtma tesislerinin iyileştirilmesini ve aşırı çamur üretimini de beraberinde getirmiştir. Mevcut çamur uzaklaştırma yöntemlerinin çamur miktarının artışıdan kaynaklanan problemi çözmeye yetmeyeceği düşünülmekte, yeni strateji ve teknolojilerin geliştirilmesi konusu gündeme gelmektedir. Şu andaki eğilim, çevreci bir yaklaşımla, çamurun tarım alanlarında kullanılarak, bitki besinlerinin ve organik maddenin doğal çevrime en kısa yoldan sokulması şeklindedir [17].

Kimyasal gübrelerin bileşiminde bulunan azot (N), fosfor (P), potasyum (K) gibi bitki için gerekli maddeler atıksu çamurlarında da düşük oranlarda bulunur. Böylece çamurun araziye uygulanması, toprağında besin değerini artıracaktır. Ayrıca, çamur toprağın su tutma kapasitesini artırır, toprak dokusunu ve üretkenliğini geliştirir. Bu yüzden evsel ve bazı endüstriyel kuruluşların ağır metal içeriği düşük . organik madde değeri olan arıtma çamurlarının yakma, denizde bertaraf, araziye dolgu gibi metotlarla bertaraf edilen bir atık gibi düşünmek yerine, arazide ön işleme tabi tutulmadan veya kompostlama sonucunda kullanılacak ürüne dönüştürülen bir atık gibi düşünülmesi gerekir[21]. Taze çamurun araziye uygulandığı sistemler arazinin ve üzerinde yetişen ürünün özümseme kapasitesi içinde çalışılacak biçimde tasarlanmalı ve yönetilmelidir. Aksi durumda, taze çamurun ekosistemlere ilavesi, çamurun yüksek oksijen ihtiyacına sahip olması, azot rekabeti yaratması, ara bileşiklerin toksik etkisi ve amonyak salıvermesinden dolayı problem yaratabilir. Çamurun doğrudan uygulanacağı arazinin kısıtlı olması veya mevcut olmaması, iklim şartlarının çamurun araziye uygulanmasına olanak vermemesi durumunda artığın değerlendirilmesi aşamasında kolaylıkla depolanabilen, yararlı bir ürüne dönüştürmek için kompostlama uygun bir metottur [21]. Avrupa Topluluğu

ülkelerinde, kullanılan çamur uzaklaştırma yöntemleri ve bunlar içinde tarımda kullanım payı Tablo.4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1 Avrupa’da Arıtma Çamuru Uzaklaştırma Yöntemleri ve Miktarı

	Miktar		Tarım		Depolama	Yakma	Göllerde	Diger Bir Şekilde Rekultive Etme, Ormanda Vb.				
	(1000 ton[kuru]/yıl(%))											
Belçika	59.2	(0.8)	17.2	(29)	32.5	(55)	8.9	(15)	-	0.6	(1)	
Danimarka	170.3	(2.3)	92	(54)	34	(20)	40.9	(24)	-	3.4	(2)	
Almanya	2681.2	(36.3)	724	(27)	1448	(54)	375.2	(14)	-	134	(5)	
Finlandiya	150	(2)	37.5	(25)	112.5	(75)	-	-	-	-	-	
Fransa	865.4	(12)	502	(58)	233.5	(27)	130	(15)	-	-	-	
Yunanistan	48.2 ¹	(0.6)	4.8	(10)	43.4	(90)	-	-	-	-	-	
İngiltere	1107	(15)	488	(44)	88.6	(8)	77.4	(7)	332	(30)	121	(11)
İrlanda	36.7	(0.5)	4.4	(12)	16.6	(45)	-	-	12.8	(35)	2.9	(8)
İtalya	816	(11)	269.2	(33)	449	(55)	16.2	(2)	-	-	81.6	(10)
Lüksemburg	8	(0.1)	1	(12)	7	(88)	-	-	-	-	-	-
Hollanda	335	(4.5)	87	(26)	171	(51)	10	(3)	-	-	67	(20)
Norveç	95	(1.3)	53.2	(56)	41.8	(44)	-	-	-	-	-	-
Avusturya	170	(2.3)	30.6	(18)	59.5	(35)	57.8	(34)	-	-	22.1	(13)
Portekiz	25	(0.3)	2.7	(811)	7.3	(29)	-	-	0.5	(2)	14.5	(58) ²
İsveç	200	(2.7)	80	(40)	120	(60)	-	-	-	-	-	-
İsviçre	270	(3.6)	121.5	(45)	81	(30)	67.5	(25)	-	-	-	-
İspanya	350	(4.7)	175	(50)	122.5	(35)	17.5	(5)	35	(10)	-	-
Toplam	7387	(100)	2691.1	(36.4)	3068.2	(41.6)	801.4	(10.9)	380.3	(5.1)	447.1	(6)

¹ Diğer bilirkişilerin verdiği değerler 200 000ton[kuru]/yıl

² Yüzeysel su kaynakları

Tablo 4.1’den de görüldüğü gibi çamurların tarım alanlarında kullanımı bazı ülkelerde %50’nin üzerine çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu ülkelerin çoğunda, çamurların önemli bir kısmı halen araziye gömülerek uzaklaştırılmaktadır. Çamuru araziye gömmek için gerekli alanlar azaldıkça, diğer uzaklaştırma metotlarına doğru

yönelme beklenmelidir [17]. Yüzeysel ve yer altı su kalitesinin korunması için getirilen yasal sınırlamalar, atıksu arıtımını zorunluluk haline getirmiştir. Evsel ve bazı endüstriyel atıksuların arıtımında biyolojik arıtım yöntemleri geniş ölçüde kullanılmaktadır. Atıksular biyolojik arıtıma tabi tutulmadan önce içindeki yüzen ve çökebilir maddelerin ön arıtımla sudan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Biyolojik arıtmadan önce yer alan, çökebilir maddelerin çökeltildiği ön çökeltim tankının tabanından toplanan maddeler ön çökeltim çamuru veya birincil çamur olarak isimlendirilir. Biyolojik arıtım ünitelerine (örneğin; aktif çamur sistemine) gelen suyun içindeki çözünmüş organik maddeler, su içinde süspansiyon halinde bulunan biyokütle tarafından sentez ve oksidasyon yolu ile yok edilir. Çözünmüş organik maddesi giderilmiş su, son çökeltim tankında çökeltilmesi suretiyle biyokütleden ayrılır. Tankın tabanında toplanan madde ise ikincil arıtma çamuru olarak isimlendirilir. Sistemde tasarlanan mikroorganizma derişiminin korunması için ikincil arıtma çamurunun bir kısmının belli periyotlarda sistemden uzaklaştırılması gerekir. Bu çamur ise atık aktif çamur olarak isimlendirilir [21].

Bilindiği gibi çamur karakteristiği çok farklıdır. İçerisinde birçok madde bulunduğu gibi bir takım gazlar içermektedir. Çamurun yığılmasıyla, bu gazların ile patlayıcı ve yanıcı gazlar oluşabilmektedir. İşte bu gazları kullanarak enerji üretebilir ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. En azından elde edilen enerji ile arıtma tesisi aydınlatma sistemi oluşturulabilir, ocaklarda başka çamurların yakılması için ısı enerjisi oluşturulabilir [4]. Örneğin, Dünya'daki mevcut enerji kaynaklarının az bir ömrünün kalması üzerine, alternatif enerjiye yönelen Japon bilim adamları evsel ve endüstriyel atıksu tesislerinden açığa çıkan çamurdan enerji üretmişlerdir. Atıksu arıtma çamurunun yakıtı dönüşürülmesinde, çamur içerisindeki yanabilen elementler kullanılmaktadır. Çamur yakıtın, düşük ısıl değere sahip kömürle eşdeğerde olduğu saptanmıştır [4].

Çamurların çabuk ve etkili bir şekilde sularının alınması ve kurutulması, çamurların iyi bir şekilde çürütülmesi ile mümkündür. Çamur çürütme tesisinin iyi çürümüş, kokusuz bir çamur verecek şekilde işletilmesi, genel olarak sularını çabuk veren bir çamur oluşturmaktadır.[4]

Çamurların kokuşmaya yatkın olmaları onların uzaklaştırılması veya işlenmesi zorunluluğunu ortaya koymakta fakat bunların doğal halde taşınmaları çok masraflı olduğundan, bilim adamlarının bu alandaki çalışmaları öteden beri, çamurların zararsız hale getirilmelerini sağlamak ve çamur işletme tesislerine ait işletme masraflarının kısmen olsun karşılanmasının olağanlaştıracak bazı avantajları bu işlemler yardımıyla elde etmek amacına yöneltilmiştir [4].

Bu problemler ele alındığında ortaya çıkabilecek ilk fikir taze çamurun gübre olarak kullanılmasında ibaret olmakla beraber öncelikle taze çamurun çok yüksek olan su içeriği gözönüne alınca bu çamuru arıtma tesislerinden uzak bir yerde kullanmak cazip olmayabilir. Bu yüzden, çamurun geçici olarak sığ hendekler içerisinde gömülmesi veya özel tarlalarda kurumaya bırakılması düşünülmüştür. Bazı yerlerde bu çamur, suyu alındıktan sonra kireçle karıştırılıp ticari isimler altında gübre diye satılmaktadır [4].

Arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanımının artması bu amaçla kullanılabilir çamurların, özellikle ağır metal yönünden daha sıkı standartlara tabii tutulmasını beraberinde getirmiştir. Almanya'da 1983 yılında yürürlüğe giren Arıtma Çamuru Yönetmeliği'ne göre çamurdaki ağır metal sınırlamaları Tablo 4.2'de verilmiştir. 1992 yılı verileri ile Avrupa ülkelerinde uygulanan ve Avrupa Topluluğu'na kabul edilen çamur standartları da Tablo 4.3'de verilmiştir [17].

Tablo 4.2 1 Nisan 1983 Tarihli Alman Yönetmeliği'ne Göre Arıtma Çamurlarında Ağır Metal Standartları

Ağır Metal	Standart (mg/kg)
Kurşun	1200
Kadmiyum	20
Krom	1200
Bakır	1200
Nikel	200
Cıva	25
Çinko	3000

Avrupa Birliği'nce 1986 yılında yürürlüğe sokulan Arıtma Çamuru Yönergesi ile toprağın korunması için gerekli asgari koşulların belirlendiği ve ulusal tedbirlerin

sıkılaştırıldığı yukarıda belirtilmiştir. Bu yönergede Avrupa'daki farklı iklim ve coğrafi özellikler dikkate alınarak toprakta bulunabilecek ağır metallerin azami konsantrasyonları verilmektedir. Avrupa ülkelerinde izin verilen arıtma çamuru uygulama miktarları Tablo 4.4'de verilmektedir[17].

Tablo 4.3 Avrupa Topluluğu Ülkelerinde Çamurda Bulunabilecek Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg kuru çamur)

Ülke	Kurşun	Kadmiyum	Krom	Bakır	Cıva	Nikel	Çinko
Belçika	600	1.2	500	750	10	100	2500
Danimarka	120	0.8	100	1000	0.8	30	4000
Almanya	900	5/10*	900	800	8	200	2000/2500*
Hollanda	100	1.25	75	75	0.75	30	1400
Fransa	800	20	1000	1000	10	100	3000
İrlanda	750	20	-	1000	16	300	2500
İspanya	750	20	1000	1000	16	300	2500
Avrupa Topluluğu	750-1200	20-40	1000-1500	1000-1750	16-25	300-400	2500-4000

*%5'den az kil içeren ve pH=5-6 olan topraklar için uygulanabilir en yüksek değer

Tablo 4.4 Avrupa Ülkelerinde İzin Verilen Arıtma Çamuru Uygulama Miktarları

ÜLKE	Ortalama Olarak Yıllık Yerleştirme Değerleri	Yıl Olarak Bir Defaya Mahsus Olmak Üzere Verilen Miktar	Bir Defaya Mahsus Olmak Üzere Yerleştirme Değeri [ton(kuru)/ha]
Belçika	1-4	3	3-12 ¹
Danimarka	10	10	100
Almanya	1.66	3	5
Finlandiya	1	4	4
Fransa	3	10	30 ²
İrlanda	2	1	2
İtalya	2.5-5	3	7.5-15 ³
Lüksemburg	3	1	3
Hollanda	1-10	1	1-10 ⁴
Norveç	2	10	20
Avusturya	2.5	2	5 ⁵
İsveç	1	5	5
İsviçre	1.66	3	5
Amerika	10	100	-

¹ Yeşil alan 3-6, tarım alanı 6-12 ton(kuru)/ha/3yıl

² Zararsız madde ihtiva etmeyen çamur 75 ton(kuru)/ha/10yıl

³ Katyon değişim kapasitesi ve pH değerine bağlı olarak

⁴ Susuzlaştırma derecesi ve içindeki zararlı maddelere göre

⁵ Yeşil alan için, tarım alanı değerinin %50'si

4.4 Atık Çamur Bertarafında Türkiye'deki Uygulamalar

Türkiye, son yıllara kadar ekonomisi tarıma dayalı ve nüfusun büyük kısmı kırsal alanda yaşayan bir ülke olma özelliğini korumaktaydı. Ancak, 1985 nüfus sayımından itibaren kentsel nüfusun, kırsal nüfusu geçtiği görülmektedir. Artan nüfusun ihtiyacını karşılayabilmek için, tarım yapılan alanlarda, birim alandan elde edilen verimin yükseltilebilmesi zorunlu hale gelmiştir. Türkiye yüzölçümünün 363 000 km²'sinin tarım alanları olduğu ve tarım alanlarının toprakların %33'ünü oluşturduğu bilinmektedir. Türkiye'deki tarım alanlarının, büyük kısmında tahıl ekilmektedir. Buğday başta olmak üzere arpa, çavdar, mısır, yulaf ve baklagiller en çok ekimi yapılan türlerdir. Sanayi bitkisi (pamuk, şeker pancarı, susam, tütün vb.) üretimi son yıllarda artış göstermiştir [17].

Tarımsal üretimde verimi arttırabilmenin en önemli etkenlerinden biri gübrelemedir. Temel gübrelerden olan azotlu gübrelerin kullanımı 1990 yılında 3.3 ton/km²'dir. 1980 yılından 1990 yılına kadar 10 yıllık dönemde azotlu gübre kullanımında %55'lik bir artış gözlenmektedir[17].

Dünyada, arıtma çamurlarının tarımda değerlendirilmesi konusunda önemli çalışmalar yapılırken ülkemizde henüz yeterli sayıda çalışma bulunduğunu söylemek zordur. Özellikle, son aşamada, çamur uzaklaştırma sistemlerinin maliyeti düşünüldüğünde, ülkemiz gibi gelişmekte olan bir ülkede bu tip pahalı çözümler yerine çamurun tarım alanlarında kullanımı en uygun çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır [17].

Ülkemizde, özellikle son yıllardaki yasal düzenlemelerle birlikte sanayi atıksu arıtma tesislerinin sayısında büyük bir artış sağlanmış ve beraberinde de açığa çıkan çamur miktarı önemli oranlara ulaşmıştır. Şu anda 50'si devlette, 338'i özel sektöre ait

olmak üzere toplam 388 adet endüstriyel atıksu arıtma tesisinde yılda yaklaşık 3.2 milyon ton arıtma çamuru açığa çıkmaktadır [30]. Bu çamurların bertaraf yöntemlerine göre dağılımı aşağıdaki Tablo 4.5’de verilmektedir.

Tablo 4.5 Bertaraf Yöntemlerine Göre Endüstriyel Arıtma Çamuru Miktarları

Bertaraf Yöntemi	Çamur Miktarı	
	ton/yıl	%
Tarımda kullanım	260 000	8.2
Denize boşaltma	405 000	12.7
Araziye boşaltma	1 060 000	33.5
Belediye çöplüğüne atma	145 000	4.5
Yakma	8 000	0.3
Depolama	490 000	15.4
Gömme	92 000	2.8
Diğer	720 000	22.6
TOPLAM	3 180 000	100.0

4.5 Arıtma Çamurunun Sınıflandırılması

Kaynağına ve cinsine göre endüstriyel arıtma çamurlarının sınıflandırılması, uygulanacak arıtma yöntemini ve kullanılacak ekipmanların verimini belirlemede son derece önemlidir. Bu sınıflama Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6 Endüstriyel Arıtma Çamurlarının Sınıflandırılması

Çamur Cinsi	Çamur Kaynağı Sanayii Türü	Arıtma Yöntemi	Bileşenler
Hidrofilik Organik	Gıda Sanayii	Çökeltme ve/veya Biyolojik	-OM/KM=%40-90 -Protein Maddeleri -Hayvansal veya Bazın Mineral Yağlar
	Tekstil Sanayii Organik Kimya Sanayi	Fiziksel-Kimyasal (Flokülasyon-Çökeltme) ve Biyolojik	-Fiziksel veya Kimyasal Arıtmadaki Hidrofilik Hidroksitler var.
Hidrofilik Yağı	Rafineri	Yağ Ayırma Flokülasyon-Çökeltme Biyolojik	-Mineral Yağlar ve Gres -Hidroksitler(Al, Fe) -Biyolojik OM

Tablo 4.6'nın Devamı

Hidroforbik Yağı	Çelik Haddehane	Çökeltme	Yoğun ve Kolay Çökebilir KM -Önemli Miktarda Mineral Yağı ve Gres
Hidrofilik İnorganik	Yüzey İşleme İnorganik Kimya Sanayi Boyahane Tabakhane	Nötralizasyon-Flokülasyon- Çökeltme Klarifikasyon-Nötralizasyon +Muhtemelen biyolojik + Muhtemelen biyolojik + Muhtemelen biyolojik	Mineral+Organik Mineral+Organik+Hayvansal Yağlar ve OM
Hidroforbik İnorganik	Demir-Çelik Sanayi Kömür Yıkama Baca Gazı Yıkama	Çökeltme Çökeltme Kireçle Nötralizasyon, Çökeltme	-Düşük Metal Hidroksit -Düşük OM
Fibroz	Kağıt Sanayii	Flokülasyon -Çökeltme veya Flotasyon -Biyolojik Arıtma	

Doğal veya mekanik susuzlandırma sonrası yaklaşık %25 katı oranına sahip kek haline gelen bu çamurların bertarafı genellikle katı atıklarla birlikte depolama veya araziye boşaltma şeklinde gerçekleşmektedir. Ancak bu yöntemler, ucuz olmalarına karşılık, kullanılacak alanların azalması, çamurun yüzey ve yeraltı sularına karışma riski ve taşıma masrafları dolayısıyla tüm dünyada alternatif yöntemler aranmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan çamurun tarımsal arazide kullanılarak değerlendirilmesi uygulamasında çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Özellikle N ve/veya P miktarı bitkinin ve toprağın yıllık ihtiyacından fazla olmaması gerekmektedir. Bunun yanı sıra çamurun içeriğinde bitki ve toprak için zararlı toksik maddeler ve ağır metaller bulunabileceğinden tarımsal arazide kullanımı sürekli dikkat ve kontrol gerektirmektedir[30].

1995 yılında yürürlüğe giren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde endüstriyel atıksu arıtma tesisleri tehlikeli atık üretilmesine neden olan faaliyetler sınıfına girmektedir. Ayrıca, sanayi atıklarının bertarafı işlemlerinden kaynaklanan atıklarda bu grupta değerlendirilmektedir. Yönetmelik gereği hazırlanan atık beyan formları ile bu tür endüstriyel tesislerden kaynaklanan çamur miktarları (ton/yıl veya kg/ay) ve çamurdaki su oranı (% olarak) istenmektedir. Ayrıca çamurla ilgili analiz sonuçlarının da atık beyan formunda belirtilmesi gerekmektedir [15].

Sanayileşme sürecindeki ülkemizde sanayileşmenin getirdiği olumsuz etkiler gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Kamuoyunun çevre bilinci arttıkça, sanayi ve belediyeler, özellikle yasal düzenlemelerle birlikte atıkların oluşturduğu çevresel etkileri değerlendirmek ve buna karşı gerekli tedbirleri almak zorunda kalmaktadır.

Evsel atıkların tarım değerlendirilmesinde ise ekonomi ve ekoloji arasında bir hedef krizi yaşanmaktadır. Tezek ve değerlendirilebilir evsel arıtma çamurlarının bitkilere uygun ve toprak şartlarına göre ayarlanarak bitkilerin beslenmesinde kullanılmasıyla teorik ve ideal olarak normalde kullanılan mineral gübrelerden % 80 ila 90 civarında ekonomi sağlanabilmektedir. Bu nedenle, tarımsal bağlamda ortaya çıkabilecek endişe ve korkuları giderebilmek için kapsamlı önlemler alınarak, risk asgariye indirilmelidir [17].

Bu konuda ülkemizdeki yasal mevzuat ve önlemler, arıtma çamurlarının tarımda kullanılmasının 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayandırılarak hazırlanan 14.3.1991 tarihli Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile belirlenmiştir. Bu yönetmelikte, aynı zamanda katı atıklar ile evsel ve evsel nitelikli endüstriyel suların arıtılması sonucunda elde edilen arıtma çamurlarının da çeşitli açılardan değerlendirilmesi yapılmaktadır. Buna azot, fosfor, potasyum ve kalsiyum açısından zengin derişimler yansıtabilen arıtma çamurlarının, tarımda kullanılma olanağı örnek verilebilir. Ancak, söz konusu çamurların, tarımsal amaçla kullanılmasında en önemli sorunlar, çamurların hijyenik özellikler ile ağır metal derişimleridir. Söz konusu arıtma çamurlarının, tarımda kullanılması için tarım topraklarının atık çamur ilavesinden önce ve sonra topraktaki ve atıktaki ağır metal derişimlerinin fasılalarla rapor edilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Aynı yönetmelikte, arıtma çamurlarının kullanılmasında çeşitli sınırlama ve yasaklar da yer almaktadır. Nitekim, ham çamurun tarımda, ormanda, sebze ve meyve tarımında kullanılması yasaklanmıştır [7].

Arıtma çamurlarının toprağa ilavesi sonucunda toprakta ve arıtma çamurlarında bulunması gereken maksimum ağır metal derişimleri ile bir yılda tarım topraklarına verilmesi gereken ağır metal yükü de aynı yönetmelikle belirlenmiştir [7]. Bu yönetmeliğe göre evsel ve evsel nitelikli endüstri sularının arıtılması sonucu elde

edilen arıtma çamurunun tarımda kullanılabilmesi için, her altı ayda bir çamurdaki kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, civa ve çinko gibi ağır metaller ile azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi elementlerin tayininin yapılması ve istenmesi halinde ilgili merciye (belediye hudutları ve mücavir alanlar içinde kalan ve Büyükşehir Belediyeleri olan yerlerde Büyükşehir Belediye Başkanlığı, diğer yerlerde Belediye Başkanlıkları, Belediye hudutları ve mücavir alan sınırları dışında kalan yerlerde mahallin en büyük mülki amirine) verilmesi; arıtma çamuru kullanılmadan önce, kullanılmak istenen toprağın pH değeri, kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, civa ve çinko, içerikleri yönünden laboratuvar analizinin yaptırılması; arıtma tesisi işleten özel ve resmi kuruluşların arıtma çamurunu verdikleri toprağa ait ağır metal analizlerini en az altı ayda bir yapması veya yaptırması, ağır metal içerikleri sınır değerlerine eriştiğinde, arazi uygulamasının durdurulması zorunluluğu konulmuştur [17].

Aynı yönetmeliğin diğer maddesinde de arıtma çamurunun kullanma sınırlamaları ve yasakları belirtilmiştir. Ham çamurun tarımda, ormanda, sebze ve meyve tarımında kullanılması yasaktır. Epidermik olarak kusursuz olmayan arıtma çamurunun mera ve otlaklarda, bitki yaşadığı sürece kullanılması yasaktır. İlgili belediye Başkanlığı veya mahallin en büyük mülki amiri, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'nın ilgili İl veya Bölge Müdürlüğü'nün görüşünü alarak belirtilen yasağı, çamurun kullanılması ile hasatın alınması arasında en az üç ay süre varsa kaldırılabilir. Toprakta ortalama ağır metal içerikleri Tablo 4.7'de verilen değerlere ulaştığında bu toprakta arıtma çamuru kullanılması yasaktır. Arıtma çamurunun tarımda kullanılması için çamur kuru maddesindeki ağır metal içeriklerinin Tablo 4.7'deki sınır değerleri geçmemesi gerekir. İlgili Belediye Başkanlığı veya mahallin en büyük mülki amiri, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'nın ilgili il veya Bölge Müdürlüğü'nün görüşünü alarak Tablo 4.8'de verilen değerleri (kadmiyum ve civa hariç) %5'e kadar arttırılabilir, daha yüksek artışlar için Çevre Bakanı'nın onayı alınır denilmektedir.[17] Tarımda kullanılacak arıtma çamurunun müsaade edilebilecek maksimum ağır metal içerikleri (mg/kg çamur kuru maddesi olarak) ise Tablo 4.9'da verilmiştir. Arıtma çamurlarının ne şekilde uzaklaştırıldığına dair yayınlanmış veriler bulunmadığı için ülkemizde arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanımı oranı bilinmemektedir [17].

Tablo 4.7 Toprakta Müsaade Edilen Maksimum Ağır Metal İçerikleri (kuru toprakta mg/kg olarak) [10]

Ağır Metal	pH <6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH >6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	140**
Nikel*	30**	75**
Civa	1**	1.5**
Çinko*	150**	300**

* pH değeri 7'den büyükse Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarda kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Tablo 4.8 Bir Yılda Araziye Verilmesi Müsaade Edilecek Ağır Metal Yüğü (yılda hektar başına gram olarak) [10]

Ağır Metal	Sınır Yük Değeri (gram/hektar yıl)
Kurşun*	1500
Kadmiyum	15
Krom*	1500
Bakır*	1200
Nikel*	300
Civa	10
Çinko*	3000

* İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile hasatın alınması arasında en az üç ay süre varsa ilgili kuruluşların görüşü alınarak Bakanlıkça civa ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler %5'e kadar artırılabilir.

Tablo 4.9 Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurunun Müsaade Edilebilecek Maksimum Ağır Metal İçerikleri (mg/kg çamur kuru maddesi olarak) [10]

Ağır Metal	Sınır Değer (mg/kg çamur kuru madde)
Kurşun	1200
Kadmiyum	40
Krom	1200
Bakır	1750
Nikel	400
Civa	25
Çinko	4000

Arıtma çamurlarının çevrede meydana getirdiği olumsuz etkileri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz;

- * Arıtma çamurları içeriklerine bağlı olarak toprakların ağır metallere buluşmasına, organik mikrokirleticilerin topraklara ulaşmasına neden olarak toprak kirliliği yaratmaktadır.
- * Bu çamurlar, içerdikleri bitki besin maddesi miktarı dışında içerdikleri zehirli maddeler nedeniyle yer altı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir.
- * Çamurlar uygun yöntemle uzaklaştırılmadığında koku problemi yaratmaktadır.
- * Çamurların patojenler içermesi durumunda, bu patojenlerin insan besin zincirine ulaşması söz konusudur.
- * Çamurların uygun olmayan yöntemlerle yakılması sonucu hava kirliliği ve enerji kaybı meydana gelmektedir.

4.6 Arıtma Çamurunun Özellikleri

Atıksu çamuru, arıtma tesislerinde, suların temizlenmesinden sonra meydana gelen ve içinde çok çeşitli organik ve inorganik maddeler bulunan bulamaç kıvamında bir çamurdur. Atıksuyun orjinine, suları temizleme tekniğine ve atıksuyun niteliğine göre bileşimi çok değişik olan bu kalıntılar başlıca dört sınıfa ayrılmaktadır:

- *ham çamur
- *taze çamur
- *aerob stabilize olabilen çamur
- *anaerob stabilize olan çamur

Atıksu çamurları, değerli maddeler yanında (biyolojik olarak ayrışabilen organik maddeler, fosfor, azot vb.) sağlık bakımından endişe verici patojen bakterileri, zehirli ağır metalleri, virüsleri de içerebilir. Bu sonuncular, bu çamurların değerlendirilmesinde mutlak suretle dikkate alınmalıdır [5].

Çamurların kullanılmasında hijyenik standartların belirlenmesi ve çamurların yok edilmesinin rizikoları büyük bir sorun olarak halen ortada durmaktadır. Fakat bu konuda üzerinde birleşilen husus zararlı madde miktarlarının kaynağında azaltılmasıdır [5].

Atıksu çamurları genel olarak patojen bakterileri, virüsleri, parazit bazı solucan türlerini içermektedir. Bunlar özel olarak bir işlem görmezlerse sağlık bakımından endişe vericidir ve hastalık aşılayabilirler. Çamurda ayrıca bazı kuşkulu organik maddelerde bulunmaktadır. Bütün bu açıklamalar, bu çamurun bitki yetiştirilmesiyle ilgili olarak toprakta kullanılmasında, insan sağlığının güvence altına alınması bakımından bazı hijyenik normların belirlenmiş olup, hukuksal açıdan bağlayıcı nitelik taşımaktadır [5].

Toprağın çamuru kullanabilme kapasitesi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Toprak ürün büyümesine elverişli olduğu kadar çamuru filtre etme, tamponlama ve absorplama kapasitesine de sahip olmalıdır. Genel olarak çamur uygulaması yapılacak olan toprağın özellikleri, orta geçirimsilikte olmalı (1.5-15 cm/ha), drenajı iyi olmalı, ağır metalin çözünürlüğünü kontrol etmek için nötr veya alkali olmalı (pH=6.5), derin olmalı, yüksek nem ve nütrient tutma kapasitesini sağlamak için ince yapıya sahip olmalıdır [16].

Stabilize hale gelen çamur, uygun koşullarda ılık iklim bölge topraklarına 20 cm. derinliğe kadar yayılabilmektedir. Eğer daha sıcak iklimlerde yayılacak olursa bu derinlik 10-15 cm.'ye kadar düşebilir [4].

Daha öncede belirtildiği gibi, atıksuların ve bu suları işleyen arıtma tesislerinin plan ve işletilmelerinin çok farklı olması sebebiyle çamur özellikleri de çok değişkendir.

Ayrıca, çamura uygulanan işlemler de çamurun karakterini değiştirmektedir. Birinci kademedeki ham çamur, biyolojik olarak kararlı olmadığından görünüş ve koku problemlerine sebep olmaktadır [4].

Çamurun hangi periyotlarla toprağa verileceği bölgenin iklim şartlarına, bitki üretim programına, müsaade edilen yüke göre değişmektedir. Toprağa verilebilecek yükün hesabında en önemli faktör toprağın taşkın ve göllenmeye sebep olmaksızın absorbe edebileceği maksimum çamur miktarıdır. İkinci önemli faktör, azot ve fosfor gibi besin maddeleridir [4].

Atıksu arıtma tesislerine giren atıksular, askıda kalmış katıları ve biyolojik arıtma da elde edilmiş katı atıklar arıtma tesislerinden çamur olarak alınıp bazı amaçlar için kullanılmaktadır. Buradaki katı miktarı, endüstri tipine ve sayısına bağlıdır. Endüstri tesislerinin bu tip atıkları şehrin kanalizasyon sistemine boşaltılmadan önce I. ve II. arıtmaya uğramaktadır. Bu işlemlerin seçimi çamur kullanımıyla tahmin edilen problemleri etkileyebilmektedir [4].

Bunların yanında uzun yıllardan beri yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, atıksu çamuru ile gübrelenen topraklarda verimliliğinin arttığını gösteren sayısal değerler bulunmaktadır. Özellikle toprakların su tutma kapasitesi, kırıntı dayanıklılığı, katyon değişim kapasitesi, besin maddesi ekonomisi ve organik madde miktarı bakımından olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Arzu edilmeyen ağır metal birikimi meydana geldiği, halde bunların dozunun besin maddesi veya yem normlarının henüz üzerine çıkmadığı bildirilmektedir [5].

Araziye uygulanan çamurlar ticari gübre olarak kullanılabilir. Bu çamurların dökülmesi için uygun yerin seçilmesi en önemli faktörlerden biridir. Bu yerler su canlılarının yaşadığı bölgelerden uzak olmalıdır, toprak oldukça geçirgen olmalıdır, ayrıca erozyon problemini en aza indirmek için eğimin %5-8 arasında olması gerekmektedir. Bir de ağır metal yoğunluğunu azaltmak için nötr yada alkali topraklar tercih edilmelidir [4].

Evsel nitelikli arıtma çamurları, genellikle bitki büyümesi için gerekli bir çok nütrient içermesine rağmen gübre değeri; atığın kaynağı, arıtılmış suyun özelliği ve kullanılan çamur arıtma işlemlerine göre değişir [16].

Çamurun araziye uygulandığı alan, ulaşımın kolay olduğu bir bölge olmalıdır. Civardaki demiryolu, otoban, denizyolu gibi ulaşım hatlarının olmaması halinde, pahalıya malolabilecek ulaşım yolları veya boru hattının inşaatı gerekebilir. [16]

4.7 Arıtma Çamurunun Uygulama Oranları

Toprağın çamuru kullanabilme kapasitesi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Toprak ürün büyümesine elverişli olduğu kadar çamuru filtre etme, tamponlama ve absorplama kapasitesine de sahip olmalıdır. Genel olarak çamur uygulaması yapılacak olan toprağın özellikleri, orta geçirimsilikte olmalı (1.5-15 cm/ha), drenajı iyi olmalı, ağır metalin çözünürlüğünü kontrol etmek için nötr veya alkali olmalı (pH=6.5), derin olmalı, yüksek nem ve nütrient tutma kapasitesini sağlamak için ince yapıya sahip olmalıdır [16].

Maksimum uygulama oranları, toprak cinsi, ürün cinsi, arazinin topoğrafyası, su kirlenmesi, iklim, koku oluşumu, uygulama yöntemi, çamur özellikleri, patojenik organizmalar, ağır metaller, besin elementleri, diğer toksik maddelerin konsantrasyonları gibi faktörlere bağlıdır. Çamurun araziye uygulanmasında, maksimum müsaade edilebilir uygulama oranları ya ağır metaller yada azot baz alınarak hesaplanmaktadır ve pratikte bu ikisinin en düşük konsantrasyonu esas alınmaktadır [16].

Uygulama oranının gerektiğinden fazla olması, tohumun filizlenmesini ve büyümesini engellediğinden dolayı, ürünlere zarar verebilir. Tohumun filizlenmesini engelleyen, atık çamur içindeki amonyaktır. Bunu engellemek için tohum atılmadan birkaç gün önce çamur toprağa püskürtülmelidir yada arıtma çamuru havalandırılmalıdır [16].

İz elementler, özellikle ağır metaller, sadece bitki üzerinde zehirlilik etkisi yaptıkları için değil, ayrıca toprakta birikim yapmaları ve bitkiler aracılığıyla insan beslenme zincirine girmelerinden dolayı da önem kazanırlar. Bazı iz elementler, özellikle bor kalıcıdır ve yer altı suyunu kirletebilir [16].

Uygar ülkelerde, yerleşim yerlerinin kanalizasyon suları bu yerlerin büyüklüğüne göre belli arıtma merkezlerinde toplanmakta, kanalizasyon suları sudan ayırtılmakta, hijyenize edilerek ve olgunlaştırılarak tarım arazilerinin organik madde ve bitki besin elementleri gereksinimini karşılamada kullanılmaktadır. Kanalizasyon artıklarının sıvı kısımları ise gerekli arıtma ve sağlık bakımından zararsız hale getirme işlemlerinden sonra akarsulara, göllere ve denizlere verilmektedir. Ülkemizde, kanalizasyon artıklarında elde edilecek kuru madde miktarı yaklaşık olarak yılda 2 milyon ton civarındadır. Organik madde miktarı 1 400 000 ton, azot miktarı ise 250 000 ton kadardır. Kanalizasyon sularının nüfus başına 200lt.'si yaklaşık olarak 1.2-2 lt sulu çamur kapsar. Buda yılda nüfus başına 0.54 –0.78 m³ kanalizasyon çamuru demektir. Sulu çamur %95-99 oranında su içerir. Kanalizasyon çamurunun yüksek oranda su içermesi, arıtılmasında ve gübre olarak değerlendirilmesinde teknik, ekonomik ve ticari sorunlar yaratmaktadır [1].

4.8 Kanalizasyon Suyu ve Arıtma Çamurunun Toprağa Etkileri

Arıtma çamuru ile gübreleme, toprağın organik madde miktarını da artırmakta ve toprağın fiziksel özellikleri üzerine olumlu bir etki yapmaktadır. Bu etkiler nedeniyle her şeyden önce toprağa bitki besin elementleri sağlayan maddeler Tablo 4.10'da verilmektedir. Ayrıca, Tablo 4.10'da farklı işlemlere tabi tutulmuş kanalizasyon sularının bitki besin elementleri kapsamı görülmektedir. Tablo 4.11'de fermente edilmiş arıtma çamurunun bitki besin elementleri ve Tablo 4.12'de de arıtma çamuru, çöp kompostu ve ahır gübresindeki bitki besin elementleri karşılaştırılmalı olarak gösterilmektedir. Tablolarda görüldüğü gibi kanalizasyon suları ve arıtma çamurları bitkilerin azot gereksinimlerinin karşılanmasına katkıda bulunabilecek miktarda azot içeriklerine karşılık fosfor ve potasyum oranları düşük olduğundan tarımsal gübre olarak kullanıldıklarında, özellikle potasyum için ek gübreleme yapılması gerekmektedir.

Kanalizasyon suyu ve arıtma çamurunun bitki besin elementi sağlaması yanında bazı problemleri de birlikte getireceği gözen uzak tutulmamalıdır. Bunlardan biri yetiştirilecek bitki türünün sınırlı olmasıdır. Ayrıca, toprakta pH değerinin, tuzların, iz elementlerin ve bitkiye zehirli olan maddelerin oranlarının yükselmesi de söz konusudur[1].

Tablo 4.10 Kanalizasyon Sularında mg/lt olarak Gübre Elementleri

	Yüzücü Maddeler	N Toplam	P	K	C	Cl
Ham Kanalizasyon Suyu	110	700-1090	3.1-6.0	21-25	87-89	85-194
Mekanik Olarak Temizlenmiş Kanalizasyon Suyu	83	25-35	6.0	2.2	-	-
Mekanik ve Biyolojik Olarak Temizlenmiş Kanalizasyon Suyu	22-24	1.6-3.0	1.0-2.9	1.9-20	106	116

Tablo 4.11 Fermente Edilmiş Arıtma Çamurunun İçerdiği Maddeler

	Kuru Maddenin %'si Olarak					
	H ₂ O	Organik Madde	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Fermente Edilmiş Sulu Arıtma Çamuru (Balın Arıtma tesisi)	973	51.2	6.3	2.98	0.47	2.60
Aerop Olarak Stabilize Edilmiş Islak Arıtma Çamuru (Blumental Arıtma Tesisi)	98.9	21.8	0.64	3.30	0.57	1.75
Neusiedl Arıtma Tesisi	88.4	2.8	0.56	0.28	0.20	1.08

Stabilize hale gelen çamur, uygun koşullarda ılık iklim bölge topraklarına 20 cm. derinliğe kadar yayılabilmektedir. Eğer daha sıcak iklimlerde yayılacak olursa bu derinlik 10-15 cm.'ye kadar düşebilir [4].

Tablo 4.12 Arıtma Çamuru, Çöp Kompostu ve Ahır Gübresinde Bulunan Gübre Elementleri (kg / 10 ton madde)

Elementler	Arıtma Çamuru		Çöp Kompostu	Ahır Gübresi
	%90 Su	%60-70 Su		
Ca	80-200	200-500	500-1000	60
N	5-6	15-30	8-10	15-20
P₂O₅	10	30	10	15-20
K₂O	0.5-1	-	30-40	60-70
MgO	40	120	50-100	15
İz Elementler (Toplam Miktar)				
Cu	0.4-2	1.6-8	0.8-1.2	0.02
Zn	0.3-2.6	1.2-10.5	8.0-12	0.12
Mn	0.6	2.4	4.2-6.0	0.4
Mo	<0.01	<0.1	0.1	0.001
B	0.02	0.08	0.6-3.6	0.03-0.04

Patojenik organizmalarla hastalıkların yayılması problemi, çamurların arazide bertarafı uygulamasına kısıtlama getirilmesine neden olmuştur. Uzun yıllar boyunca çamurların anaerobik ayrışmasının patojenik mikroorganizmaları yokettiği görüşüne inanılmış, ancak günümüzde çamurun tam dezenfeksiyonu için bu yöntemin yeterli olmadığı anlaşılmıştır, bu amaçla başka yöntemler uygulanmaktadır [16].

Kanalizasyon suyu, besin maddeleri ve organik maddelerce zengin olduğundan toprak mikroorganizmalarının çoğunun artması üzerine olumlu etkide bulunur. Toprakta organik maddenin artması ile bakteriler ve aktinomisetler kitle halinde çoğalırlar. Mekanik olarak temizlenmiş kanalizasyon suyu ile toprağın sulanması sonucunda biyolojik aktivitenin bir ölçüsü olan CO₂ çıkışının iki katına kadar yükseldiği saptanmıştır. Arıtma çamuru ile gübrelemede topraktaki mikroorganizma sayısını artırıcı yönde etki yapmaktadır. Mantarlar ve alglerin sayılarında artmalar olmaktadır. Kanalizasyon suyu ve arıtma çamurunun toprağa uygulanması toprak havalanmasını kesintiye uğratar veya engellerse toprak faunası üzerine olumsuz yönde etki yapar. Bu durumda toprak faunasının da yok olması söz konusudur. Kanalizasyon sularının pH değerleri ve tuz içerikleri de toprak canlılarının gelişmesine olumsuz yönde etki eder. Kompostlanmış veya buna denk ön işlem görmüş kuru arıtma çamuru toprak faunasının kitle halinde gelişmesini sağlar. Endüstri atık suları, fazla miktarda iz elementleri ve özellikle canlılar için toksik

maddeleri fazla içerdiklerinden toprak canlıları üzerine olumsuz etkide bulunurlar [1].

Bütün hastalık etkenleri toprağa hijyenize edilmemiş kanalizasyon suları veya arıtma çamurları ile ulaşırlar. Mikroorganizmalar genellikle toprakta kanalizasyon suyu içerisinde olduğundan daha uzun süre canlı kalabilirler. Kanalizasyon suyu içerisindeki bakteriler üst toprakta kalmayıp su ile toprağın alt tabakalarına da yayılırlar. Bu durumda toprak bir filtre görevi yapamamaktadır. Toprağın alt katlarına inen bakterilerin bir kısmı canlılıklarını kaybederler. [1]

4.9 Arıtma Çamurlarının Arazide Bertarafı Sırasında Karşılaşılabilecek Problemler

Arazide çamurun bertarafının birçok faydaları olmasına rağmen bir takım problemlerle de karşılaşma riski vardır. Bu problemler, daha öncede belirtildiği gibi koku oluşumu, zehirli bileşenlerin (patojenler ve çeşitli kimyasallar) su kaynaklarına karışması, hayvanlar ve insanlar tarafından tüketilen ürünlere patojenlerin ve kimyasalların bulaşmasıdır.

İstenmeyen kimyasalların ve patojenlerin taşınımı ve su kaynaklarına bulaşması, bertaraf alanının jeolojisine ve topoğrafyasına bağlıdır. Çamur bertaraf alanları planlandığında, toprak analizleri ve yer altı jeolojisi gözönüne alınmalıdır [16].

Evsel ve endüstriyel kaynaklardan arıtma çamuruna geçen ağır metaller büyük bir problem teşkil etmektedir. Kobalt ve bor gibi bitkilere toksik etki yapan elementlerin yanısıra çinko, bakır ve nikel gibi bazı iz elementler de fazla konsantrasyonlarda toksik etki yaparlar [16].

Çamurun gübre olarak değeri, ihtiva ettiği N, P ve K miktarına bağlıdır. Genellikle, bu maddelerin çamurda mevcut olan miktarları, iyi bir kimyasal gübrede aranan değerlerden daha düşüktür. Bu durumda kimyasal gübre kullanımı ile eksik olan besi maddesinin ilavesi sağlanabilir. Çamuru gübre olarak değerlendirirken ihtiva ettiği ağır metaller ile diğer toksik maddelerden dikkate alınmalıdır. Çamurun içerdiği nütrient değerleri ticari gübreler ile karşılaştırmalı olarak Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13 Arıtma Çamurları ve Ticari gübrelerdeki Nütrient Seviyelerinin Karşılaştırılması

	Nütrient %		
	Azot	Fosfor	Potasyum
Tarımsal Amaçlı Kullanılan Gübreler*	5	10	10
Stabilize Olmuş Arıtma Çamuru İçin Tipik Değerler	3.3	2.3	0.3

* Nütrient konsantrasyonları toprak ve bitki gereksinimine bağlı olarak değişebilir.

Farklı arıtma çamurlarının tipik nitrojen ve fosfor içerikleri Tablo 4.14'da verilmektedir.

Tablo 4.14 Farklı Arıtma Çamurlarının Tipik Nitrojen Ve Fosfor İçerikleri

Çamur Tipi	Kuru Madde %	Azot (N)		Fosfor (F)	
		Toplam (%)	Yarayışlı kg/m ³ -kg/t	Toplam (%)	Yarayışlı kg/m ³ -kg/t
Sulu çürütülmüş	4	0.21	1.7	0.20	1.0
Sulu çürütülmemiş	4	0.17	0.5	0.15	0.8
Suyu giderilmiş kireçle reaksiyona sokulmuş	40	0.80	1.8	0.90	4.5
Suyu giderilmiş polielektrolitlerle bağlanmış	40	1.30	2.6	0.90	4.5
Suyu giderilmiş çürütülmüş	50	1.50	2.3	1.1	5.5

Toprağın pH değeri ise kanalizasyon artıklarının kullanılması ile yükselir. Kanalizasyon sularının pH değeri 7-8, biyolojik olarak arıtılmış kanalizasyon sularının pH değeri 7.2-7.6 arasında değişmektedir.

4.10 Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanma Yöntemleri

4.10.1 Tankerlerle yayma: Atıksuyun araziye uygulanmasında kullanılan yöntemler, sulu haldeki arıtma çamurları içinde geçerlidir. Çamur, sulu haldeyken araziye uygulanması basit olduğu için genellikle su alma işlemleri yerine, daha ucuza mal olan sulu çamur transfer sistemleri kullanılabilir. Kapasitesi 3.8-7.6 m³ olan tankerlerle doğrudan araziye yayma, sulu çamurun uygulanmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sulu çamur, tankerlerle arkasına monte edilen delikli

borulardan akıtılarak araziye yayılır. Uygulama oranları, boruların üzerine monte edilmiş vanalarla veya tankerin hızını değiştirmek suretiyle ayarlanır. Bu sistemle, çamurun yayıldığı alanlar otlak, golf sahaları, spor alanları gibi çeşitli uygulamalar için elverişli olan alanlardır. Ancak, bu tür sistemlerin en önemli dezavantajı, yağışlı havalarda uygulama sırasında problemlerle karşılaşılması ve işletme giderlerinin yüksek olmasıdır.

4.10.2 Püskürtme yöntemi: Arıtma çamurlarının araziye verilmesi, borularda tıkanma yaratmayan sabit veya taşınabilir püskürtme sistemleri ile yapılabilir. Püskürtme sisteminin avantajları, az emek, az alan gerektirmesi ve birçok bitki türü için kullanılabilir olmasıdır. Bu sistem, ürün verme sezonu boyunca kullanılabilir. Yüksek basınçlı pompaların enerji giderleri çok fazla olması nedeniyle püskürtücüler ekonomik değildir. Aynı zamanda çamur, ürünün her yerine bulaşabilir ve hassas ürünlerin yaprakları zarar görebilir.

4.10.3 Toprak yüzeyi altına enjeksiyon yöntemi:Bu yöntemin esası, karık açma, çamuru karık içine verme ve çamurun üzerinin toprak tabakası ile kapatılması olarak özetlenebilir. Bu yöntemin diğerlerinden farkı, çamurun toprak yüzeyine değil, altına enjekte edilmesidir. Sistemin dezavantajları, mevsimsel sınırlamalar ve işletme yöntemleridir. Uygulama, ürünün büyüme döneminden önce veya ekip biçmek amacıyla kullanılmayan alanlarda yapılmalıdır.

4.10.4 Karık yöntemi:Çamurun karıklarla araziye uygulanması basit olarak ürün sulamasının karıklarla yapılması ile aynı işlemdir. Çamur, karıklar içinde dizili ürünler arasından toprağı sulayarak veya gübreleyerek akar. Avantajları, kullanılan aletlerin basitliği ve uygulanan alanların kullanım kolaylığıdır. Dezavantajları, çamurdaki katı maddelerin karıkları tıkaması ve belli eğimlerle hazırlanmış alanlara ihtiyaç duyulmasıdır [16].

BÖLÜM 5. PETROL ENDÜSTRİSİ

5.1 Giriş

Petrol (petrol sözcüğü latince *petra* “taş” ve *oleum* “yağ” sözcüklerinden türetilmiştir) %85 karbon ve %12 hidrojen ihtiva eder. Geri kalan %3'lük kısım ise oksijen , azot, sülfürdür. Petrol rafinerilerinin ürünleri ve yan ürünleri gasolin, kerosen, gazyağı, fueloil, asfalt petrol koku ve diğer bilinmeyen petrol atıkları ve insektisitler gibi maddelerdir [13].

Petrollerde, çeşitli elementlerin oranı şu değerlere yakındır; karbon %83-87, hidrojen %11-14, oksijen %3'ten az, kükürt %1'den az, azot % 0.5'ten azdır [10].

Petrol, su ve doğal gazla birlikte yeryüzüne çıkar. Açığa çıkan su daima anorganik tuzları içerir ve bunlar çoğunlukla çok tuzludur. Ham petrol, kara ve deniz yolu taşımacılığı ile veya boru hatları ile petrol rafinerilerine taşınır[13]. Çeşitli hidrokarbonlara ayrılmak üzere (katalizör kullanarak veya kullanmadan) genellikle fraksiyonel distilasyon ile rafine edilir. Bazı distilasyon ürünlerinin molekül sel yapılarını değiştirmek için sıcaklık ve basınç uygulanır. Ürünü ve çeşitli fraksiyonları yabancı maddelerden ayırmak için kimyasal ve mekanik arıtma uygulanır. Ham petrol kule içindeki bir borudan geçirilerek gasolin, kerosene , gaz yağı gibi hafif ürünler alınır ve kondanse edilir. Yabancı maddeleri arıtmak için gasolin ve karosene bir tanktan geçirilir ve orada sülfürik asit, kostik soda, plumbite ve su ile yıkanılır. Gaz yağı fuel-oil olarak satılmak için arıtılır ve depo edilir, yağlamada kullanılan yağı elde etmek için kalanların distilasyonuna devam edilir. Bütün ürünlerin distilasyonu yapıp alındıktan sonra vakum odasında kalanlar, asfalt üretimi için kullanılırlar [13].

Dünya rezervleri; Dünya'daki ham petrolün 95 milyar ton olduğu sanılmaktadır. Rezervlerin dağılımı şöyledir; Ortadoğu'da %56, eski S.S.C.B. cumhuriyetlerinde %13, Amerika'da %12, Afrika'da %9, Asya ve Okyanusya'da %6, Batı Avrupa'da %4'tür. Dünya'daki büyük petrol üreticileri arasında ilk sırayı Suudi Arabistan, Kuveyt, İran, Irak, Birleşik Arap Emirlikleri gibi Ortadoğu ülkeleri alır. Onları eski S.S.C.B. (1989'a kadar), Meksika, A.B.D., Venezuela, Endonezya, Kanada izler. Son yıllarda Libya, Nijerya, Alaska, Cezayir, İngiltere, Çin de büyük üreticiler arasına girmişlerdir [10].

Türkiye'de Petrol; Türkiye'de ilk petrol aramaları 1887'de İskenderun çevresinde başlamıştır. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (T.P.A.O.) tarafından 1964'te petrokimya sanayisiyle ilgili görevleri yerine getirmek amacıyla PETKİM'i kurulmuştur[10].

Diğer sıvı maddelerde olduğu gibi petrol, toprakta belirli miktarda absorbe edilerek tutulmaktadır. Tutulan petrol miktarı toprak tekstürü ile ilişkilidir. Hafif-orta tekstürlü topraklarda 1 m³ toprakta 10-25 litre, humuslu topraklarda ise 36 litre petrol tutulmaktadır. İnce tekstürlü topraklar, kaba tekstürlü topraklara kıyasla daha çok petrol tutabilmektedir.[5]

Petrol ve türevlerinin toprakta yayılma hızı, akışkanlığına ve bileşimine göre değişmektedir. Bunun dışında bazı toprak özellikleri de bu hususta etkili olmaktadır. Buna karşılık yatay yayılışı hızlı olur. Benzinin toprakta yatay yayılışı, diğer petrol türevlerine kıyasla 10 kat daha hızlıdır. [5]

Mineral yağların akışkanlığı, sudan daha az olmasına karşın, toprakta sudan daha hızlı hareket etmektedir. sızma hızının bir ayda 0.3-3 m. olduğu bilinmektedir. genel olarak nem, yani toprak suyu, petrol ve türevlerinin hareketli hale getirmektedir. [5]

Petrol, toprak kırıntılarını dağıtıcı, böylece toprak strüktürünü bozucu etkilere sahiptir. Bunun sonucunda da toprak havalanmasını zarara uğratar. Ayrıca toprak gözeneklerinin petrolle dolması, toprakta havalanma ve mikroorganizma faaliyeti bakımından olumsuz etki yapmaktadır [5].

Bitkilerde petrole toprak kirlenmesinden zarar görmektedir. Mineral yağlar toprak taneciklerinin etrafını bir zar gibi sararlar ve böylece köklerle toprak arasında su ve besin maddesi alış verişini engellerler. Bu nedenle, bu topraklarda bitki gelişmesi yavaşlamakta, hatta durmaktadır. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, toprağın petrol ve türevleriyle %1-0.1 oranında kirlenmesi durumunda, bitki gelişimi zarara uğramaktadır [5].

Toprağın içine girmiş bulunan petrol türevlerinin (mineral yağlar) topraktan temizlenmesi çok güçtür. Bunların topraktan tamamen yıkanması olanaksızdır veya çok uzun sürmektedir. Örneğin; 1 litre kumlu topraktan 10 cm³ petrolün yıkanması için yaklaşık olarak 400 litre suya gereksinim bulunmaktadır. [5]

Toprağın petrole kirlenmesi bazı bakterilerle temizlenebilmektedir. Petrol ayrıştırıcı organizmalarla yapılan araştırmalardan yararlı sonuçlar alınmıştır. Ayrıştırıcı bakteriler için optimum ekolojik koşulların sağlandığı kapalı mekanlarda, bazı bakteri türlerinin örneğin; helicobacter pylori topraktaki mineral yağları 3-6 ay içinde karbondioksit ve suya dönüştürecek şekilde ayrıştırdıkları saptanmıştır. Bakterilerin yağ yemeğinden arta kalan maddelerin zararsız olduğu, hatta bitkiler için yararlı ayrışma ürünü niteliğini taşıdığı belirlenmiştir [5].

5.2 Petrol Rafinerisi Atıklarının Kaynakları, Özellikleri Ve Arıtımı

Petrol atıkları kaynaklarına göre ikiye ayrılır: a) Petrol üretiminden oluşan atıklar, b) Petrol rafinerisinden oluşan atıklar. Atıklar; pompalama, tuz giderme, distilasyon, fraksiyonlama, alkilleme ve polimerizyon işlemlerinden gelir. Bu atıklar, büyük hacimde askıda ve çözünmüş katı madde, yağ, mum, sülfidler, klorürler, merkaptanlar, fenolik bileşikler, kretilatlar ve bazen büyük miktarda çözünmüş demir ihtiva ederler. Yağ atıklarının tasfiyesinde, baca gazları ile yıkama, evaporasyon, flotasyon, karıştırma, havalandırma, biyolojik oksidasyon, koagülasyon, santrifüjleme ve yakıp kül etme metodları kullanılır [13].

Petrol endüstrisinden kaynaklanan atığın tipi ve bu atıkların bileşimleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

Ham petrol çıkarma sahasındaki atıklar; kuyu açarken çıkan çamurlar, tuzlu su, serbest emülsifiye edilmiş yağ, tank tabanı çamuru ve doğal gaz olarak sıralanabilir. Bu petrol üretimi atıklarının içinde tuzlu suyun bulunması en büyük güçlüğü teşkil etmektedir. Ham petrol tabakasının üstünde veya altında tuzlu su bulunmaktadır. Bu tuzlu suyun ham petrolün içine sızmasını önlemek için pompa debisi kontrol edilmeli ve suyun girmesi önlenmelidir. Fakat bu genellikle mümkün olmamakta ve tuzlu su petrol ile birlikte kuyudan pompalanmaktadır. Fakat tuzlu su ile ham petrol yerçekimi ile birbirinden ayrılmalı ve tuzlu su bertaraf edilmelidir. [13]

Rafinerilerden gelen atıklar ham petrolün kalitesine, prosese ve kullanılan teçhizata bağlı olarak değişik özellikler taşır. Rafineri çıkış sularındaki esas kirleticiler petrol ve onun bileşenleridir. Askıda mineral katılar (kum, kil, gibi), anorganik asitler, alkaliler, tuzlar ve asitler başlıca kirleticilerdir [13].

Petrol rafinerisi atıkları, sızma ve çatlaklardan çıkan serbest ve emülsifiye edilmiş yağ, sızmalar, tankta kalan pislikler, kimyasal işlemlerden çıkan atıklar, alkali sular, asitli çamurlar, asitli sular, kimyasal tasfiyeden giden emülsiyonlar, distile ayırıcılardan gelen kondanse sular, tank tabanı çamurları, kulelerden vs. gelen kömür atıkları, asitli gazlar, atık katalizör, filtre killeri, kimyasal madde üretiminde yan ürünlerden çıkan özel kimyasal maddeler, soğutma sularıdır. Sızma ve spill'lerden gelen yağlar arıtılan ham petrolün %3 kadardır. Yağlardan asitli bileşikleri çekmek için alkali reaktiflerle muamelesi sırasında merkaptanları çekmek veya dönüştürmek için yapılan işlemler sonucunda oluşan bir seri alkali atık fena koku neşreder. Petrol rafinerisinde uygulanan işlemlerin akım şeması Şekil 5.1 de görülmektedir [13].

Tablo 5.1 Petrol Endüstrisinden Kaynaklanan Atığın Tipi ve Bu Atıkların Bileşimleri

Sanayi Cinsi	Atık Tipi	Atıkların Bileşimi
Petrol Rafinerisi	Çamurlar Filtre Kili Uçucu Kül	Kullanılmış asitler Kullanılmış bazlar Hidrokarbonlar Metal tuzları

Diğer endüstriler gibi petrol rafinerilerinde de çok miktarda su kullanılır. Her rafineri operasyonunun, birincil distilasyonundan son arıtmaya kadar, büyük hacimli proses ve soğutma suyuna ihtiyaç vardır. Rafinerilerin su ihtiyacı çelik endüstrisinden sonra ikinci sırada olmak üzere yüksektir. Rafineri de çok miktarda su kullanılmasına rağmen su suyun %80-90 kadarının soğutma amacıyla kullanıldığı API tarafından belirtilmektedir. Bu sular yalnızca sızmalardan dolayı kirlenmektedirler. Birleşik rafineri atıkları ham petrol ve çeşitli fraksiyonları, çözünmüş ve süspanse, mineral ve organik bileşikleri ve prosesin çeşitli kademelerinde oluşan çamurları ihtiva ederler. Yağlı atıklar; serbest yağ, emülsiyon halinde yağ ve askıda madde olarak bulunur ve konsantrasyonu 100 ppm'den fazla değildir [13].

Tablo 5.2 Petrol Rafinerisi Atıkları

Rafineri Ünitesi	Doğal Çözünenler Ve Bunların Son Üründe Bulunmaları	Kimyasal Reaksiyon Sonucu Çözünenler	Doğal Olarak Emülsiyon Ve Süspanسیون Meydana Getirenler Ve Bunların Son Üründe Bulunanları	Kimyasal Ve Fiziksel Etkiler Sonunda Oluşan Süspanسیون Ve Emülsiyonlar, Yapıcılar
1. Yağ deposu	a)Organik sülfür bileşikleri. b)Asitler:H ₂ S, CO ₂ , organik asitler. c)İnorganik tuzlar:NaCl, MgCl ₂ , Fe ve Al bileşikleri, CaCl ₂ ,(NH ₄) ₂ S.		a)Tank dibinde asılı maddeler. b)Çözünmeyen tuzlar, SiO ₂ , Al ₂ (SiO ₃), S, sonunda maddelerine ayrılır. c)Asfaltlı bileşikler.	
2. Distilasyon A-Doğrudan doğruya distilasyon	a)Organik azot bileşikleri b)Organik kükürt bileşikleri c)Fenol ve benzeri bileşikleri d)Naftenik asitler	a)inorganik tuzlar sülfidler, sülfid asitler, Na ₂ CO ₃ ,(NH ₄) ₂ S, Na ₂ S, sülfatlar, sülfat asitler. b)Asitler ve alkaliler, H ₂ S, NaOH, NH ₄ OH, Ca(OH) ₂ . c)(NH ₄) ₂ SO ₄ , (NH ₄) ₂ S, NH ₄ Cl. Fenol ve fenolik bileşiklerin ilavesi ile aşağıdaki bileşikler	Çözünmeyen organik ve inorganik tuzlar, kükürt bileşikleri. Sülfonik ve naftenik asitlerve çözünmeyen merkaptanlar.	a)Kulcelerdeki buhardan gelen yağ-su emülsiyonları vs. b)Sabunlar c)Vakslı emülsiyonlar d)Metal oksitleri.
B-Kraking ve distilasyon	a)Organik azot bileşikleri b)Organik kükürt bileşikleri c)Fenol ve benzeri bileşikleri d)Naftenik asitler	a)Organik azot bileşikleri b)Organik kükürt bileşikleri c)Fenol ve benzeri bileşikleri d)Naftenik asitler	a)Askıda halde kok. b)Çözünmeyen tuzlar FeS ve SiO ₂	a)Organik azot bileşikleri b)Organik kükürt bileşikleri c)Fenol ve benzeri bileşikleri d)Naftenik asitler

Tablo 5.2'nin Devamı

3.İşlem (Kimyasal Muamele) A-Sweetening (Alkali plumbit çözeltisi ile muamele) sülfürik asitle nötralizasyon B)Balçıkla muamele C)Kil ile muamele	a)Organik kükürt+bileşikleri b)Organik azot+bileşikleri c)Naftenik asitler d)Fenilatlar a)Organik kükürt+bileşikleri b)Organik azot+bileşikleri c)Naftenik asitler d)Fenilatlar	a)Organik kükürt bileşikleri b)Fenolik ve sülfonat bileşikleri c)Zayıf H ₂ SO ₄ ve diğer asit çözeltileri d)Sabunlar e)İnorganik tuzlar CaCl ₂ , NaCO ₃ , Na ₂ SO ₄ . f)Alkali çözeltilerde çözünen oksitler; PbO, CaO, vs. a)Organik kükürt bileşikleri b)Fenolik ve sülfonat bileşikleri c)Zayıf H ₂ SO ₄ ve diğer asit çözeltileri f)Alkali çözeltilerde çözünen oksitler; PbO, CaO, vs.	a)Asılı maddeler; PbS, S bileşikleri. b)Asit ve alkali çamur c)Polimer ve reçineler a)Asılı kil, toprak b)Polimer ve reçineler	a)Vakslı emülsiyonlar b)Yağ-su emülsiyonları c)İnorganik tuzlar; PbS, CaSO ₄ , CaHPO ₄ . d)Sabunlar e)Oksitler; PbO, Fe ₂ O ₂ . a)Askıda kil, toprak. b)SiO ₂ , H ₂ SiO ₃ , Al(OH) ₃ .
4.Geri kazanmak A-Gaz saflaştırma ve geri kazanma B-Asit geri kazanma	a)Organik kükürt bileşikleri a)Sülfonatlar b)Mineral asitler c)Organik azot bileşikleri	a)İnorganik tuzlat; Sülfatlar, asit sülfatlar, sülfidler, asit sülfidler, FeS, (NH ₄) ₂ S, Na ₂ CO ₃ , Na ₂ S. b)Merkaptanlar a)İnorganik tuzlar ve H ₂ SO ₂ , SO ₃ . b)Organik esterler	Çözünmeyen kükürt bileşikleri ve merkaptanlar a)Organik süspansiyon yapıcılar: katranlar b)Bazı kükürt bileşikleri c)Bazı azot bileşikleri	Askıda Fe ve S bileşikleri. a)Asit çamurları
5.Çeşitli işlemlerden gelen A-Soğutma ve kaynatma suyu muamelesi B-Yangında korunma		İnorganik tuzlar: BaCl ₂ , NaCl, NaHCO ₃ , Na ₂ SiO ₃ , CaCl ₂ , MgCl ₂ , Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SO ₄ , Na ₂ HPO ₄ , CaHPO ₄ vs. a)İnorganik tuzlar; NaHCO ₃ , Na ₂ SO ₄ , Al ₂ (SO ₄) ₃ . b)Organik bileşikler		Çözünmeyen ve kolloidal bileşikler; CaCO ₃ , BaCO ₃ , Ca(OH) ₂ , Mg(OH) ₂ , Ba(OH) ₂ , Ca ₃ (PO ₄) ₂ .

Şekil 5.1'de ise petrol endüstrisinde değişik üretim kademelerinde oluşan petrol rafinerisi atıkları özetlenmiştir. [13]

Petrol rafinerilerinde her bir işlem kademesinden değişik türde atıklar oluşur. Bazı işlem kademeleri ve atıkların özellikleri aşağıda kısaca özetlenmiştir. [13]

Ham petrol ve Ürün Depolanması:Ham petrolün depolanması süresince su petrolden ayrılır. Bir atıksu, serbest ve emülsiyeye petrol, askıda katkı maddeleri ve dip

çamurunu ihtiva eder. Depolanmanın son ürünü olarak yüksek BOI'li ve Pb tetra etil'li alkali atıksular oluşur. Tankların temizlenmesi esnasında petrol içeren KOI ve askıda katkı madde değerleri yüksek atıksular oluşur. [13]

Ham Petrolden Tuz giderme: Bu işlem kimyasal veya elektrostatik yollarla olur. Anorganik tuzları ve askıda katı maddeleri uzaklaştırmaya yarar. Bu işlem esnasında oluşan atıklar; askıda katı maddeleri, emülsiyeye ve serbest petrolü içerirler, klorür konsantrasyonları çok yüksektir.

Birincil Rafinasyon: Ham petrol fraksiyonlarına birincil rafinasyon işlemleri uygulanarak ham petrol çeşitli kaynama noktası sınırlarındaki ara fraksiyonlara ayrılır. Bu ara fraksiyonlar gazolin, nafta, karosen, fuel-oil ve asfalttır. Altta biriken su geri sirküle edilir. Oluşan atıklar ise yüksek sülfür konsantrasyonu, yağ, klorür, merkaptanlar ve fenollerini içerir. Emülsiyonları içeren atıksular barometrik kondenserlerde oluşur. [13]

Termal Kraming: Ağır petrol fraksiyonlarını ısı ve basınç uygulayarak daha hafif petrol fraksiyonlarına ayırmak için kullanılır. Fraksiyonatörlerde oluşan atıksular petrol fraksiyonlarını, amonyak, fenol ve sülfürleri içerir. [13]

Katalitik Kraming: Çok yüksek kalitede benzin ve diğer ürünleri elde etmek için kullanılır. Atıksular buhar stripper'lerden overhead akümülatörlerden veya fraksiyonatörlerden gelir. Atıksular alkali niteliktedir. [13]

Hidrokraking: Hidrokarbon besleme stoklarını benzin ve yüksek kaliteli orta distillatlara dönüştürmek için uygulanır. Prosesin esası hidrojen yokluğunda katalitik kramingdir. Oluşan atıksular; yüksek sülfür, fenol ve amonyak içerirler. [13]

Reforming: Bu işlem, naftayı yüksek oktanlı benzine dönüştürür ve petrokimyasal maddeler için aromatikleri oluşturur. Atıksuyun hacmi azdır ve sülfür bileşiklerini içerir. [13]

Polimerizasyon: Olefin besleme stoklarını yüksek oktanlı polimer benzine dönüştürür. Atıksu hacmi küçüktür, ancak sülfürleri, merkaptanları ve amonyacı içerir. [13]

Alkilasyon:Normal gaz hidrokarbonları yüksek oktanlı motor fuel'ine dönüştürmek için kullanılır. Olefinin aromatik veya parafinik hidrokarbonlar ile katalizör yokluğunda reaksiyonundan ibarettir. Fraksiyonlaşma kısmından overhead akümülatörlerden alkilasyon reaktörlerinden ve kostik yıkamalardan atıksular oluşur. [13]

İzomerizasyon: Normal butondan, pentan ve heksandan yüksek oktanlı izomerlerin oluştuğu "molekülleri yeniden düzenleme" prosesidir. Bu işlemde oluşan atıksular, fenolik bileşikler ve diğer oksijen tüketen maddeleri içerir. [13]

Solvent Refining: Yüksek dereceli yağlama yağı stokları veya aromatikleri üreten bir solvent ekstraksiyon prosesidir. Atıklar, solvent ve yağ içerirler. [13]

Dewaxing İşlemi: Lube-oil stoklarından vaksları uzaklaştırmaya yarar. Bu işlemde oluşan atıksular solventleri içermektedirler. [13]

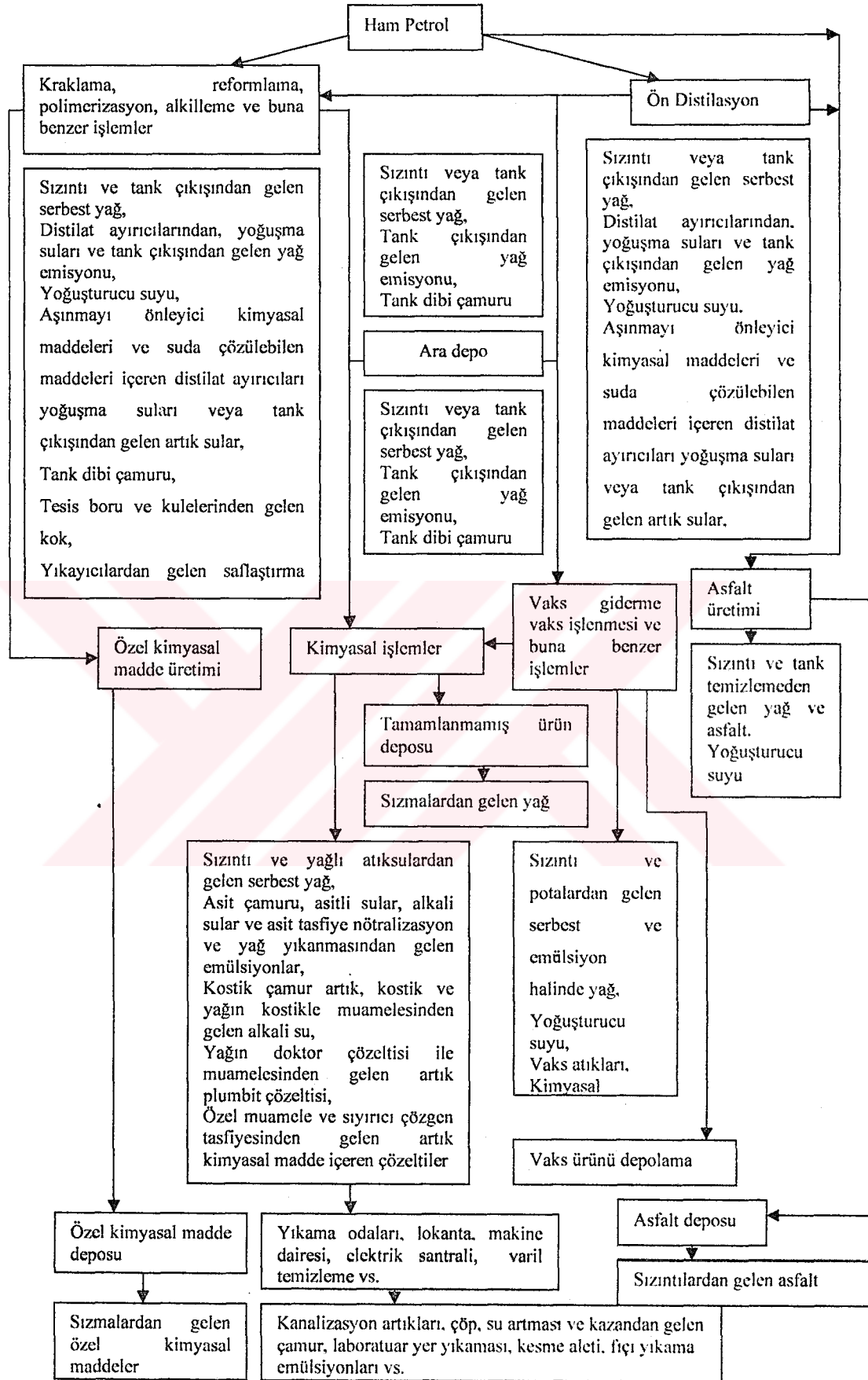
Hidrotreating İşlemi: Sülfür bileşiklerinin, renk ve gum oluşturan maddelerin hidrojenin katalitik faaliyetleri ile çeşitli petrol fraksiyonlarından uzaklaştırılmasıdır. Oluşan atıklar fraksiyonatörlerden, overhead akümülatörlerden-buhar stripper'lerden gelir ve sülfür ile amonyak içerir. [13]

Asfalt Giderme(Deasfaltering): Asfalt veya viskoz hidrokarbon fraksiyonlarından reçineleri gidermek için uygulanan bir solvent ekstraksiyon prosesidir. Atıksular az miktarlarda sülfür, petrol ve amonyak içerirler. [13]

Kurutma ve Sweeting: Sülfür bileşiklerini, su ve diğer safsızlıkları gasolinden, kerosen, jet fuellerinden uzaklaştırır. Atıksular kostik özelliktedir, yüksek konsantrasyonlarda fenolik maddeleri ve sülfürleri içerir. [13]

Waks ve Yağ(Gres) Üretimi: Az miktarda yağ içeren atıksular oluşturur. Atıksular asidiktir, çözünmüş ve süspanse katıları, sülfatları, sülfonatları ve stabil yağ emülsiyonları içerirler. [13].





Şekil 5.1 Petrol Rafinerisinde Uygulanan İşlemler ve Oluşan Atıklar

BÖLÜM 6. TÜPRAŞ

6.1 Faaliyet Alanları

TÜPRAŞ'ın ana faaliyet konusu, sahibi olduğu rafinerilerde hampetrol işleyerek ülkemizin ihtiyacı olan petrol ürünlerini sağlamaktır. TÜPRAŞ'a ait genel akı şeması Şekil 6.1'de verilmiştir. [33]

TÜPRAŞ'ın faaliyet konuları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

*Hampetrol tedarik etmek,

*Hampetrol rafine etmek

*Petrol ürünleri ihraç ve ithal etmek,

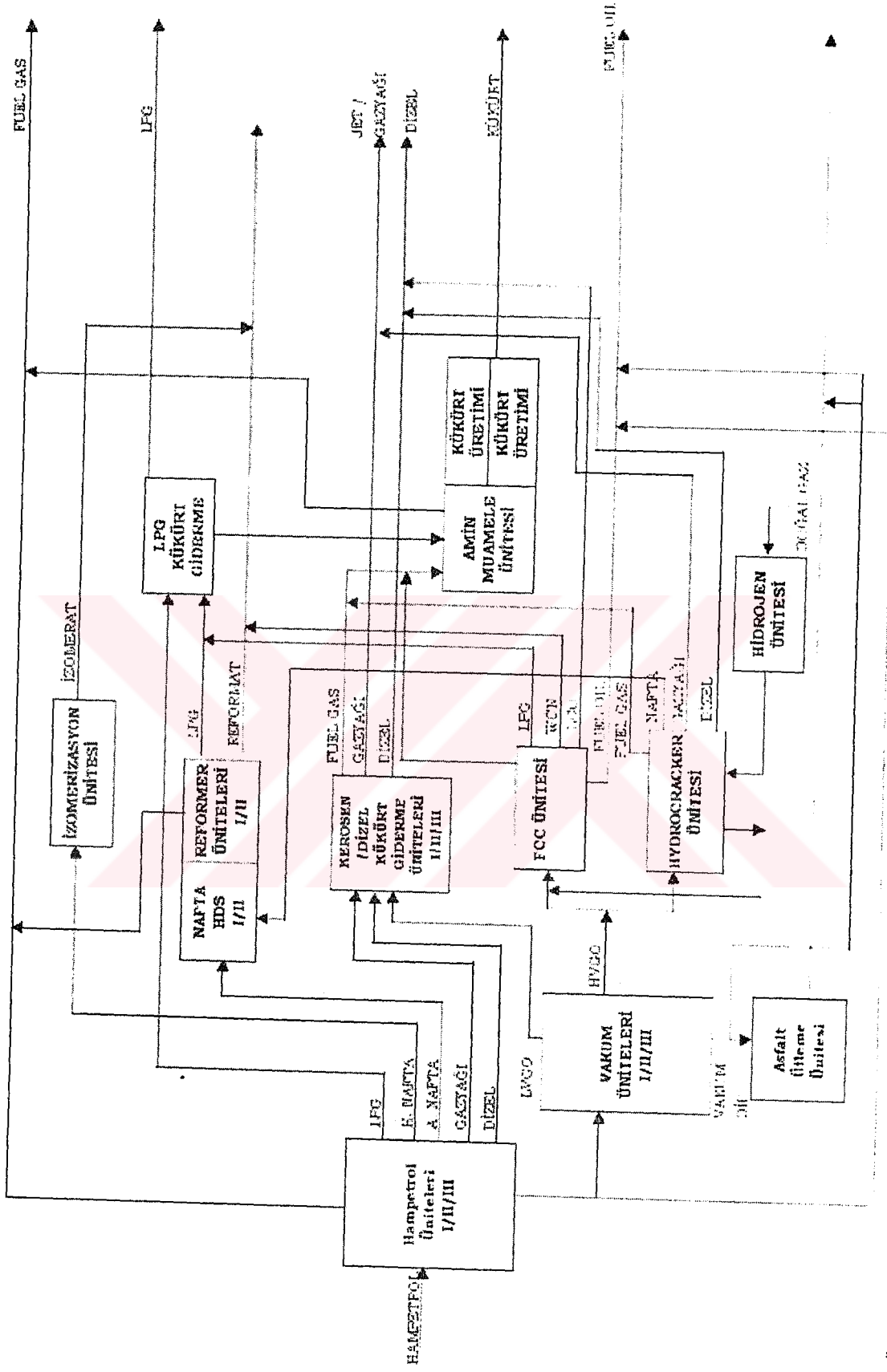
*Petrol rafinerileri veya yeni üniteler kurmak, satın almak, devralmak ve işletmek,

*Petrokimya sanayi alanında fabrikalar, tesisler kurmak, işletmek ve bu maddelerin yurtiçi ve yurtdışı ticaretini yapmak

*Her türlü enerji ve enerji ile ilgili sanayi alanında santraller, tesisler kurmak ve işletmek. [33]

6.2 TÜPRAŞ'ın Çevre Koruma Konusundaki Çalışmaları

TÜPRAŞ, kuruluşundan bu yana çevre ve toplum sağlığına duyarlıdır. Hedef Avrupa Birliği'nin çevre standartlarına uymaktır. Atık sular fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtmalardan geçirilerek yönetmeliklerde belirtilen kalitenin üzerinde deşarj edilmektedir. Deşarj izinleri periyodik olarak alınmaktadır. İşkelelerde ve gemilerde meydana gelebilecek yangın ve mahsul kaçaklarına müdahale edebilecek su ve köpük püskürtme sistemleri ile donanımlı romörkörler mevcuttur. Akaryakıt dökülmelerini kontrol altına almak ve toplamak için yüzer bariyerler ve sıyrıcı pompalar her an kullanıma hazırdır. Rafinerilerde bacaların birleştirilmesi, yükseltilmesi ve kükürt oranı %1.5 altında olan düşük kükürtlü yakıtların kullanılması ile hava kirliliği ile mücadele ve baca gazı emisyon izinlerinin alınması çalışmalarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir [33].



Şekil 6.1 TÜPRAŞ A Ait Akım Şeması

6.3 Arıtma Çamurunun Alındığı Ünitenin Dizayn Esasları

Arıtma sisteminde çamurun alındığı ünite, nötralizasyon ünitesinin çıkışıdır. Kullanılmış kostik nötralizasyon ünitesinde, sülfidik ve fenolik kostik artıkları üç yolla nötürleştirilebilir.[31]

Birinci Yol: Sülfidik ve fenolik kostik birleştirilerek %0,5 lik kullanılmış sülfürik asit ile sürekli proses şeklinde (continious) nötrleştirilir. Bu arada gerekli miktarda sülfürik asit ilave edilir.

İkinci Yol: Sülfidik kostik % 0.5 H₂SO₄ (ağırlaştırıkça) ile sürekli proses şeklinde nötrleştirilir. Bu arada gerekli miktarda konsantre sülfürik asit ilave edilir.

Üçüncü Yol: Fenolik kostik kesikli proses şeklinde sadece konsantre sülfürik asit ile nötrleştirilir ve fenol ayrıştırılır.

6.3.1 Nötralizasyon ünitesine giren akımların özellikleri

Her bir akımın özellikleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1 Nötralizasyon Ünitesine Giren Akımların Özellikleri-I

		Sülfidik Kostik	Fenolik Kostik
Miktar	Normal	10 m ³ /gün	5 m ³ /gün
	Maksimum	34 m ³ /gün	9 m ³ /gün
NaOH (şarj olarak)		%14.4 Max.Wt.	%14.4 Max.Wt.
S (NaHS olarak)		85 000 ppm.Wt	45 000 ppm.Wt
Fenol (C ₆ H ₅ OH)		1 500 ppm.Wt	150 000 ppm.Wt
Merkaptanlar (RSH)		300 ppm.Wt	300 ppm.Wt
Serbest Yağlar		%1 hacim	%1 hacim
Spesifik Gravite		1.14	1.14

Tablo 6.2 Nötralizasyon Ünitesine Giren Akımların Özellikleri-II

	Kullanılmış Sülfürik Asit	Konsantre Sülfürik Asit
Miktar	220 m ³ /gün	Gerektiği kadar
H ₂ SO ₄ oranı	%0.5 w/w	%93 w/w
Spesifik Gravite	1	1.84

6.3.2 Arıtma çamurunun alındığı kostik nötralizasyon ünitesi

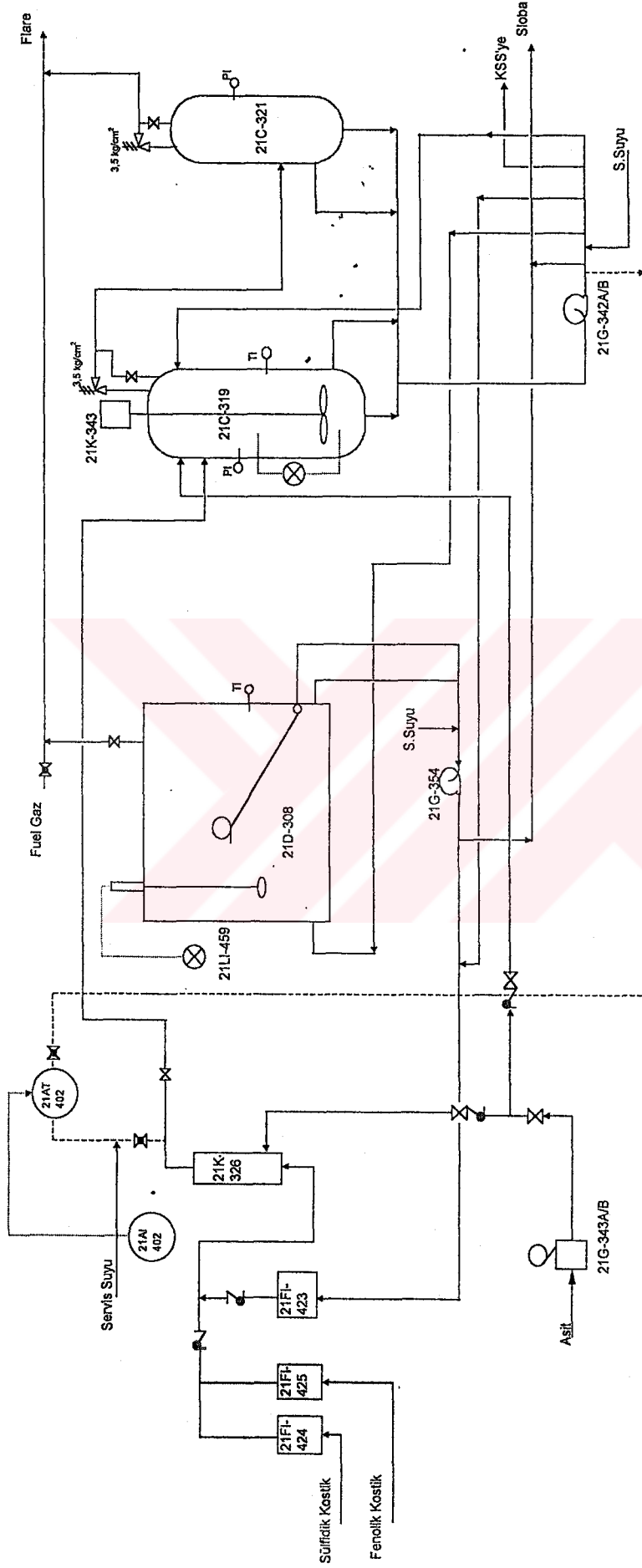
Kostik çözeltileri rafinerilerde üretilen ürünlerin bazılarının içinde bulunan H_2S ve merkaptanların ekstraksiyonu veya disülfürlere çevrilerek tatlılaştırılması amacıyla kullanılırlar. Kullanım sonucunda açığa çıkan atık kostikler, sülfidler , merkaptanları, sülfatları, fenolatları ve organik ve inorganik bileşikleri ihtiva edebilir. Bu tür kirlilikler deşarj edildikleri ortamdaki suların kirlenmelerine neden oldukları için uzaklaştırılmaları gerekir. Rafinerimizde bu tür kostiklerin sistemden uzaklaştırılmaları nötralizasyon işlemiyle yapılmakta daha sonra nötralize akım stimle sıyırma ve biyolojik arıtım işlemine tabi tutulmaktadır[31].

Nötralizasyon işleminde atık kostikler sülfürik asitle muamele edilerek pH'ı ayarlanmakta bu esnada sülfidler ve merkaptanlar hidrojen sülfür ve sodyum sülfata dönüşmekte fenolatlar ise fenol ve sodyum sülfata dönüşmektedir. Fenolatlar suda çözünen maddeler olduğu halde fenolle suda çözünmez ve ayrı bir faz oluşturur. Bu prensipten yararlanarak fenoller karışımdan ayrılmaktadır. Fenollerin ayrışmasından sonra su fazı stimle sıyırma işlemini yapmak için başka bir üniteye yollanmaktadır.[31]

6.3.2.1 Arıtma çamurunun alındığı ünitenin çalışma şekli

Ünitenin akım şeması Şekil 6.2 'te verilmiştir. Sistem tamamen kapalı olarak çalışan bir sistem olup muhtelif noktalarda otomatik çalışan akım, seviye basınç. v.s. gibi kontrol sistemleri mevcuttur.

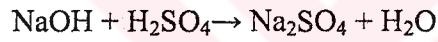
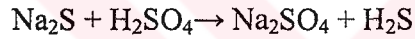
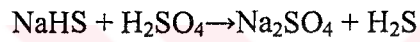
Ünitelerin özelliklerine göre iki ayrı modda çalıştırılmaktadır.



Şekil 6.2 Nötralizasyon Ünitesi Akım Şeması

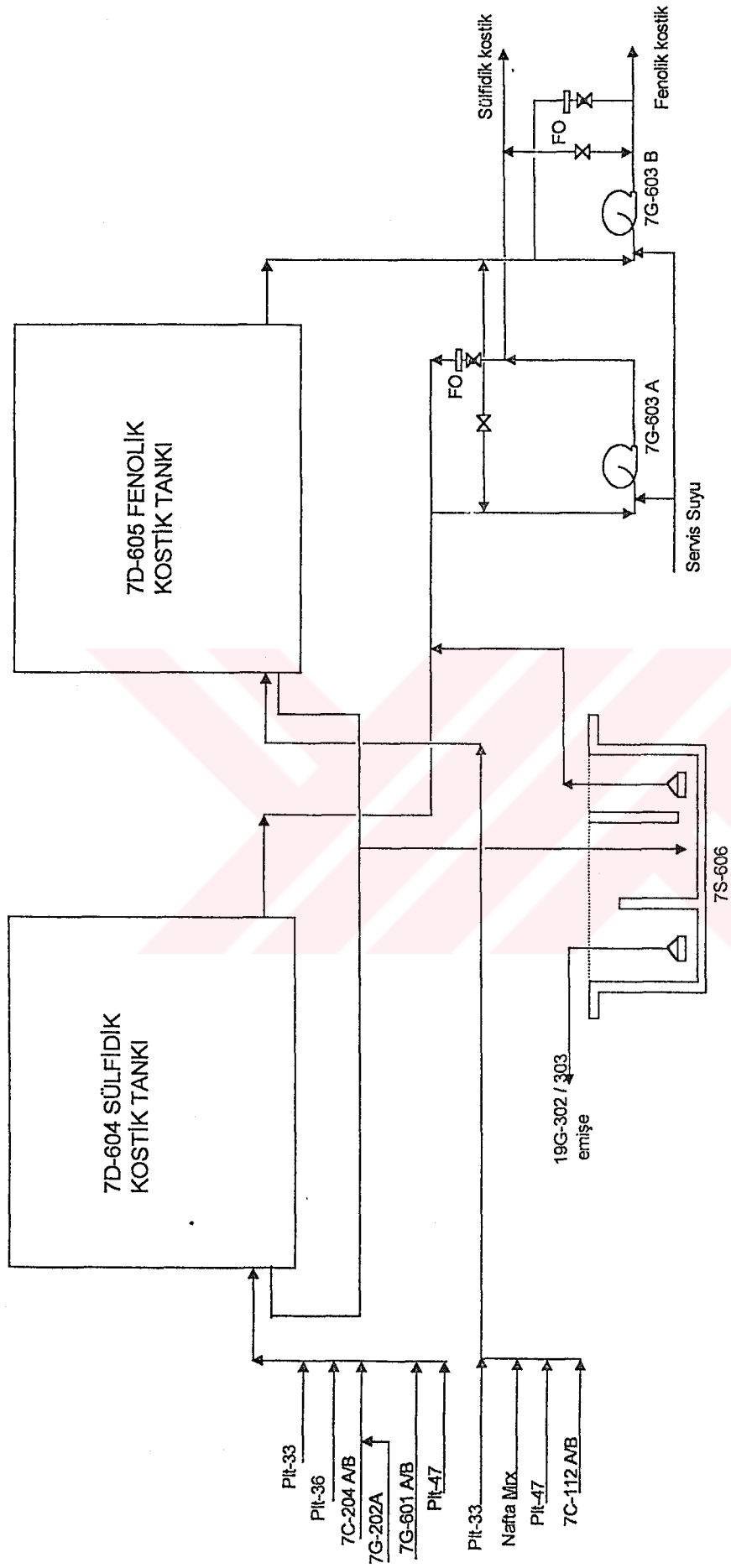
Sülfidik Kostiklerin Nötralizasyonu:

7D-604 tankından pompayla basılan sülfidik kostik statik mikserde 21G-343 pompalarıyla basılan asitle karıştırılarak 21C-319 flash tankına alınır. Tankta bulunan mikser sürekli olarak çalışır vaziyette tutulmaktadır. Tankta seviye %80 olunca kostik ve asit pompaları durdurularak sistem 21C-342 pompaları ile sirkülasyona alınır. Sirkülasyon halinde pompa çıkışta bulunan numune alma yerinden sistemin pH'sına bakılarak drama iştiraklı asit hattı vasıtasıyla pH=6-7 arasına ayarlanır. pH ayarlama sırasında açığa çıkan hidrojen sülfür gazı flare hederinden flare (meşale) gider. pH'sı ayarlanan akım içinde kalabilecek hidrojen sülfürün uzaklaştırılması amacıyla stimle sıyırma işlemi yapmak için kirli su su sıyırma ünitesine yollanır. Bu ünite ile ilgili akım şeması Şekil 6.3'de verilmiştir.[31] Nötralizasyon işlemindeki reaksiyonlar aşağıda özetlenmiştir.



Fenolik Kostiklerin Notralizasyonu:

7D-605 tankından pompayla basılan fenolik kostik statik mikserde 21G-343 pompalarıyla basılan sülfirik asitle karıştırılarak 21C-319 flash tankına alınır. Tankta seviye %80 olunca kostik ve asit pompaları durdurularak sistem 21C-342 pompaları ile sirkülasyona alınır. Sirkülasyon halinde pompa çıkışta bulunan numune alma yerinden sistemin pH'sına bakılarak drama iştiraklı asit hattı vasıtasıyla pH=6-7 arasına ayarlanır. pH ayarlama sırasında açığa çıkan hidrojen sülfür gazı, flare hederinden flare (meşale) gider. pH'sı ayarlanan karışım dinlendirmek ve fenol ayrışmasını sağlamak için 21C-321 tankına alınır. Aynı şekilde bir işlem daha yapılarak 21C-321 tankına alınır ve karışım fenol ayrışmasını sağlamak için 21C-321 8-16 saat arasında dinlendirilir. Fenol ayrışmasından sonra 21C-321 tankındaki seviye camına göre alttaki su stimle sıyırma ünitesine üstteki fenol fazı ise rafineri ham petrol tankına yollanır. Bu işlem, pompa ile ve kapalı sistemde yapılır. Bu ünite ile ilgili akım şeması Şekil 6.3'de verilmiştir. [31]



Şekil 6.3 Sülfidik Kostik ve Fenolik Kostik Tanklarının Akım Şeması

BÖLÜM 7.

7.1 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneyisel çalışmalar için öncelikli olarak deneme kapları kurulmuştur. Deney düzenekleri için kullanılan malzemeler, 4 adet deneme kabı, 8 g. çim tohumu, 4g. marul tohumu, 4 saksılık toprak, 2 numaralı elektir. Deneme kaplarında kullanılan toprak, belirli oranlarda kireç ile karıştırılmadan önce analiz edilmiş ve analizlerin sonuçları Tablo 7.1'de verilmiştir. Yapılan denemeler ile ilgili tüm analizler, TÜBİTAK-MAM Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Analiz Laboratuvarı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7.1 Toprak Analizi Sonuçları

Parametre	Birimi	Toprak
Kalsiyum(Ca)	mg/kg	51480
Magnezyum(Mg)	mg/kg	5652
Silis(Si)	mg/kg	<20
Demir(Fe)	mg/kg	21200
Alüminyum(Al)	mg/kg	11500
pH	-	8.1

Sakarya İl'i dahilinde, geniş alanlarda kireçli toprak sınıfına giren toprak bulunmadığı için ve toprağa karıştıracağımız kireç oranını tayin edebilme düşüncesi ile kullanılacak toprak, kireç ile karıştırılarak kireçli toprak haline getirilmiştir. Bu amaçla, varolan toprağa Tablo 7.2'de içeriği verilen kireç (kalker) belirli oranlarda ilave edilmiştir.

Tablo7.2 Kireç (kalker)in İçeriği

Parametre	Birimi	Kireç (Kalker)
CaCO ₃	%	98.55
MgCO ₃	%	0.57
CaO(top)	%	55.21
MgO(top)	%	0.27
SiO ₂	%	0.39
Al ₂ O ₃	%	0.105
Fe ₂ O ₃	%	0.045
K ₂ O	%	0.015
BaO	%	0.015
SO ₃	%	0.025
S	%	0.010
P	%	0.016
CO ₂	%	43.45
Yoğunluk	%	2.72

Yapılan ve sonuçları Tablo 7.1 ve Tablo 7.2’de verilen analiz sonuçları ışığında 4 deneme kabı aşağıda verilen içeriklerle oluşturulmuştur.

7.2 Deneme Kaplarının İçeriklerinin Belirlenmesi

* 1.Deneme kabı: Toprak (Kontrol Kabı)

1.deneme kabına 2000 gr. toprak konulmuştur.

* 2.Deneme kabı: Toprak+Asit

Bu kaba, 2100 gr. toprak ve 475 ml. %20’lik H₂SO₄ atık asit ilave edilmiştir. Homojen bir karışım elde edilmiş ve ıslak olan karışım kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra 2 numaralı elekten elenmiştir.

* 4.Deneme kabı: Toprak +Asit+Kireç

800 gr. toprak, 1100 gr. kireç ve 1375 ml. %20’lik H₂SO₄ atık asit ilave edilmiştir. Homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırılmış ve ıslak olan bu karışım da kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra 2 numaralı elekten elenmiştir.

* 5.Deneme kabı: Toprak+Kireç (Kontrol Kabı-II)

800 gr. toprak ve 1100 gr. kireç karıştırılmıştır. 2 numaralı elekten elenmiştir.

Her kaptan analiz için numune alınmıştır. Daha sonra kaplar tam ortalarından ikiye ayrılacak şekilde bir bölme ile ayrılmışlardır. İkiye bölünen tüm kapların yarısına 1 g. marul tohumu, yarısına da 2 g. çim tohumu ekilmiştir ve bu deneme kapları 42 gün boyunca sürekli izlenerek ölçümler alınmıştır. Cumartesi ve Pazar günleri laboratuara girme şansı bulunmadığından bu günler haricinde izleme gerçekleştirilmiştir.

Deneme kaplarını hazırlanması için, öncelikli olarak Kampüs Alanının içinde rasgele seçilen bir alandan, gerekli olan toprak alınmıştır. Alınan bu toprağın içeriği Tablo 7.1'de verilmektedir. Bu toprağın analizi daha öncede belirtildiği gibi TÜBİTAK-MAM Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. İçeriği belli olan toprak numunesiyle deneme kapları hazırlanmıştır. İlk olarak, 1. deneme kabı hazırlanmıştır. Bu deneme kabı çalışmanın verimliliğini kıyaslamak için kontrol kabı olarak oluşturulmuştur. Sözü edilen deneme kabı, sadece analizi yaptırılan topraktan oluşmaktadır. 1. deneme kabına 2000 g. toprak konularak ekimlerin yapılması için diğer deneme kapları hazırlanana kadar bekletilmiştir. Daha sonra 2. deneme kabının hazırlıkları yapılmıştır. Hazırlanan pilot karışımlar neticesinde elde edilen sonuçlar ile asıl deneme kabının bileşenleri olan 2100 g. toprak ve 475 ml. arıtma çamuru büyük bir deney kabında homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır. Ve bu karışım 2 gün süreyle kurumaya bırakılmıştır. 2 gün sonunda kuruyan karışım, 2 numaralı elekten elenerek diğer deneme kapları hazırlanana kadar bekletilmiştir. Daha sonra 4. deneme kabının pilot karışımı için öncelikle 15 g. toprak (pH=8.1), 10 g. kireç (pH=7) ve 20 ml. atık asit (pH=3.34) ölçülerek bir yerde muhafaza edilmiştir. Bitki yetiştirmeye elverişli olan bir pH değeri olan 6.5-7.5 değerlerine ulaşılmıştır. Bu pH değerine ulaşmak için ölçülen bu miktarlardan 4 g. topraktan, 4.5 g. kireçten ve 5.5 ml. atık asitten kullanılarak pilot karışımın pH değeri istenilen seviyeye getirilmiştir. Bu işlemlerin sonunda kurulması gereken deneme kabının hazırlanması için pilot karışımın 240 katı olan 800 g. toprak, 1100 g. kireç ve 1375 ml. atık asit kullanılarak deneme kabının bileşenleri hazır hale getirilmiştir. Bu bileşenler, büyük bir kap içinde birbirleriyle homojen bir karışım oluşturacak şekilde karıştırılmıştır. Ve bu karışım 1-2 gün kendi halinde kurumaya bırakılmıştır. 2 gün sonunda, kuruyan karışım 2 numaralı elekten elenerek

diğer deneme kaplarının hazırlanması için bekletilmeye alınmıştır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabı ise ikinci bir kontrol amacı taşımaktadır. Bu deneme kabı kireç içeriği çok yüksek olan hatta kullanılması pek mümkün olmayan taşlı topraklardaki durumu gözleme şansını elde etmek amacıyla hazırlanmıştır. Bu deneme kabı da 4. deneme kabında kullanıldığı gibi 800 g. toprak ve 1100 g. kireç karışımından oluşmaktadır. Bu karışım homojen hale gelmesi bir spatula vasıtasıyla karıştırılmıştır. Ve 2 numaralı elekten elenerek beklemeye alınmıştır.

Sonunda, hazırlanan tüm deneme kapları ekimlerin yapılabilmesi için ve ekimlerden sonraki devrede sabit bir mekanda kalması açısından laboratuvar ortamında uygun bir yere, ışık ve havalanma gözönünde bulundurularak yerleştirilmişlerdir. Tüm deneme kaplarının, çim ve marul gibi iki farklı deneme bitkisi söz konusu olduğundan, iki kısma ayrılması gerekmektedir. İkiye ayrılan deneme kaplarının birer bölümüne 1'er g. marul tohumu diğer bölmelerine de 2'şer g. çim tohumu ekilmiştir. Sonra marul ekimlerinin yapıldığı her bir bölmeye 500'er ml. saf su, ve çim ekimlerinin yapıldığı her bir bölmeye de yine aynı ölçüde 500'er ml. saf su ilave edilmiştir. Ekim ve sulama işlemlerinden sonra her bir deneme kabının fotoğrafı EK-I'de Fotoğraf 1, 2, 3, 4'de verilmektedir.

Her gün belirli periyotlarda havalanma ihtiyacının karşılanması için pencereler açılmış ve sulama işlemine devam edilmiştir.

Tohumların ekiminden sonraki gün, havalandırılmalarının sonunda deneme kaplarının her bir bölümünün ihtiyacı olan 100'er ml.'lik sulama işlemi yapılarak tamamlanmıştır. 3. gün havalandırılmanın ardından 1. deneme kabının her bir bölümüne 300'er ml., 2.deneme kabının her bir bölümüne 300'er ml., 4. deneme kabının her bir bölümüne 250'şer ml. ve son deneme kabı olan 5. deneme kabının her bir bölümüne 250'şer ml. saf su ile sulama işlemi yapılarak tamamlanmıştır. 4. ve 5. günler hafta sonu olduğu için hiçbir işlem yapılmamıştır ve 6.gün havalandırılmalarının sonunda deneme kaplarının her bir bölümünün ihtiyacı olan 100'er ml.'lik sulama işlemi yapılmış ve ardından fotoğrafları (EK-I Fotoğraf 5, 6, 7, 8) ve ölçümleri alınmıştır. Tablo 7.3'de her gün bu şekilde rutin olarak devam eden yapılan işlemler verilmektedir. Deneme kaplarının ekilmesinden itibaren bu işlemler

42 gün boyunca yapılarak tamamlanmıştır. Bu deneme kapları, hazırlandıktan sonra bitkilerdeki gelişimi göstermek üzere belirli aralıklarla çekilen tüm fotoğraflar EK-I'de verilmiştir. Ekimlerden sonra düzenli olarak her gün izlenen deneme kaplarındaki değişiklikler kaydedilmiştir. Deneme kaplarına ekilen çim ve marul tohumları 4 gün sonunda çimlenmişlerdir ve toprak üzerinde görünmeye başlamıştır. 6. ve 7. günlerde çim ve marul bitkileri tanınmaya başlamışlardır. Deneme kaplarına ekilen çim ve marul bitkilerinin ortalama ve maksimum boy uzamaları her gün not edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırması yapılmıştır. Her deneme kabındaki çim ve marul bitkisinin ortalama ve maksimum boy uzama eğrilerinin karşılaştırması ayrı ayrı şekillerde verilmiştir. Şekil 7.1'de 1. deneme kabının, Şekil 7.2'de 2. deneme kabının, Şekil 7.3'de 4. deneme kabının, Şekil 7.4'de 5. deneme kabının boy uzama eğrileri karşılaştırılmıştır. Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'da da sırasıyla deneme kaplarındaki çim ve marul bitkilerinin ortalama ve maksimum boy uzama eğrilerinin karşılaştırılması verilmiştir. Deneme kaplarındaki çim ve marul bitkilerinin izlenmesi sırasında çim bitkisi daha kısa sürede toprağın yüzeyine çıkmıştır ve boy uzaması daha hızlı olmuştur. 1. deneme kabında çim bitkisi ilk 5-6 gün içinde gözle farkedilecek kadar hızla uzamış ve daha sonraki günlerde biraz daha yavaş bir boy uzaması kaydedilmiştir. Aynı deneme kabında marul bitkisi ise ilk 10 gün içinde biraz hızlı bir boy uzaması gerçekleştirmiştir. Fakat 20.-40. günler arasında boy uzunluğu sabit kalmıştır. Şekil 7.1'de daha ayrıntılı olarak verilmiştir. Boy uzunlukları tüm deneme kapları arasında en fazla 2. deneme kabında olmuştur. Diğer deneme kaplarında olduğu gibi 2. deneme kabında da ilk 10 gün hızlı bir boy uzaması kaydedilmiştir ve diğer deneme kaplarına oranla daha koyu yeşil renkli bitkilerin büyümesine imkan sağlamıştır. Şekil 7.3'de durum daha ayrıntılı olarak verilmektedir. 4. deneme kabında da durum çok farklılık göstermemektedir. Çim bitkisi ve marul bitkisi ilk 5-6 gün içinde hızla boy atmış ve daha sonraki günlerde boy uzama hızı düşmüştür. Hatta 28. – 30. Günler arasında çürümeler başlamıştır. 5. deneme kabında ise durum aynı olup tek farklılık marul bitkisinin çok seyrek olması ve maksimum ve ortalama boy uzunluklarının birbirlerine çok yakın değerlerde olmasıdır. Şekil 7.4'te de durum görülmektedir.

Tablo 7.3 Deneme Kaplarının İzlenme Periyotları

		Dökülen Su Miktarı	Çimler Ortalama (cm)	Marullar Ortalama(cm)
1.GÜN	FOTOĞRAF	1.kap	500 ml.	...
		2.kap	500 ml.	...
		4.kap	500 ml.	...
		5.kap	500 ml.	...
2.GÜN	...	1.kap	200 ml.	...
		2.kap	200 ml.	...
		4.kap	200 ml.	...
		5.kap	200 ml.	...
3.GÜN		1.kap	600 ml.	...
		2.kap	700 ml.	...
		4.kap	600 ml.	...
		5.kap	500 ml.	...
6.GÜN	FOTOĞRAF	1.kap	200 ml.	3 - 4
		2.kap	200 ml.	3.5 - 4.5
		4.kap	200 ml.	3 - 3.2
		5.kap	200 ml.	3
7.GÜN	...	1.kap	...	9 - 13
		2.kap	...	10 - 13
		4.kap	...	8 - 13
		5.kap	...	5
8.GÜN	...	1.kap	...	10 - 14
		2.kap	...	11 - 15
		4.kap	...	9 - 13
		5.kap	...	6.5
9.GÜN	FOTOĞRAF	1.kap	...	11 - 15
		2.kap	...	12 - 16
		4.kap	...	13 - 17
		5.kap	...	8.5
10.GÜN	...	1.kap	400 ml.	12 - 17
		2.kap	400 ml.	13 - 18.5
		4.kap	400 ml.	17 - 21
		5.kap	400 ml.	3 - 10
13.GÜN	...	1.kap	...	12 - 17.5
		2.kap	...	13 - 19
		4.kap	...	17 - 23
		5.kap	...	3.5 - 14

Tablo 7.3 Deneme Kaplarının İzlenme Periyotları (Devam)

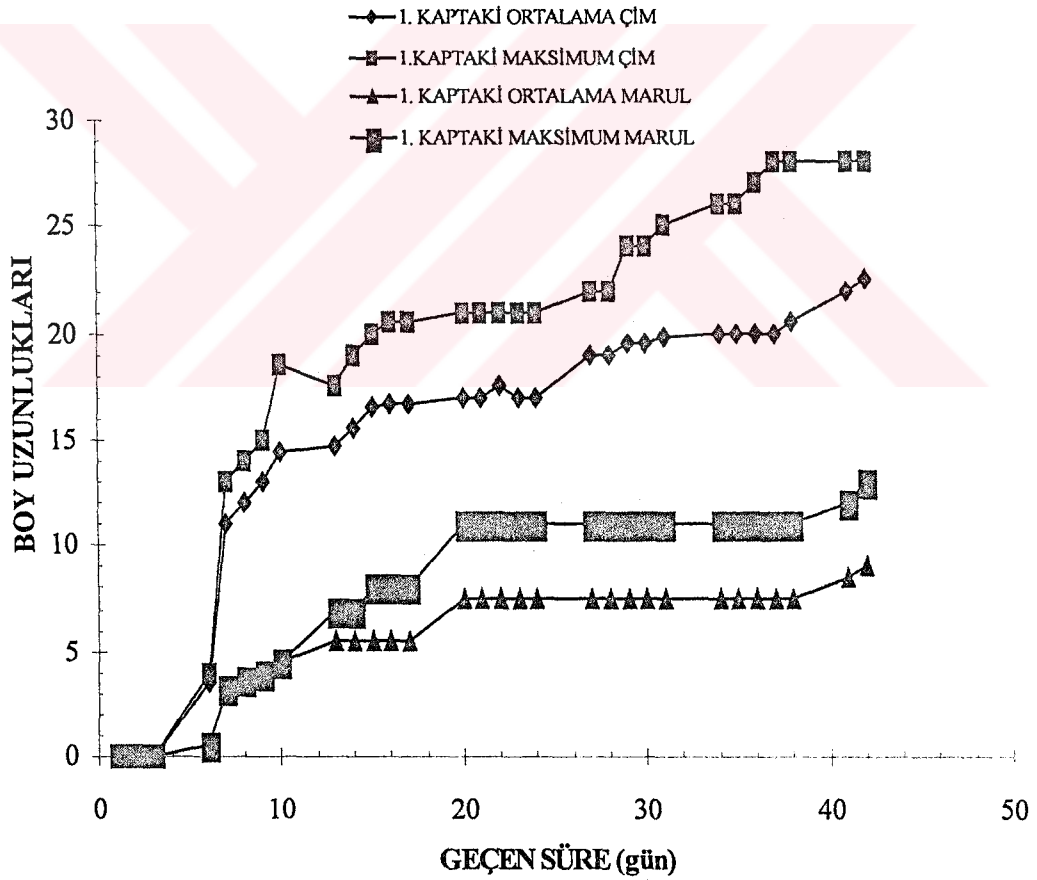
			Dökülen Su Miktarı	Çimler Ortalama (cm)	Marullar Ortalama (cm)
14.GÜN	:	1.kap	...	12 - 19	4 - 7
		2.kap	...	13 - 20	4 - 6
		4.kap	...	17 - 24	4 - 6
		5.kap	...	3.5 - 14.5	3.5
15.GÜN	:	1.kap	...	13 - 20	3 - 8
		2.kap	...	13 - 21	5 - 8
		4.kap	...	12 - 24	5 - 8
		5.kap	...	3.5 - 15	3.5
16.GÜN	:	1.kap	...	13 - 20.5	3 - 8
		2.kap	...	13 - 23	5 - 8
		4.kap	...	12 - 24	5 - 8
		5.kap	...	3.5 - 15	3.5
17.GÜN	:	1.kap	...	13 - 20.5	3 - 8
		2.kap	...	13 - 23	4.5 - 10
		3.kap	...	7 - 16	3.5 - 7
		4.kap	...	14 - 25	4 - 8
		5.kap	...	4 - 16	4
20.GÜN	:	1.kap	...	13 - 21	4 - 11
		2.kap	...	20 - 25	5 - 11
		4.kap	...	16 - 27	5 - 8
		5.kap	...	5 - 21	5
21.GÜN	:	1.kap	...	13 - 21	4 - 11
		2.kap	...	20 - 25	5 - 11
		4.kap	...	16 - 27	5 - 8
		5.kap	...	4 - 20.5	5
22.GÜN	:	1.kap	200 ml.	14 - 21	4 - 11
		2.kap	200 ml.	21 - 26	5 - 11
		4.kap	200 ml.	16 - 27	6 - 8
		5.kap	200 ml.	5 - 21	5
23.GÜN	:	1.kap	200 ml.	13 - 21	4 - 11
		2.kap	200 ml.	14 - 25	1.5 - 11
		4.kap	200 ml.	13 - 25	6 - 9
		5.kap	200 ml.	5 - 21	5
24.GÜN	FOTOĞRAF	1.kap	300 ml.	13 - 21	4 - 11
		2.kap	300 ml.	15 - 25	3 - 11
		4.kap	300 ml.	16 - 25	6 - 9
		5.kap	300 ml.	5 - 21	5

Tablo 7.3 Deneme Kaplarının İzlenme Periyotları (Devam)

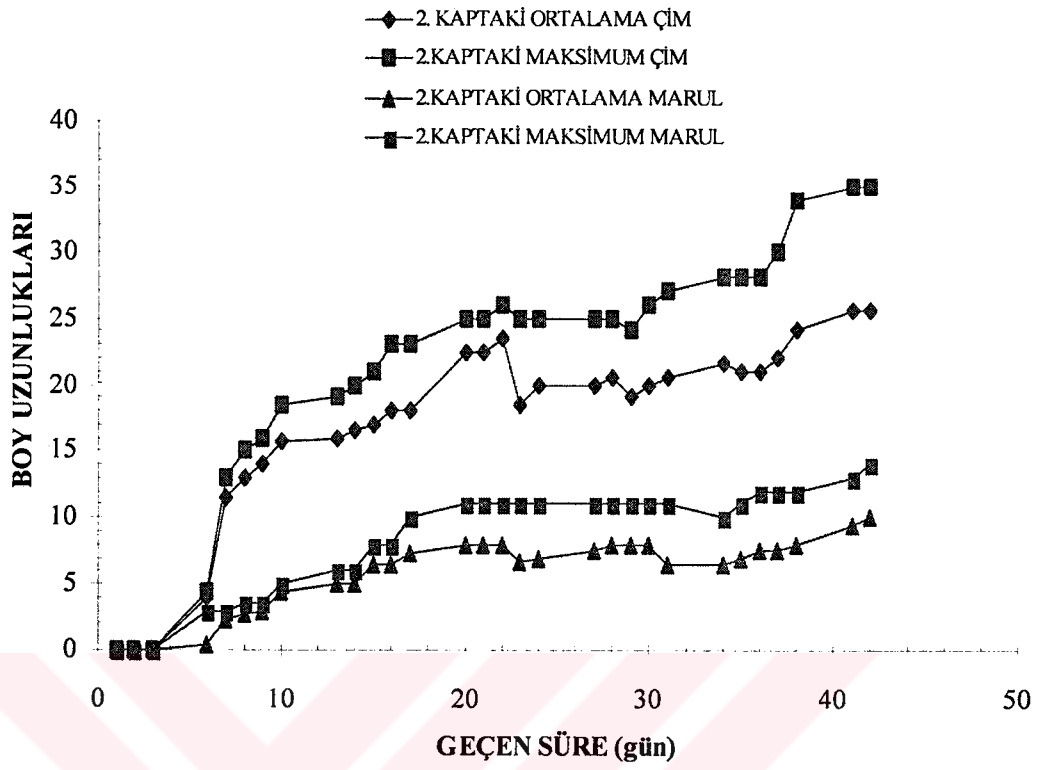
			Dökülen Su Miktarı	Çimler Ortalama (cm)	Marullar Ortalama (cm)
27.GÜN	:	1.kap	...	16 - 22	4 - 11
		2.kap	...	15 - 25	4 - 11
		4.kap	...	16 - 22	6 - 9
		5.kap	...	4 - 21	7
28.GÜN	:	1.kap	...	16 - 22	4 - 11
		2.kap	...	16 - 25	5 - 11
		4.kap	...	16 - 23	6 - 9
		5.kap	...	5 - 21	7.5
29.GÜN	:	1.kap	...	15 - 24	4 - 11
		2.kap	...	14 - 24	4 - 12
		4.kap	...	15 - 24	4 - 12
		5.kap	...	4.5 - 21.5	8
30.GÜN	:	1.kap	...	15 - 24	4 - 11
		2.kap	...	14 - 26	4 - 12
		4.kap	...	15 - 24	4 - 12
		5.kap	...	4.5 - 21.5	8
31.GÜN	:	1.kap	...	14 - 25	4 - 11
		2.kap	...	14 - 27	4 - 12
		4.kap	...	15 - 24	5 - 12
		5.kap	...	4.5 - 21.5	8.5
34.GÜN	:	1.kap	...	14 - 26	4 - 11
		2.kap	...	15 - 28	3 - 10
		4.kap	...	15 - 25	7 - 12
		5.kap	...	8.5 - 23	8.5
35.GÜN	:	1.kap	...	14 - 26	4 - 11
		2.kap	...	14 - 28	3 - 11
		4.kap	...	15 - 25	6 - 13
		5.kap	...	5 - 25	8.5
36.GÜN	:	1.kap	...	13 - 27	4 - 11
		2.kap	...	14 - 28	3 - 12
		4.kap	...	15 - 25	5 - 14
		5.kap	...	5 - 26	8.5
37.GÜN	:	1.kap	...	13 - 27	4 - 11
		2.kap	...	14 - 30	3 - 12
		4.kap	...	15 - 25	6 - 14.5
		5.kap	...	5 - 26.5	8.5

Tablo 7.3 Deneme Kaplarının İzlenme Periyotları (Devam)

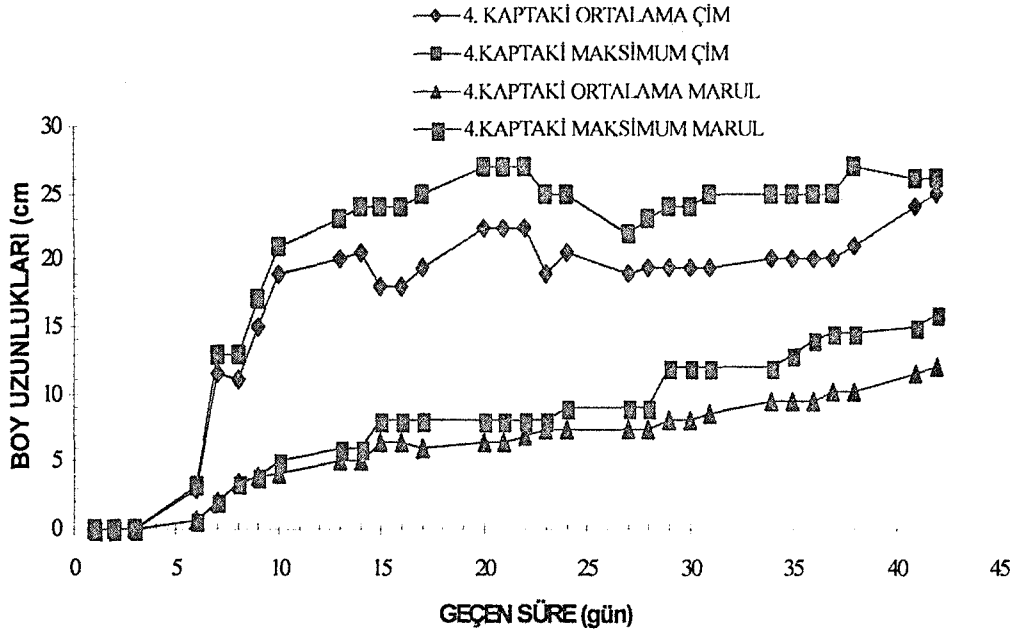
		Dökülen Su Miktarı	Çimler Ortalama (cm)	Marullar Ortalama (cm)	
38.GÜN	FOTOĞRAF	1.kap	200 ml.	13 - 28	4 - 11
		2.kap	200 ml.	14 - 34	4 - 12
		4.kap	200 ml.	15 - 27	6 - 14.5
		5.kap	200 ml.	5 - 26.5	8.5
41.GÜN	..	1.kap	...	16 - 28	5 - 12
		2.kap	...	16 - 35	6 - 13
		4.kap	...	26	8 - 15
		5.kap	...	8.5 - 28.5	8.5
42.GÜN	FOTOĞRAF	1.kap	...	16 - 29	5 - 13
		2.kap	...	16 - 35	6 - 14
		4.kap	...	26	8 - 16
		5.kap	...	8.5 - 29	8.5



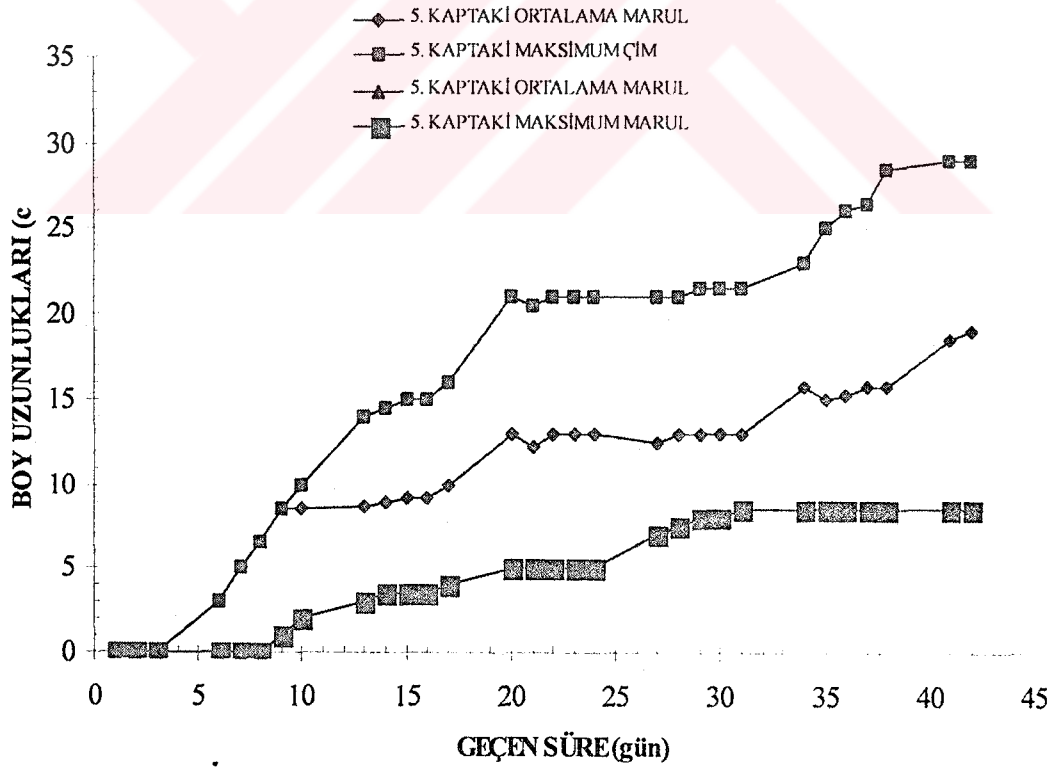
Şekil 7.1 1. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması



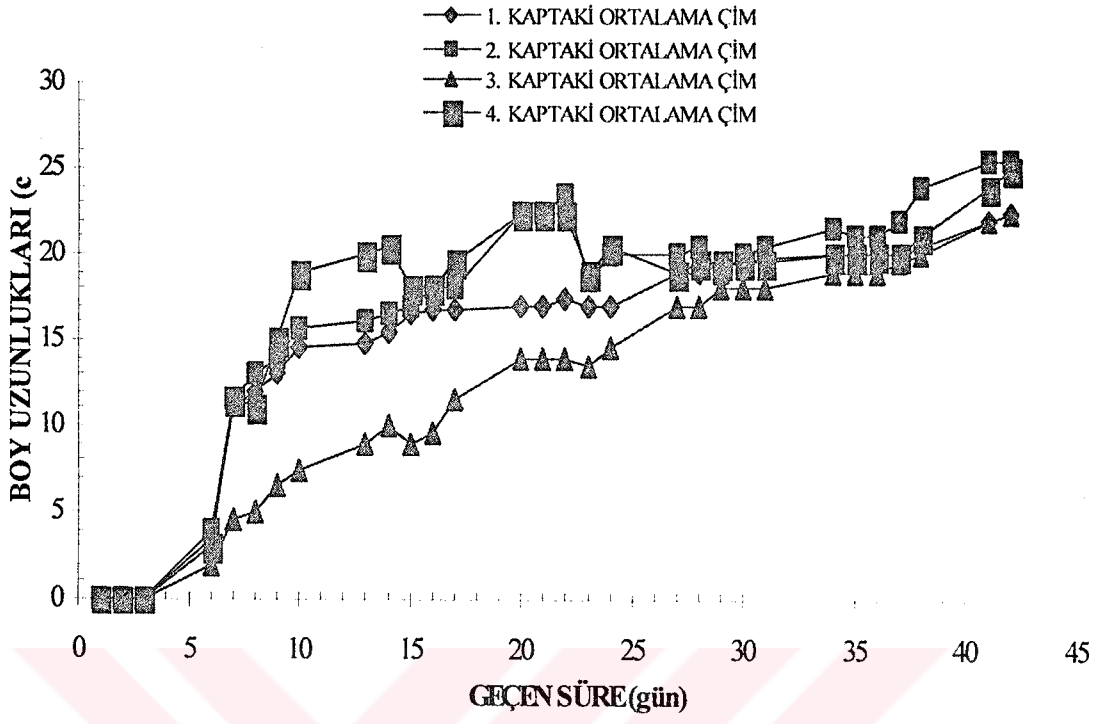
Şekil 7.2 2. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması



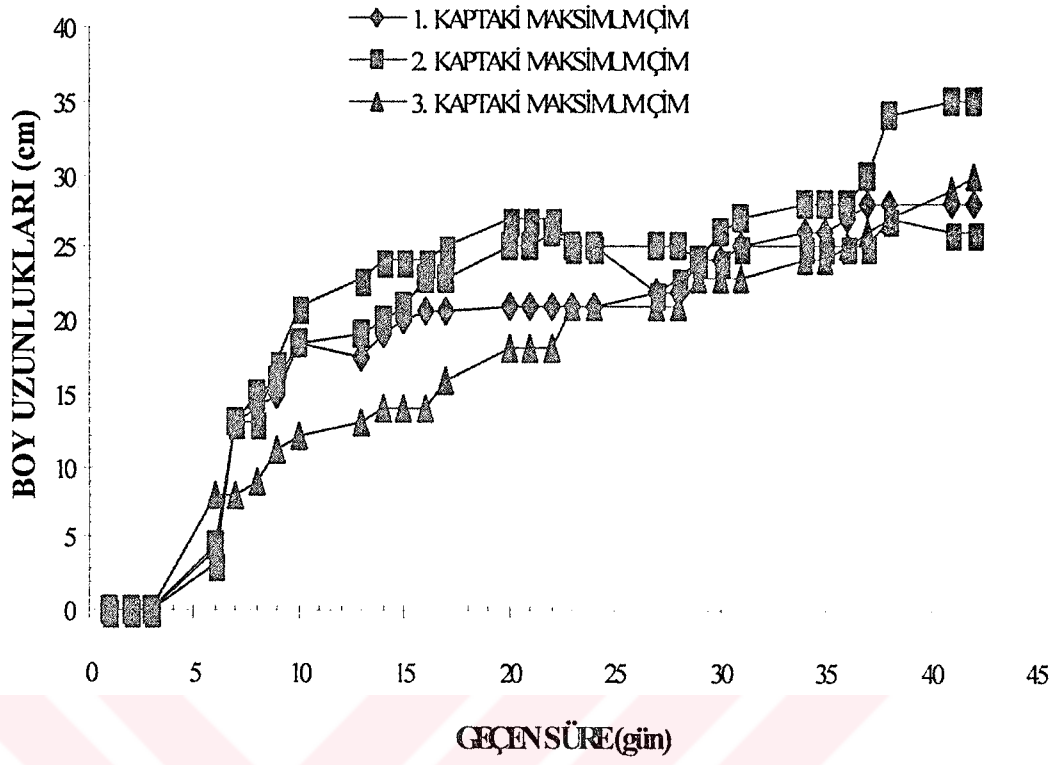
Şekil 7.3 4. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması



Şekil 7.4 5. Deneme Kabındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama ve Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması



Şekil 7.5 Deneme Kaplarındaki Çim ve Marul Bitkisinin Ortalama Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması



Şekil 7.6 Deneme Kaplarındaki Çim ve Marul Bitkisinin Maksimum Boy Uzama Eğrilerinin Karşılaştırılması

42 gün sonunda toprak ve çim ile marul bitkilerinden numuneler alınmış ve bu numuneler TÜBİTAK-MAM Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Analiz Laboratuvarında analiz edilmiştir.

BÖLÜM 8. ANALİZLERİN SONUÇLARI

Bu sonuçların elde edildiği tüm analizler standart yöntemlere göre yapılmıştır. Analiz yöntemi SM-3111 Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Yöntemdir.

Şekil 8.1, Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'deki değerler Tablo 8.1'de verilmektedir.

Tablo 8.1 Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin Ca Miktarları

		1. kap	2. kap	4. kap	5. kap
Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında	mg./g.	42.06	36.73	176.50	279.00
Ekimlerden Sonra Çim Ekili Kısımda	mg./g.	41.04	18.20	17.80	278.84
Ekimlerden Sonra Marul Ekili Kısımda	mg./g.	27.30	37.60	298.84	185.22

Şekil 8.4, Şekil 8.5 ve Şekil 8.6'daki değerler Tablo 8.2'de verilmektedir.

Tablo 8.2 Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin Fe Miktarları

		1. kap	2. kap	4. kap	5. kap
Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında	mg./g.	0.847	0.843	0.822	0.823
Ekimlerden Sonra Çim Ekili Kısımda	mg./g.	1.660	3.212	0.741	2.848
Ekimlerden Sonra Marul Ekili Kısımda	mg./g.	4.690	2.605	2.872	3.618

Şekil 8.7 ve Şekil 8.8'deki değerler Tablo 8.3'de verilmektedir.

Tablo 8.3 Deneme Kaplarına Ekilen Çim ve Marul Bitkilerinde Fe Miktarları

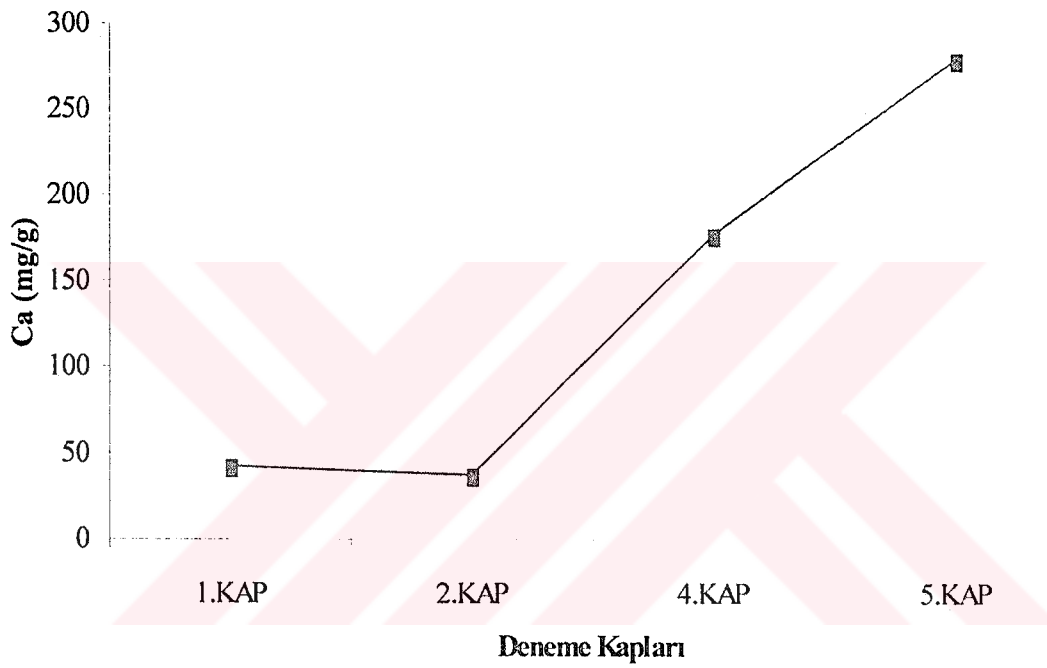
		1. kap	2. kap	4. kap	5. kap
Ekimlerden Sonra Çim Ekili Kısımda	mg./g.	2.436	1.608	2.929	3.271
Ekimlerden Sonra Marul Ekili Kısımda	mg./g.	1.619	3.746	3.955	1.533

Şekil 8.9, Şekil 8.10 ve Şekil 8.11'deki değerler Tablo 8.4'de verilmektedir.

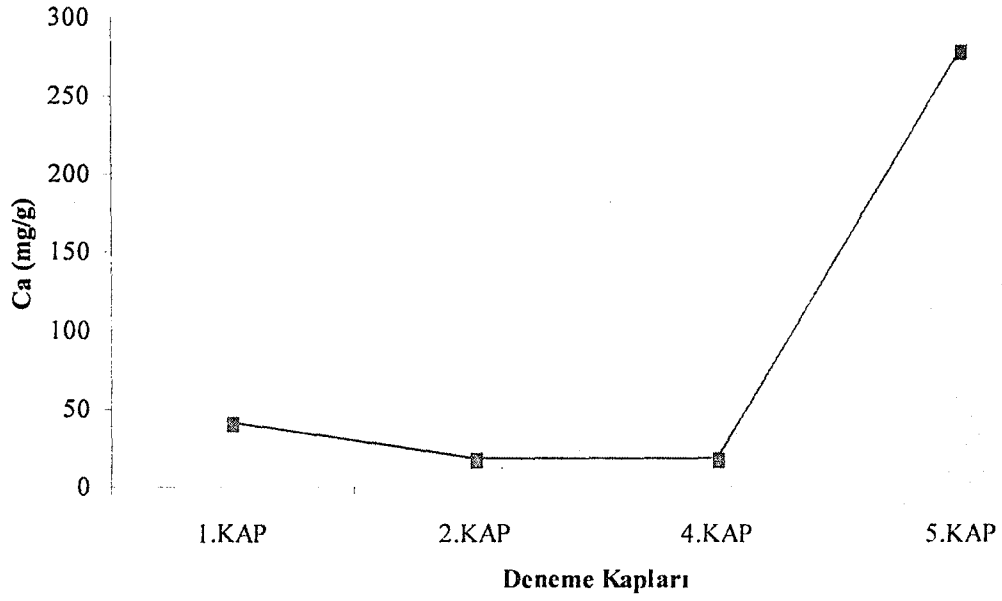
Tablo 8.4 Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin pH Değerleri

	1. kap	2. kap	4. kap	5. kap
Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında	8.00	6.65	7.88	8.63
Ekimlerden Sonra Çim Ekili Kısımda	8.15	7.66	7.71	8.42
Ekimlerden Sonra Marul Ekili Kısımda	8.40	7.29	7.66	8.45

Ekimler yapılmadan önce sırasıyla, Tablo 8.1’de de verildiği gibi 1. deneme kabının toprak numunesinde kalsiyum miktarı 42.06 mg/g’dir. , 2. deneme kabının toprak numunesinde kalsiyum miktarı, 1. deneme kabıyla karşılaştırıldığında biraz düşük olup 36.73 mg/g, 4. deneme kabının toprak numunesinde kalsiyum miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olup 176.50 mg/g’dir. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının toprak numunesinde kalsiyum miktarı ise en yüksek olup 279,0 mg/g olduğu Şekil 8.1’de görülmektedir.

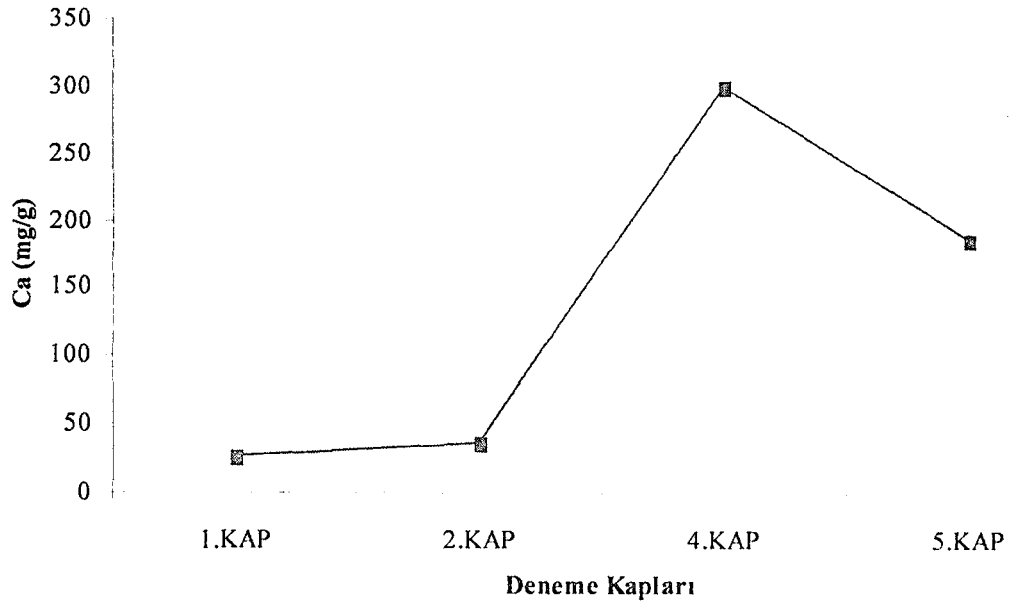


Şekil 8.1 Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerindeki Kalsiyum (Ca) Miktarları



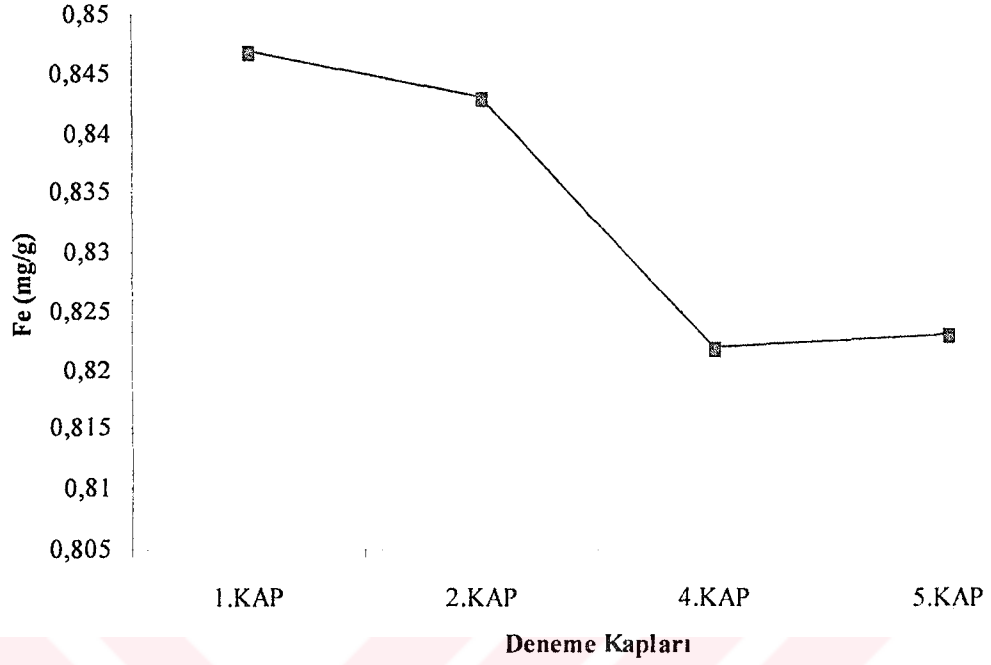
Şekil 8.2 Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Çim Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Kalsiyum (Ca) Miktarları

Ekimlerden sonra, deneme kaplarının çim ekili bölmelerindeki toprak numunelerinde sırasıyla, Tablo 8.1'de de verildiği gibi 1. deneme kabının çim ekili bölmesindeki toprak numunesinde kalsiyum miktarı 41.04 mg/g'dır. 2. deneme kabının çim ekili bölmesindeki toprak numunesinde kalsiyum miktarı, 1.deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha düşük olup 18.20 mg/g, 4. deneme kabının çim ekili bölmesindeki toprak numunesinde kalsiyum miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında daha düşük olup 17.80 mg/g'dır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının toprak numunesinde kalsiyum miktarının ise en yüksek olup 278.84 mg/g olduğu Şekil 8.2'de görülmektedir.



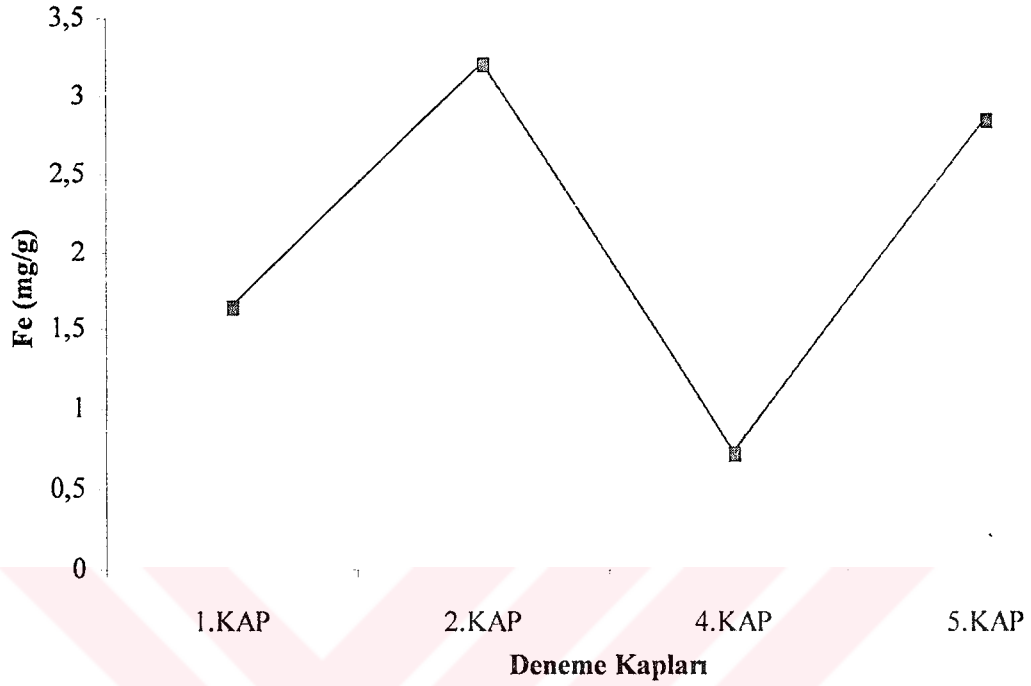
Şekil 8.3 Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Marul Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Kalsiyum (Ca) Miktarları

Deneme kaplarının marul ekili bölmelerindeki toprak numunelerinde, Tablo 8.1'de de verildiği gibi 1. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinde kalsiyum miktarı 27.30 mg/g'dır. 2. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinde kalsiyum miktarı, 1.deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olup 37.60 mg/g, 4. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinde kalsiyum miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında daha da yüksek olup 298.84 mg/g'dır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının toprak numunesinde kalsiyum miktarının da 185.22 mg/g olduğu Şekil 8.3'de görülmektedir.



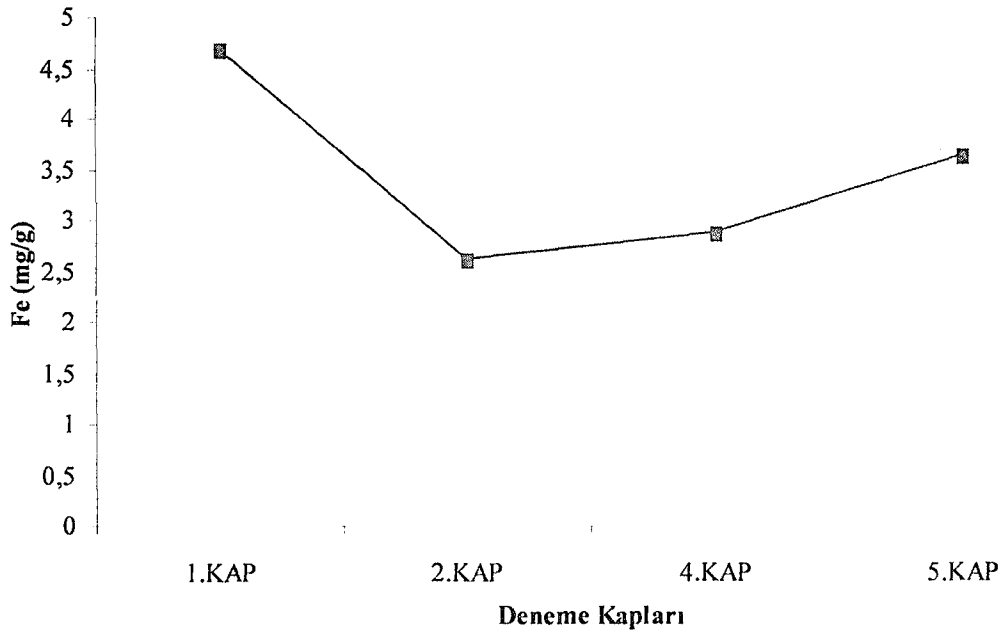
Şekil 8.4 Ekimlerden Önce Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerindeki Demir (Fe) Miktarları

Ekimler yapılmadan önce sırasıyla, Tablo 8.2’de de verildiği gibi 1. deneme kabının toprak numunesinde demir miktarı 0.847 mg/g’dır. 2. deneme kabının toprak numunesinde demir miktarı, 1. deneme kabıyla karşılaştırıldığında biraz düşük olup 0.843 mg/g, 4. deneme kabının toprak numunesinde demir miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında daha düşük olup 0.822 mg/g’dır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının toprak numunesinde demir miktarının ise 4. deneme kabına çok yakın olup 0.823 mg/g olduğu Şekil 8.4’de görülmektedir.



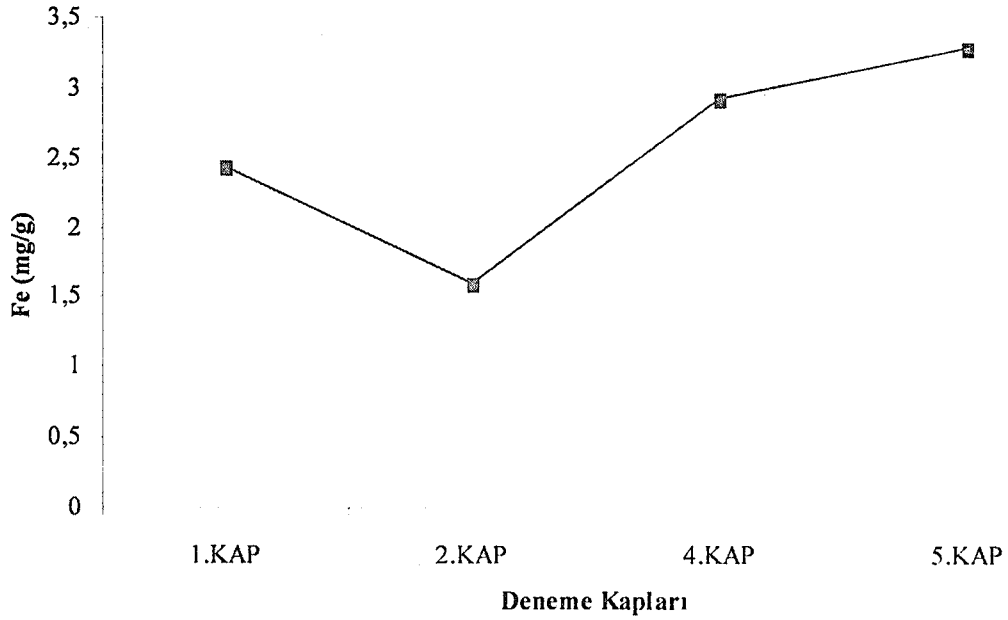
Şekil 8.5 Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Çim Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Demir (Fe) Miktarları

Ekimlerden sonra, deneme kaplarının çim ekili bölmelerindeki toprak numunelerinde sırasıyla, Tablo 8.2'de de verildiği gibi 1. deneme kabının çim ekili bölgesindeki toprak numunesinde demir miktarı 1.66 mg/g'dır. 2. deneme kabının çim ekili bölgesindeki toprak numunesinde demir miktarı, 1.deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olup 3.212 mg/g'dır. 4. deneme kabının çim ekili bölgesindeki toprak numunesinde demir miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında daha düşük olup 0.741 mg/g'dır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının toprak numunesindeki demir miktarının ise 2.848 mg/g olduğu Şekil 8.5'de görülmektedir.



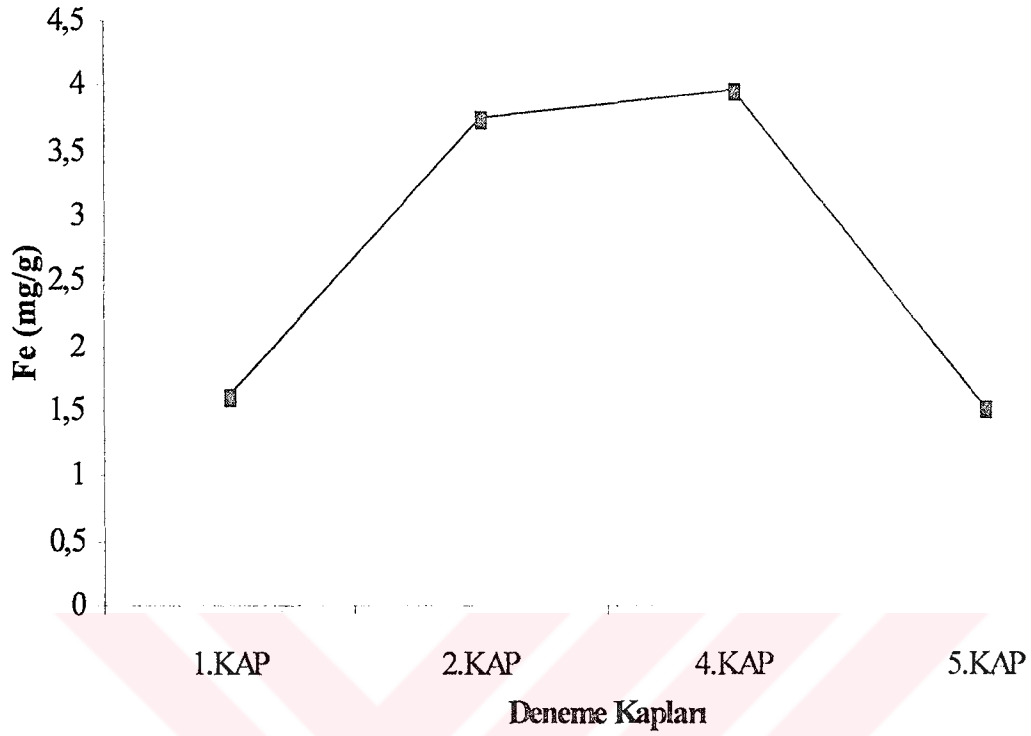
Şekil 8.6 Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Marul Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerindeki Demir (Fe) Miktarları

Ekimlerden sonra deneme kaplarının marul ekili bölmelerindeki toprak numunelerinde sırasıyla, Tablo 8.2’de de verildiği gibi 1. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinde demir miktarı 4.69 mg/g olarak bulunmuştur. 2. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinde demir miktarı, 1.deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha düşük olup 2.605 mg/g’dır. 4. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinde demir miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında biraz yüksek olup 2.872 mg/g’dır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının toprak numunesinde demir miktarı ise 4. deneme kabıyla karşılaştırıldığında yüksek olup değerinin de 3.618 mg/g olduğu Şekil 8.6’da görülmektedir.



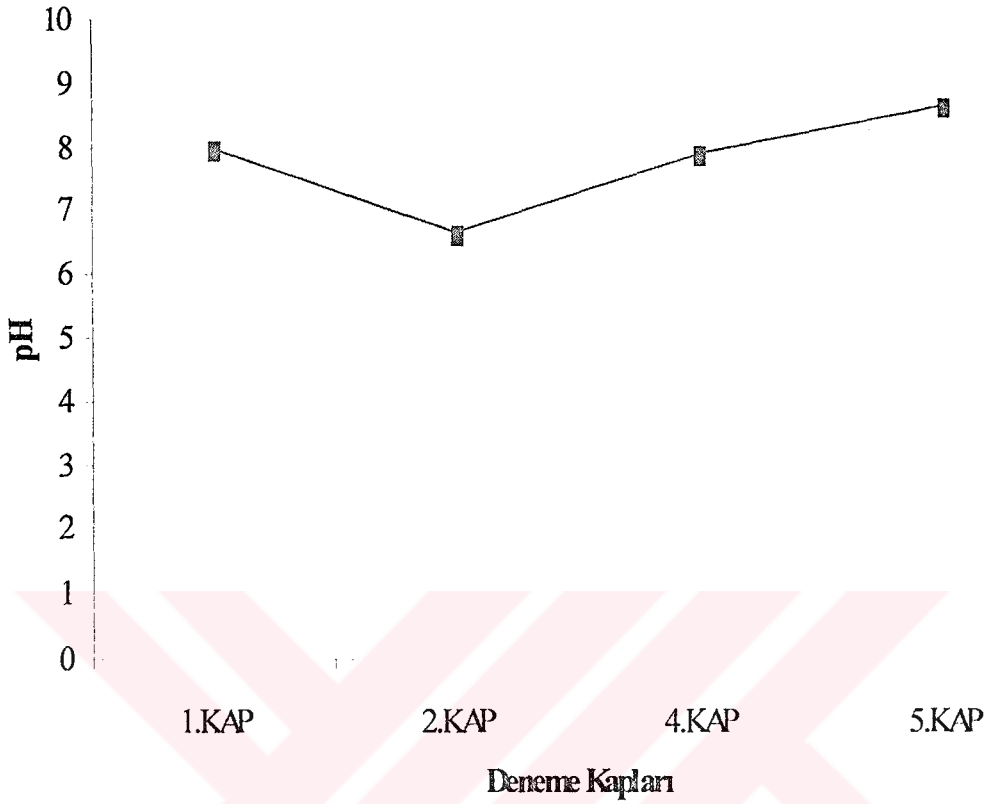
Şekil 8.7 Deneme Kaplarında Yetişen Çimlerden Alınan Numunelerdeki Demir (Fe) Miktarları

Ekimler yapıp belirli bir süre gözlenen deneme kaplarında yetişen çimlerde ise sırasıyla, Tablo 8.3'de verildiği gibi 1. deneme kabından alınan çim numunesindeki demir miktarı 2.436 mg/g'dır. 2. deneme kabından alınan çim numunesindeki demir miktarı, 1.deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha düşük olup 1.608mg/g, 4. deneme kabından alınan çim numunesindeki demir miktarı, 1. ve 2. deneme kaplarıyla karşılaştırıldığında biraz yüksek olup 2.929 mg/g'dır. Son deneme kabı olan 5. deneme kabından alınan çim numunesindeki demir miktarı diğer üç deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olup 3.271 mg/g olduğu Şekil 8.7'de görülmektedir.



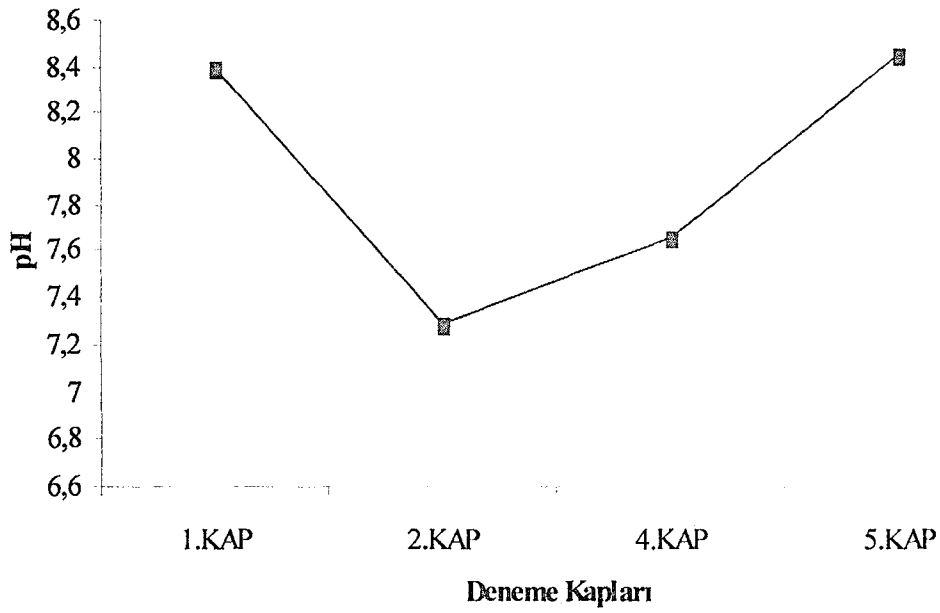
Şekil 8.8 Deneme Kaplarında Yetişen Marullardan Alınan Numunelerdeki Demir (Fe) Miktarları

Ekimler yapıp belirli bir süre gözlenen deneme kaplarında yetişen marullarda sırasıyla, Tablo 8.3'de verildiği gibi 1. deneme kabından alınan marul numunesindeki demir miktarı 1.619 mg/g'dır. 2. deneme kabından alınan marul numunesindeki demir miktarı, 1.deneme kabıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olup 3.746 mg/g'dır. 4. deneme kabından alınan marul numunesindeki demir miktarı, 2. deneme kabıyla karşılaştırıldığında biraz yüksek olup 3.955 mg/g ve son deneme kabı olan 5. deneme kabından alınan marul numunesindeki demir miktarı diğer üç deneme kabıyla karşılaştırıldığında en düşük olup 1.533 mg/g olduğu Şekil 8.8'de görülmektedir.



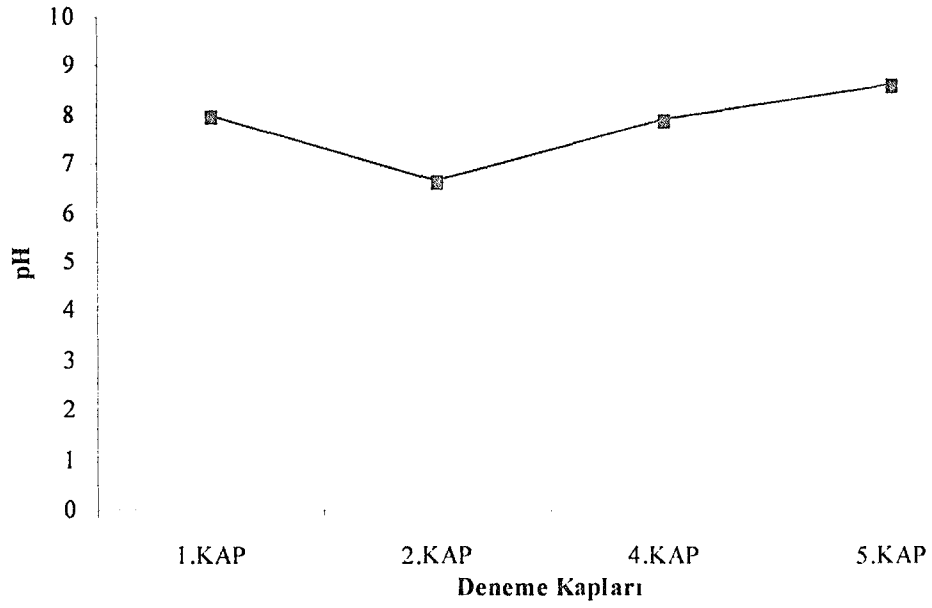
Şekil 8.9 Ekimler Yapılmadan Önce Deneme Kaplarında Bulunan Toprak Numunelerinin pH Değerleri

Ekimlerden önce, belirli özelliklerdeki deneme kaplarından ilki olan ve Tablo 8.4’de de verildiği gibi 1. deneme kabından alınan toprak numunesinin pH değeri 8.00’dir. 2. deneme kabından alınan toprak numunesinin pH değeri, ilave edilen atık asitten dolayı biraz düşük olup 6.65, 4. deneme kabından alınan toprak numunesinin pH değeri ise 7.88’dir. Son deneme kabı olan 5. deneme kabından alınan toprak numunesinde pH değerinin ise 8.63 olduğu Şekil 8.9’da görülmektedir.



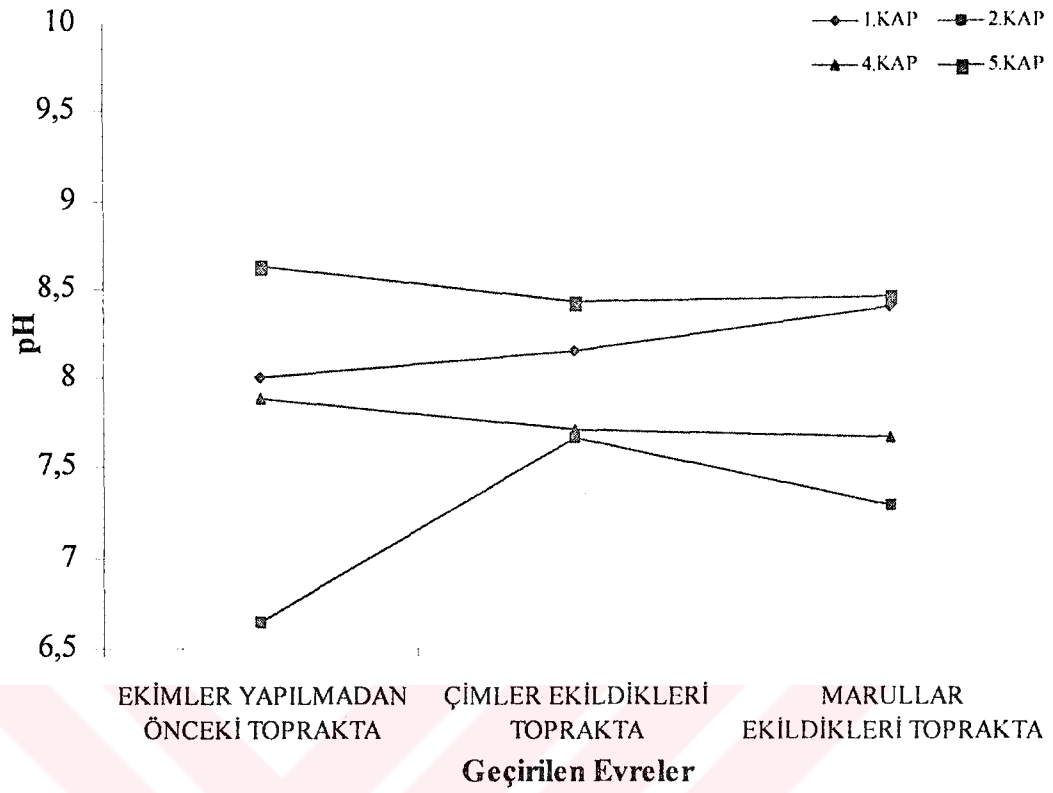
Şekil 8.10 Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Çim Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerinin pH Değerleri

Ekimler yapıp belirli bir süre gözlenen deneme kaplarının çim ekili bölmelerinde sırasıyla, Tablo 8.4'de de verildiği gibi 1. deneme kabının çim ekili bölümündeki toprak numunesinin pH değeri 8.15'dir. 2. deneme kabının 7.66, 4. deneme kabının çim ekili bölümündeki toprak numunesinin pH değeri 7.71'dir. Son deneme kabı olan 5. deneme kabının çim ekili bölümündeki toprak numunesinin pH değerinin ise 8.42 olduğu Şekil 8.10'da görülmektedir.



Şekil 8.11 Ekimlerden Sonra Deneme Kaplarının Marul Ekili Bölmelerindeki Toprak Numunelerinin pH Değerleri

Ekimler yapıp belirli bir süre gözlenen deneme kaplarının marul ekili bölmelerinde sırasıyla, 1. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinin pH değeri 8.15, 2. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinin pH değeri 7.66, 4. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinin pH değeri 7.71 ve son deneme kabı olan 5. deneme kabının marul ekili bölmesindeki toprak numunesinin pH değeri 8.42 olduğu Şekil 8.11’de görülmektedir.



Şekil 8.12 Deneme Kaplarının Üç Kademesindeki Toprak Numunelerinin pH Değişimlerinin Karşılaştırılması

Ekimler yapılmadan önce toprak numunelerinin pH değerleri sırasıyla, 1. kabın toprak numunesinin pH değeri 8.00, 2. kabın toprak numunesinin pH değeri 6.65, 4. kabın toprak numunesinin pH değeri 7.88 ve son deneme kabı olan 5. kabın toprak numunesinin pH değeri 8.63'dür. Ekimler yapıp belirli bir süre gözlenen deneme kaplarının çim ekili bölmelerindeki toprak numunelerinin pH değerleri sırasıyla, 1. kabın toprak numunesinin pH değeri 8.15, 2. kabın toprak numunesinin pH değeri 7.66, 4. kabın toprak numunesinin pH değeri 7.71 ve son deneme kabı olan 5. kabın toprak numunesinin pH değeri 8.42'dir. Aynı şekilde , ekimler yapıp belirli bir süre gözlenen deneme kaplarının marul ekili bölmelerindeki toprak numunelerinin pH değerleri sırasıyla, 1. kabın toprak numunesinin pH değeri 8.40, 2. kabın toprak numunesinin pH değeri 7.29, 4. kabın toprak numunesinin pH değeri 7.66 ve son deneme kabı olan 5. kabın toprak numunesinin pH değerinin 8.45 olduğu Şekil 8.12'de görülmektedir.

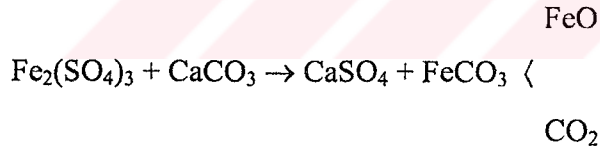
BÖLÜM 9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Denemeler sonucunda yapılan analizlerin neticeleri bir önceki bölümde açıklamalar ile verilmiştir. Bu bölümde bu sonuçların uygulamadaki yararlılıkları, tartışmaya açık yanları ve kesin sonuçları ortaya konmaktadır. Çalışmanın temellerinden birini oluşturan kireçli topraklarda bol miktarda bulunan kalsiyum karbonatın içeriğindeki kalsiyum bitki için özellikle gerekli elementtir ve besin zinciri yoluyla diğer canlılara zarar vermesi söz konusu değildir. Bu nedenle çalışmada bitkilerde kalsiyum miktarının analiz edilmesine gerek duyulmamıştır. Çalışmanın hedefinin CaCO_3 fazla içeren toprakların ıslahı olduğundan zaten ortamda Ca'un gereğinden fazla bulunması söz konusudur. Burada reaksiyonlar neticesinde CaCO_3 'taki kalsiyumun serbest kalması zaten bitki için gerekli olan bir durumdur. Demir ise daha öncede belirtildiği gibi klorofilin oluşumu için gereklidir. Demir noksanlığında klorofil iyi oluşamaz ve bitkilerde kolayca görülebilen kloroz hastalığı belirir. Bu ise bitkilerin yapraklarının açık sarı renk almasına neden olur. Ayrıca bitkide fazla birikmesinin diğer canlılara da zararlı etkisi olabilmektedir. Dolayısıyla, toprakta ve bitki üzerinde biriken demir miktarının bilinmesi önemlidir. Buna bağlı olarak da, hem toprak hemde bitki numunelerinde Fe miktarları analiz edilmiştir. Çevre Mevzuatı'nda toprak ve bitkide birikmesine izin verilebilecek Fe ve Ca miktarı ile ilgili sınır değerlerin bulunmaması nedeniyle analiz sonuçlarının belli standartlar ile kıyaslaması mümkün olmamıştır.

Literatürlerde belirtilmiş olan kireçli topraklarda, CaCO_3 'ün demirin toprakta tutulmasını önlemesi prensibi yapılan çalışma sonuçlarıyla birebir eşleşmemektedir. Tablo 8.2'de görüldüğü gibi ekimlerden önce, deneme kaplarında bulunan toprak numunelerinde demir miktarı, ekimlerden sonra deneme kaplarında bulunan toprak numunelerindeki demir miktarının analiz sonucunda arttığı gözlemlenmiştir. Bunun özellikle, denemelerin kısa dönemde yapılmış olması nedeniyle olabileceğini söylemek mümkündür. Veya uzun dönemde kireçli toprakta demirin bitkiler

tarafında alınmasının önlenmesi nedeniyle toprakta birikmek zorunda kaldığı söylenebilir. Ayrıca, doğal ortamlardaki mevcut drenajın deneme ortamında varolmaması topraktaki demir miktarını açıklayacak bir faktör olarak gösterilebilir. Laboratuvarında yapılan bu çalışmaların doğal ortamda uzun vadeli olarak yapılması ve kesin sonuçların ortaya çıkartılarak doğru bir platformda değerlendirilmesi mutlak gereklidir.

Tablo 8.2'den de görüldüğü gibi asit içerikli atık çamur katılan kireçli toprakta çim ekili kısımda toprak numunesinde analiz sonuçlarında demir birikimi çok az olmuştur. Kontrol kaplarında ve 2. deneme kabında demir birikiminde ise dikkate değer ölçüde fazlalık söz konusudur. Marul ekili kısımdaki toprak numunesi analiz sonuçlarında, asit içerikli atık çamur katılan toprakta demir birikimi ise yüksektir. Ama genel anlamda, deneme kaplarındaki demir birikimi, diğer kaplara göre genellikle daha az olmuştur. Aşağıdaki formülde de belirtildiği gibi Fe^{+3} $CaCO_3$ ile reaksiyona girdiğinde Fe^{+2} olarak reaksiyondan çıkmaktadır. Dolayısıyla ekimlerden sonra kaplardaki Fe miktarındaki artış, mevcut Fe^{+3} 'in Fe^{+2} haline dönüşmesi sebebiyle meydana geldiği şeklinde açıklanabilir. Bunun anlamı, ekimlerden önce toprak numunelerinin analizinde Fe^{+2} 'nin analiz edilmiş olması ve miktarı az olan bu demirin aşağıdaki reaksiyonla artmış görünmesidir.



Denemeler için oluşturulan karışımlarda kullanılan asit içerikli atık çamur, deneme kaplarındaki toprağın pH'ının fazla düşmesine neden olmayacak miktarda kullanılmıştır. Bunun nedeni, ekstrem sonuçların ortaya çıkmasını önlemek ve doğal ortamda gereği kadar kullanıldığında yani pH seviyesinin çok fazla düşmesine neden olmayacak kadar kullanıldığında ise mevcut doğal dengeye zarar vermeyeceğini göstermektedir.

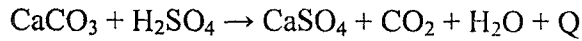
Doğal ortama yakın değerler üzerinde çalışılması düşüncesi ile; atık, ile toprak karıştırıldığında atık oranı düşük tutulması nedeniyle pH değerleri çok düşük

değildir. Bunun anlamı, ıslahı çok zor olan alkali topraklarda ($pH=10-11$) bu atıkların kullanılması, verimin olmadığı bu tür toprakların ıslahı için bir adım olabileceğidir.

Marul bitkisinin ekili olduğu kısımda asit içerikli atık çamur kullanıldığında, bitkinin aldığı demir miktarı artmaktadır. Bu nedenle bitkinin fazla demir almasından kaynaklanan sararma ve boy uzama 1. ve 5. deneme kaplarında daha az olmuştur. Buna bağlı olarak da asit içerikli atığın sadece Fe birikmesini artırması nedeniyle yeşil olarak yenen bitkilerde kullanılmasının uygun olmadığı görülmektedir. Çim analizinde ise kireçli toprağın bulunduğu 5. deneme kabında, Fe oranının fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bunun anlamı denemeler sonucunda mevcut demirin +2 değerlikli demirden +3 değerlikli demire dönüşmesi yada tersinin söz konusu olmasıdır. Dolayısıyla demir birikmesinin kalsiyumkarbonata rağmen artmış olduğu gözlenmektedir. Bu duruma, çim ekili alanlarda kalsiyumkarbonatın demir alımını engelleyici bir faktör olmadığı bu nedenle asit içerikli atık ile pH 'ın düşürülmesi ile demir alımının ve bitkideki zararın azalacağı şeklinde bir yorum getirilebilir. Zaten bitkinin fazla demir almasından kaynaklanan sararma çimlerde görülmemiştir. Tablo 8.3'te de görüldüğü gibi 2. ve 4. deneme kapların çim ekili kısımlarında ise Fe alımının, diğer kontrol kaplarında benzer yada biraz az olduğu görülmektedir. Bu da, özellikle kireçli toprağın olduğu yeşil alanlarda asitli atığın kullanılmasının Fe alımının azalması gibi olumlu bir faktör durumuna geldiği şeklinde açıklanabilir. Dolayısıyla hayvan otlatılan yeşil alanlarda bitkilerde Fe birikimini azaltacak olması gibi olumlu bir faktörün atık çamurun bu alanlarda kullanılabileceği konusunda gerekli araştırmaların yapılabileceğinin önünü açmaktadır.

Ca miktarı, marul ekili kısımlarda bitki tarafından alınmış olduğunu göstermek için kıyaslama şansımızın olmadığı daha önce belirtilmişti. Sadece deneme kaplarının analiz sonuçlarının kendi aralarında kıyaslaması yapılmıştır. Topraktaki Ca miktarının, özellikle ekimlerden sonra çim ekili kısımda, analiz sonuçlarına göre azalmış olduğu görülmektedir. Ekimlerden sonra marul ekili kısımda ise kontrol kaplarında azalmış olması ama 4. deneme kabında Ca değerinin yüksek olduğu görülmektedir. 4. deneme kabındaki toprakta pH değerinin azalmasıyla $CaCO_3$ 'ün çözünürlüğünün artması ve böylece Na'la yer değiştirecek Ca'un temin edildiği (pH değeri arttıkça topraktaki $CaCO_3$ 'ün çökmesi hızlanmakta ve pH 8.5'den sonra

hemen hemen CaCO_3 'ün tamamına yakın bir kısmı çökerek inaktif duruma geçmektedir. Bu arada da toprak çözeltisindeki Ca konsantrasyonu aşırı derecede azalmaktadır.) prensibini doğrulamaktadır. Dolayısıyla, kireçli topraklarda verim azalmasına neden olan CaCO_3 , toprakta çözünmekte ve böylece CaCO_3 'ün verim düşürücü özelliği azalmaktadır. Aşağıdaki formülde de görüldüğü gibi asit içerikli atık çamur ile CaCO_3 'ün reaksiyonunda ortaya çıkan CaSO_4 , toprakta bitkiler için yararlı bir diğer durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu da pH'nın yüksek olduğu deneme kaplarında Ca'un azalmış olması şeklindeki prensibi desteklemektedir.



Bu çalışmada, kireçli toprakların ($\text{pH} > 8-8.5$) daha verimli olarak kullanılması amacıyla, petrokimya endüstrisinden kaynaklanan sülfürik asit içeren atıklarla bu tip topraklara muamele edilmesi suretiyle hem kireçli toprağın ıslah edilmesine katkıda bulunarak en azından yeşil alanlarda kullanımı mümkün hale getirilmekte, hem de bu tip endüstrilerde varolan nötralizasyon gibi önemli bir ünitenin ya tamamen ortadan kalkmasına imkan sağlamak yada bu ünitenin işletilmesi sırasındaki giderlerin az da olsa azalması hedeflenmektedir. Böylece endüstride, ilave bir harcamada bulunmadan bu atığı bertarafı mümkün olacaktır. Ayrıca, yeşil alanların daha verimli olarak kullanılması için yapılan gübreleme masrafinin azalması da azımsanacak bir yarar değildir. Yeşil alanların yanında, rekreasyon amaçlı alanlarda ise uzun vade de çıkacak olumlu neticelere göre kullanılması mümkün olabilir.

Ayrıca yukarıda adı geçen yararlar düşünüldüğünde, uzun vadeli denemelerin yapılmasının gerekliliği ve alınacak olumlu sonuçlar neticesinde uygulamasının başlatılmasının mümkün olacağı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığı altında geniş alanlar kaplayan çorak arazilerin (kireçli toprakların) ıslahında petrol endüstri atıklarından yararlanılabilir. İslahta endüstri atıklarında yararlanmak; hem ülke ekonomisi açısından hem de çevre sağlığı bakımından atılmış önemli bir adım olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] ERGENE, A., "Toprak Biliminin Esasları", Öz Eğitim Basın Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Yayın No:0027, 7. Baskı, 1997
- [2] BAHTİYAR, M., "Toprak Fiziği", Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayını, Yayın No: 260, Tekirdağ, 1997
- [3] SAĞLAM, M.,T., "Toprak Kimyası", Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayını, Yayın No: 190, Tekirdağ, 1997
- [4] NİSANOĞLU, G., "Atıksu Arıtma Sistemlerinin Ve Bu Sistemlerden Elde Edilen Çamurların Tarım Olanaklarında Kullanılması Olanakları" Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1998.
- [5] ÇEPEL, N., "Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar", TEMA Yayınları, İstanbul, 1997.
- [6] KARPUZCU, M., "Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü", Kubbealtı Neşriyat, Yayın No: 28, İstanbul, 1994.
- [7] TOK, H., H., "Çevre Kirliliği", Anadolu Matbası ve Ambalaj San. Ltd. Şti. 185, Tekirdağ, 1997.
- [8] ÇEPEL,N., BAHTİYAR, M., IŞIK, K., ALTIN, M., GERAY, U., NEYİŞÇİ, T., SARI, M., ÖZER, A., E., "Tema Eğitim Semineri Notları", ", TEMA Yayınları, İstanbul, 1998.

[9] ÖZDEMİR, N., “Toprak ve Su Koruma”, 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, No: 22, Samsun, 1997.

[10] Gelişim Hachette, Alfabetik Genel Kültür Ansiklopedisi, Cilt: 9 s. 3230-3238.

[11] LOKMAN, L., “Doğa Dostu Ürünlerle Çevre Kirliliği ve Kontrolü”, Sakarya, 1998.

[12] ÖZEN, M., “Bitki Sulamasında Su Kalitesi Kriterleri”, <http://members.tripod.com/hdh282282/arsiv/ar/ar18/arm185.htm>

[13] ŞENGÜL, F., “Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması” Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 1991.

[14] KANTARCI, D., “Otlak Topraklarının Islahında Kireç Kullanımı”, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, s. 89-101.

[15] TORAMAN, Ö., Y., “Türkiye’deki Endüstriyel Atıksu Arıtma Çamurları ve Bertarafı” Arıtım Dünyası, Süreli Teknik Dergi Eylül/Ekim 1999 Sayı:16-21.

[16] FİLİBELİ, A., “Arıtma Çamurlarının İşlenmesi” Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 1996.

[17] TAŞATAR, B., “Endüstriyel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri”, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 1997.

[18] 10 Aralık 2001 Tarihli ve 24 609 Sayılı Resmi Gazete.

[19] TÜZÜNER, A., KÜÇTEMUR, İ., H., “Toprakta Organik Madde, Kireç, tuz, Jips ve Demir Oksit Miktarlarının Bünye Analizine Olan Etkileri” Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 138, Rapor Seri No:R.63, Ankara, 1996.

[20] T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Notları, Mart, 1998.

[21] GENÇ, N., ARHAN, Y., DAĞAŞAN, L., “Aritma Çamurlarının Talaş ile Birlikte Kapalı kap içinde Kompostlanması”Biyologlar Derneği, III. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Programı, 3-5 Eylül, Kırşehir 1997.

[22] GENÇ, N., ONAR, A., N., Katı Atık ve Çevre , Sayı 17, s. 18-27, Ocak 1995.

[23] KURU, E., “Petrol Endüstrisinde Çevre Sorunları” Petrol Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Bilim ve Teknik, Cilt 26, sayı 302, s. 13, Ocak.

[24] GENÇ, N., ASLAN, S., “Aritma Çamurlarının Çürütme Yöntemiyle Stabilizasyonu”, Aritim Dünyası, sayı 25, s.41-46, Mart/Nisan 2001.

[25] PEKMEZCİ, A., “Endüstri Atıklarının Çorak Toprakların Islahında Kullanılma Olanakları”Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kültür Teknik Anabilim Dalı, Adana, Eylül, 1998.

[26] BEYAZGÜL, M., “Salihli Ovası Tuzlu Ve Alkalili Toprakların Islahında Keçiborlu Kükürt İşletmesi Flotasyon Atıklarını Kullanma Olanakları Üzerine Bir Çalışma”, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, İzmir, 1991.

[27] PINAR, S., “Alkali Reaksiyonlu Topraklarda Kükürt Uygulamalarının pH ve Bazı Bitki Besin Elementlerinin Alınımı Üzerine Etkileri”, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, İzmir, 1994.

[28] Sanayide Atık Yönetimi, “Atıkların Azaltılması, Geri Kazanımı ve Bertarafı”, İstanbul Sanayi Odası, Çevre Şubesi, İstanbul, Ağustos 1998.

[29] LOKMAN, L., “Kirecin Aritma Atık Çamurlarının Islahında Kullanım”, <http://members.tripod.com/hdh282282/arsiv/ar/ar15/arm155.htm>

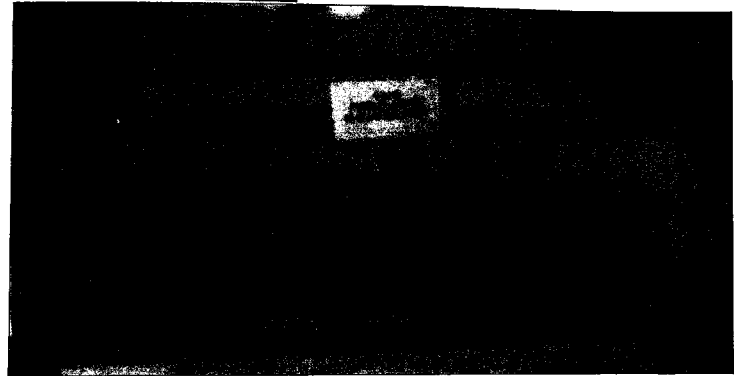
[30] AKÇA, L., CUTİLE, E., TÜF, N., Arıtma Çamurlarının Tarımsal Alanda Değerlendirilmesi, Tarım-Çevre İlişkisi Sempozyumu, Mersin Üniv. Yayını, İçel, 1996.

[31] TÜPRAŞ Dökümanları, Tüpraş İzmit Rafineri Müdürlüğü.

[32] ORHON, D., 1997, Endüstriyel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin Proje Değerlendirilmesi, TMMOB Çevre Müh. Odası, Atıksuların Arıtılması Seminer Notları, İstanbul

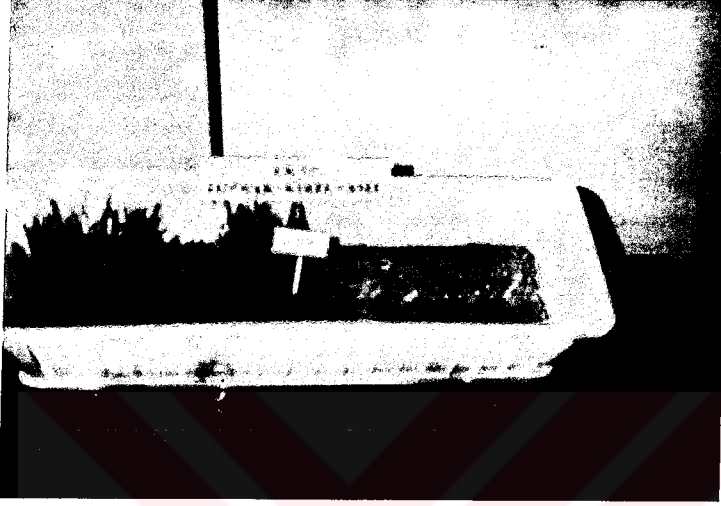
[33] www.tupras.com.tr.



EKLER**Ekimler Yapılmadan Önce Hazırlanan Deneme Kapları****Fotoğraf 1 1.DENEME KABI****Fotoğraf 2 2.DENEME KABI****Fotoğraf 3 4.DENEME KABI****Fotoğraf 4 5. DENEME KABI**

Ekimler Yapıldıktan Sonra 6.Gün Deneme Kaplarının Durumu-I**Fotoğraf 5 1. DENEME KABI****Fotoğraf 6 2. DENEME KABI**

Ekimler Yapıldıktan Sonra 6.Gün Deneme Kaplarının Durumu-II



Fotoğraf 7 4. DENEME KABI

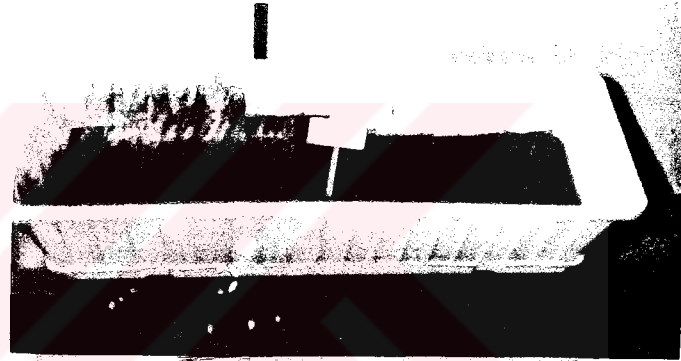
Fotoğraf 8 5. DENEME KABI



Ekimler Yapıldıktan Sonra 9.Gün Deneme Kaplarının Durumu



Fotoğraf 9 1. DENEME KABI



Fotoğraf 10 2. DENEME KABI



Fotoğraf 11 4. DENEME KABI



Fotoğraf 12 5. DENEME KABI

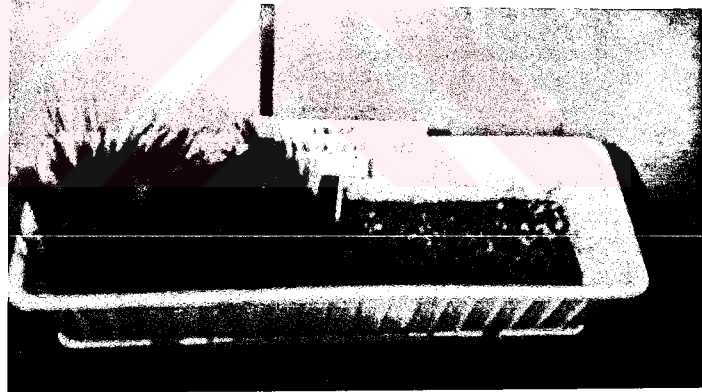
Ekimler Yapıldıktan Sonra 24.Gün Deneme Kaplarının Durumu

Fotoğraf 13 1. DENEME KABI



Fotoğraf 14 2. DENEME KABI

Fotoğraf 15 4. DENEME KABI



Fotoğraf 16 5. DENEME KABI

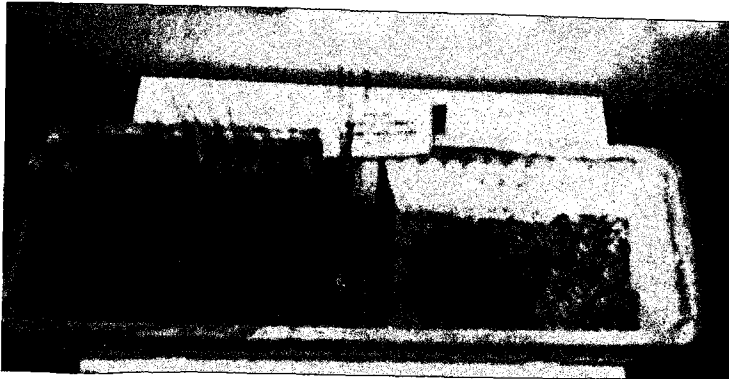
Ekimler Yapıldıktan Sonra 38.Gün Deneme Kaplarının Durumu

Fotoğraf 17 1. DENEME KABI



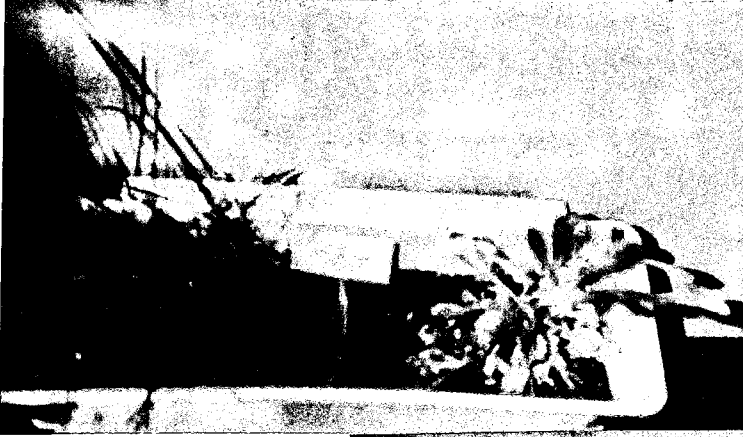
Fotoğraf 18 2. DENEME KABI

Fotoğraf 19 4. DENEME KABI



Fotoğraf 20 5. DENEME KABI

Ekimler Yapıldıktan Sonra 42.Gün Deneme Kaplarının Durumu



Fotoğraf 21 1. DENEME KABI



Fotoğraf 22 2. DENEME KABI



Fotoğraf 23 4. DENEME KABI



Fotoğraf 24 5. DENEME KABI

ÖZGEÇMİŞ

3 Eylül 1978'de Sakarya İli'nin Kaynarca İlçesi'nde doğdu. Lise öğrenimini de Kredili Sistemde beş dönem sonunda 1995 yılı Şubat ayında Atatürk Lisesi'nde bitirdi. Aynı yıl, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne başladı. 1999 yılı Temmuz ayında bölümden mezun oldu. Aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programına başladı. 2000 yılında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde halen bu görevine ve eğitimine devam etmektedir.

