

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KÖMÜR YIKAMA SULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ BAKIRÇAYI'NDAN
SULANAN TARIM TOPRAKLARININ SU TUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep DAĞ

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

MAYIS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KÖMÜR YIKAMA SULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ BAKIRÇAYI'NDAN
SULANAN TARIM TOPRAKLARININ SU TUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep DAĞ

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

MAYIS 2018

ANTALYA

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

**KÖMÜR YIKAMA SULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ BAKIRÇAYI'NDAN
SULANAN TARIM TOPRAKLARININ SU TUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Zeynep DAĞ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS**

**Bu tez BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ
tarafından 1484 (FYL-2016-1484) nolu proje ile desteklenmiştir.**

MAYIS 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÖMÜR YIKAMA SULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ BAKIRÇAYI'NDAN
SULANAN TARIM TOPRAKLARININ SU TUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep DAĞ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

Bu tez 04/05/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erdem YILMAZ

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR

Doç. Dr. Zeki ALAGÖZ

ÖZET

KÖMÜR YIKAMA SULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ BAKIRÇAYI'NDAN SULANAN TARIM TOPRAKLARININ SU TUTMA KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep DAĞ

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdem YILMAZ

Mayıs 2018; 54 sayfa

Bu çalışma Manisa ili Soma ilçesinde bulunan kömür yıkama sularının deşarj edildiği Bakırçayı'ndan sulanan bazı tarım topraklarının su tutma karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, organik karbon ve tane büyüklük dağılımı (tekstür) analizleri yapılarak toprakların farklı tansiyon (pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54 ve pF4.2) değerlerindeki % nem içeriklerinin tayin edilmesiyle birlikte toprakların su tutma karakteristikleri (pF eğrileri) belirlenmiş, topraklarının su tutma karakteristiklerinin organik karbon ve tekstür arasındaki ilişkileri ortaya konulmuştur.

Çalışmanın sonucunda yapılmış olan analizlerden elde edilen verilere göre, toprakların kil, silt ve kum içerikleri sırasıyla % 20-60, % 14-44 ve % 24-52 arasında değiştiği, tekstür sınıflarının killi, tınlı, kumlu killi tın ve killi tın olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, toprakların organik karbon (OC) değerlerinin % 1.10-19.90 arasında değiştiği, pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0 tansiyon değerlerindeki % nem kapsamlarının sırasıyla % 18.14-37.54, % 17.58-34.10, % 16.99-32.54, % 16.56-28.04 ve % 15.66-25.47 arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu toprakların tarla kapasitesi (pF2.54) ve solma noktasındaki (pF4.2) % nem kapsamlarının ise sırasıyla % 14.01-24.25, % 12.13-22.11 aralıklarında değiştiği belirlenmiştir.

Regresyon analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre, Bakırçayı'ndan sulanan 29 toprak örneğinin farklı tansiyon değerlerindeki (pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.4 ve pF4.2) % nem kapsamı ile % organik karbon içerikleri arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Kömür yıkama suları, Nem içerikleri, Organik karbon, Su tutma kapasitesi, Toprak tekstürü.

JÜRİ: Prof. Dr. Erdem YILMAZ
Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR
Doç. Dr. Zeki ALAGÖZ

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE WATER HOLDING CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL SOILS THAT ARE IRRIGATED FROM THE BAKIRÇAY WHERE THE COAL WASHING WATER IS DISCHARGED

Zeynep DAĞ

MSc Thesis in Soil Science and plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Erdem YILMAZ

May 2018; 54 pages

This study was carried out in order to determine the water holding characteristics of agricultural soils that are irrigated from the Bakırçay where the coal washing waters are discharged and that found in Soma district in Manisa province. In this study, organic carbon analysis and grain size distribution (texture) analysis done and by applying different tensions (pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54 and pF4.2) to the soils, the water holding characteristics (pF curves) of the soil is resulted and the relationships between the organic carbon and texturing are revealed, with the moisture contents of these soils were determined.

According to the values obtained from the analyses made at the end of the study, clay, silt and sand contents of the soil were found between 20-60 %, 14-44 % and 24-52 % respectively. However, organic carbon (OC) values ranged between 1.10-19.90 %, while the moisture % ranges under the tensions of pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0 were changed between 18.14-37.54 %, 17.58-34.10 %, 16.99-32.54 % , 16.56-28.04 % and 15.66-25.47 % respectively. Moisture content in field capacity (pF2.54) and wilting point (pF4.2) were changed between 14.01-24.25 % and 12.13-22.11 % respectively.

According to the results obtained from the regression analysis, it has been determined that, 29 soils samples irrigated with coal washing waters that put under different tensions (pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54 ve pF4.2) it was found that there is a positive correlation between % moisture values and % organic carbon contents, and that this relationship is significant at $P < 0.01$ level.

KEYWORDS: Coal washing water, Moisture contents, Organic carbon, Water retention characteristics, Soil texture.

COMMITTEE: Prof. Dr. Erdem YILMAZ

Prof. Dr. Ahmet Ali IŞILDAR

Assoc. Prof. Dr. Zeki ALAGÖZ

ÖNSÖZ

Kömür madenciliğinde, kömür yıkama tesisleri olarak adlandırılan lavaların atık havuzları hem çevre için büyük bir kirlilik kaynağı oluşturmakta hem de tarım ve benzeri faaliyetler için faydalana bilinecek alanlar atık havuzlar sebebiyle kullanılamaz hale gelmektedir. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı günümüzde atık havuzlar tüm dünyada kömür endüstrisinin ve lavaların karşılaştığı en büyük sorunlardan biri haline getirmektedir.

Bu çalışma, bir çeşit endüstriyel atık su olan kömür yıkama tesislerinden çıkan suların deşarj edildiği Bakırçayı'ndan sulanan tarım topraklarının su tutma karakteristiklerindeki farklılıklar ile tarımsal sulamaların Bakırçayı'ndan yapılmadığı toprakların su tutma karakteristikleri karşılaştırılarak toprakta su yönetimi konusunda planlamaların yapılmasına olanak sağlayacaktır. Denemeye konu edilen alan Bakırçayı havzasının oldukça küçük bir kısmını kapsamaktadır. Linyit yıkama sularının karıştırıldığı noktalardan itibaren Bakırçayı'nın denize döküldüğü Çandırılıya kadar olan mesafe (70-80 km) birçok verimli toprağı (Kınık ovası, Bergama ovası) bulundurmaktadır. Denemede konu edilen tarım alanları ise linyit atığı birikiminin en yoğun olduğu Bakırçayı havzası içinde yer almaktadır. Bu nedenle bu alandaki topraklarda yapılacak çalışmalar diğer alandaki topraklar için referans olabilecektir. Topraklardaki böyle bir birikimin topraklar üzerinde etkisinde elde edilecek olası pozitif sonuçlar belki bu atık suların farklı bir biçimde değerlendirilmesine olanak tanıyacak, bölge ve ülke ekonomisi açısından bazı yeni fikirlerin ve gelir kaynaklarının doğmasına ışık tutacaktır.

Tez çalışmam boyunca maddi ve manevi her anlamda yardımlarını esirgemeyen, ekip ruhunu aşıl原因an, bilgiyi paylaşmayı öğreten ve yol gösteren değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Erdem YILMAZ'a,

Tezimin savunmasındaki katkılarından dolayı jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR'a ve Sayın Doç. Dr. Zeki ALAGÖZ'e,

Tezin istatistik analizlerinde yardımcı olan Akdeniz Üniversitesi İstatistik Danışma Birimi bünyesinde görev yapmakta olan Uzman Dr. Ebru KAYA BAŞAR'a,

Çalışmanın gerçekleşmesinde oldukça önemli bir görev üstlenen ve denemeye konu edilen toprakların sahipleri olan saygıdeğer çiftçilerimize,

Çalışmalarım sırasında bana her konuda yardımcı olan araştırma görevlileri Sayın Gafur GÖZÜKARA'ya, Sayın Hüseyin OK'a ve Sayın İsmail Emrah TAVALI'ya,

Ayrıca bana bu çalışma ortamında yer açan Akdeniz Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü ailesinin bireyelerine,

Hiçbir zaman haklarını ödeyemeyeceğim, çalışmalarımın başından sonuna kadar yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Seda TORUN'a, Rüya NAMAL'a ve Süleyman Murat ORAK'a, sevgili kardeşlerim Ömer DAĞ'a ve Muhammed DAĞ'a sonsuz teşekkür etmeyi borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Bakırçay Havzası Hakkında	3
2.1.1. Havzada bulunan yerleşim birimlerinden soma	4
2.2. Kömür Yıkama Suları	6
2.3. Organik Karbon ile Toprağın Fiziksel Parametreleri Arasındaki İlişkiler Hakkında Yapılmış Bazı Çalışmalar	7
3. MATERYAL ve METOT	16
3.1. Materyal.....	16
3.2. Metot	18
3.2.1. Tane büyüklük dağılımı analizi (toprak bünyesi tayini)	18
3.2.2. Toprakta organik karbon tayini	19
3.2.3. Toprakta su miktarının belirlenmesi	19
3.2.3.1. Toprağın farklı tansiyon (pF) değerlerinde tutulan su miktarı tayini	20
3.2.3.2. Tarla kapasitesi tayini	20
3.2.3.3. Solma noktası tayini.....	21
3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	23
4.1. Farklı pF Değerlerinde Topraklarda Tutulan Su Miktarı Analiz Sonuçları ve Korelasyon İlişkileri	23
4.2. Kömür Yıkama Sularıyla Sulanmış Tarım Topraklarında Farklı pF Değerlerinde Tutulan Nem Miktarı ile Organik Karbon Kapsamları Arasındaki Regresyon Analiz Sonuçları	34

4.2.1. Kömür yıkama sularıyla sulanmış tarım toprakların farklı pF değerlerinde tuttıkları nem miktarı ile organik karbon arasındaki regresyon analizinin eşitlik grafikleri	37
5. SONUÇLAR	44
6. KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “KÖMÜR YIKAMA SULARININ DEŞARJ EDİLDİĞİ BAKIRÇAYI’NDAN SULANAN TARIM TOPRAKLARININ SU TUTMA KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

Tarih...28.../...05.../...2018

Zeynep DAĞ
Z. DAĞ

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

.	: Ondalık ayracı
%	: Yüzde
<	: Küçüktür
°C	: Santigrat derece
g	: Gram
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
cm	: Santimetre
mm ³	: Milimetre küp
m ³	: Metre küp
ml	: mililitre
hm	: Hektometre
ha	: Hektar
pF	: Toprak rutubet gerilimi (tansiyon) cinsinden ifadesi
kPa	: Kilopascal (emiş gücü)
pH	: Toprak reaksiyonu
EC	: Elektriksel iletkenlik
N	: Örnek sayısı
atm	: Atmosfer
P	: İstatistiksel Olasılık değeri
R	: Korelasyon katsayısı
L	: Tın (Loam)
C	: Kil (Clay)
CL	: Killi tın (Clay Loam)

SCL : Kumlu killi tın (Sandy Clay Loam)

Kısaltmalar

OC : Organik Karbon

TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri kurumu

TOK : Toprak Organik Karbonu

vd : ve diğerleri

Sig : Önem derecesi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Soma termik santralinden genel bir görünüm.....	4
Şekil 2.2. Somanın yerleşim dokusundan bir görünüm	5
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan topraklara ait örnekleme alanının görüntüsü	16
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri	16
Şekil 3.3. Tekstür analizinde kullanılan aletler.....	18
Şekil 3.4. Tekstür analizinin aşamaları	19
Şekil 3.5. Farklı pF değerlerinde tutulan su miktarının belirlenmesinde kullanılan Sand-box aletinin görünümü	20
Şekil 3.6. Tarla kapasitesi ve solma noktası tayin aletleri	21
Şekil 3.7. Solma noktası aletinden çıkarılan toprak örneklerinin etüvde kurutma ve tartım aşaması.....	22
Şekil 4.1. Kömür yıkama sularıyla sulanmış (1-29 nolu örnekler) ve sulanmamış (30-32 nolu örnekler) toprak örneklerinin farklı pF değerleri altında tutulan su miktarlarının karakteristik eğrileri (pF kurveleri)	27
Şekil 4.2. pF0 da toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.....	38
Şekil 4.3. pF1.0 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.....	38
Şekil 4.4. pF1.5 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki	39
Şekil 4.5. pF1.8 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki	39
Şekil 4.6. pF2.0 deki toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki	40
Şekil 4.7. pF2.54 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki	41
Şekil 4.8. pF4.2 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Toprak organik madde içeriğinin -33 kPa ve -1500 kPa tansiyonlarında toprağın nem içeriği üzerine etkilerine ilişkin bazı araştırmacıların bulguları	13
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	17
Çizelge 4.1. Farklı pF değerlerinde toprakta tutulan nem miktarları (pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54 ve pF4.2) ve organik karbon kapsamı analiz değerleri	23
Çizelge 4.2. Kömür yıkama sularıyla sulanmış ve sulanmamış toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistikleri ortalama, standart sapma, minimum, maksimum değerleri gösterilmektedir.....	24
Çizelge 4.3. Farklı pF değerlerinde toprağın içerdiği % nem kapsamı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki	33
Çizelge 4.4. Kömür yıkama sularıyla sulanmış toprak örneklerinde farklı pF değerlerinde tutulan nem (%) ve organik karbon (%) kapsamı arasındaki regresyon analiz eşitlikleri	34

1. GİRİŞ

Toprak, genel olarak organik madde ve kayaların çeşitli ayrışma ürünlerinden oluşan ve içerisinde hava, su ve pek çok canlılar âlemini barındıran bir maddedir (Ergene 1993). Gelişen teknoloji ile birlikte beslenmemizi sağladığımız topraklar gün geçtikçe kirlenmekte ve toprak kirliliğinin artması sonucu meyve, sebze ve tarımsal ürünlerin yetiştirildiği alanın her geçen gün azalmasına sebep olmaktadır (Syed 2005).

Toprağa ilave olan kirletici solüsyonlar veya kirletici görünümünde olan maddeler ile toprak kirliliğine sebep olmaktadır. Bu çevresel kirleticiler toprağın flora ve faunasını etkileyen kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerdir. Bu kirlilik kaynakları kirletici unsurların oluşumu, birikimi ve taşınması açısından başta toprağın kirlenmesine ve buna bağlı olarak ağır metal kirliliğine, yer altı suyu kirliliğine, sediment kirliliğine, akarsu, nehir göl kirliliğine ve sonuçta deniz kirliliğine sebep olurlar (Jack 2001).

Toprak kirliliği sonucu topraktaki canlı yaşamda olumsuz etkilenir. Binlerce yıldır organik artıkların parçalanmasını sağlayan bakteriler ile toprak verimliliği yükseltilirken, kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanılması ile toprakların verimsizleşmesine, bakterilerin yeteneklerinin kaybolmasına, bitki besin elementlerinin doğal üretilmemesine ve atıkların parçalanamamasına sebep olmuşlardır (Fiedler 1990; Syed 2005).

Toprak, içerisinde ve üzerinde yaşayan biyolojik çevreye (bitki, hayvan, mikroorganizma ve insanlara) su ve besin maddeleri sağlama oranında verimlidir. Bu nedenle toprak, biyolojik çevre için önemli bir ekosistem oluşturmaktadır. Biyolojik çevre için toprak ekosisteminin kirlenmesi de bu nedenle hayati önem taşımaktadır. Toprak kirliliği ve biyolojik çevre ilişkisi insanların yanlış uygulamalarının bir sonucu olarak toprak ekosisteminin fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesi bozulmaktadır. Toprak kirlenmesi denilen bu olayın erozyon, tarımsal kirleticiler, endüstriyel kirlenme, tarım alanlarının amaç dışı kullanımı, katı atıklar, gibi birçok nedenleri vardır (Haktanır 1987; Jack 2001).

Tüm bunların yanında, gerek ısınma gerekse de enerji üretimi için kullanılan kömürün zenginleştirilme işlemi sonunda, atık malzemenin depolandığı şlam havuzları, konumları ve iyi drene edilmemiş olmaları gibi nedenlerle yeraltı-yerüstü sularında ciddi bir kirlenme tehdidi oluşturmaktadır. Ayrıca bu şlam havuzlarındaki kömür atıkları, üzerindeki su kütlesinin yeniden kullanılmasıyla da buharlaşması sonucu hava ile temas ederek yanmaya başlamakta ve çevrede yoğun bir koku kirliliği yaratmaktadır. Benzer sonuçlar Bakırçayı'na deşarj edilen ve bu sudan sulanan tarımsal topraklarda da gözlemlenmektedir. Bazı tarım alanlarında sulama neticesinde biriken ciddi linyit birikimleri toprakta hava ile temasa geçtiğinde yanmakta ve bazı tarım alanlarında yangınlara neden olabilmektedir. Soma'da kömür çıkarımı ya da buna bağlı yan sektörlerde sürdürülen faaliyetler sırasında ekolojik dengesi bozulan, önemli ölçüde

tahribe uğramış olan alanların korunmasına yönelik iyileştirme ya da rehabilitasyon çalışmaları son derece yetersizdir.

Kömür önemli enerji kaynaklarımızdan biri olup, hayatımızda da önemli bir yere sahiptir. Teknolojinin gelişimine paralel olarak, insanlar bu enerji kaynağından farklı şekillerde yararlanma ihtiyacı duymuşlardır. Kömürün kullanım alanları incelendiğinde, çoğunlukla termik santrallerde elektrik enerjisi üretiminde yakıt hammadresi olarak, ısınmada, endüstride ve demir çelik fabrikalarında kok üretiminde, gaz üretiminde kullanıldığı görülmektedir. Kömür ve kömüre dayalı ticaret etkinlikleri Soma ekonomisinin temelini oluşturmaktadır. Söz konusu etkinlikler, sadece ilçe ve bölge ekonomisi için değil, Türkiye'nin enerji üretimi açısından da büyük önem taşımaktadır. Soma kömür havzalarında devam eden kazı çalışmalarının özellikle son dönemde artan hızı dikkate alındığında, kömür çıkarma alanlarının yer seçimi konusunda sağlıklı bir fizibilitenin yapılmadığı anlaşılmaktadır (Karadağ 2007).

Açık ocaklar çevresinde gözlenen bir diğer sorun da, özellikle linyit çıkarım alanları yakınındaki tarım alanlarında taban suyu seviyesinin düşmesi ve gerekli önlemlerin alınmaması nedeniyle yaşanan tarımsal verim kaybıdır. Harmanlama alanlarında ortaya çıkan tozluluk, tarımda verimliliği düşüren bir diğer faktördür. Linyit çıkarım alanları yakınında yer alan ve çoğu geçmişte geçimini tütün, tahıl tarımı ve yayla bağıcılığından sağlayan birçok köy aynı nedenle hızla nüfus kaybetmektedir. Sözü edilen köyler, ortaya çıkan çevresel bozulma ve tarım arazileri üzerindeki olumsuz etkiler nedeniyle verimli bir tarımsal üretim gerçekleştirememekte ve zorunlu olarak dışarıya göç vermektedir (Karadağ 2007).

Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada Soma'da Bakırçay'ına yakın tarımsal üretimin yapıldığı alanlardan alınan toprak örneklerinde yapılan analizlerle tarımsal sulamalarla ve taşkınlarla meydana gelen linyit tozu birikiminin söz konusu toprakların su tutma karakteristiklerindeki farklılıklar belirlenmiştir. Böylece Soma'da kömür yıkama tesislerinden çıkan suların deşarj edildiği Bakırçay'ından yapılan sulama ile sulanan tarım topraklarında bitkisel üretim ve çevre sağlığı üzerine önemli etkileri olan organik karbon, tekstür ve su tutma karakteristikleri gibi bazı toprak özellikleri araştırılmıştır. Bununla birlikte karbon içeriği yüksek olan bu sularla sulanan tarım topraklarının su bütçesi değişimlerinde herhangi olumlu veya olumsuz yönde bir etkinin olup olmadığı konusunda bilgi sahibi olup gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olacaktır. Aynı zamanda ileride yapılacak olan benzer çalışmalara örnek teşkil edeceği ve kaynak çalışma olacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK TARAMASI

Dünya nüfusunun hızla artması, çarpık kentleşme, sanayileşme ve tarım alanlarında aşırı ve bilinçsizce kimyasal ilaç ve gübre kullanımının neden olduğu çevre kirliliği giderek su kaynaklarının niteliğini bozmuştur. Su kaynakları özellikle de nehirler, birçok idari yapı içinde kalmaktadır. Bu da, kirliliğin önlenmesinde ve hızlı sonuca ulaşmada sorunlara neden olmaktadır. Su kaynaklarının korunması, planlanmasının ve yönetilmesinin ortak bir disiplin altında ele alınması, nehir havzalarındaki su kalitesinin belirlenmesi ve modern entegre su kaynakları yönetimi planlanmasının yapılması gerekmektedir. Bunun için ilk aşama, havzada kirlilik ölçüm ve izleme ağıının oluşturulması ile nehrin kirlilik boyutunun ortaya konulmasıdır. Manisa'nın soma ilçesini etkileyen önemli ve çarpıcı su havzalarından biri de Bakırçay Havzası'dır (Alpaslan 1991).

2.1. Bakırçay Havzası Hakkında

Kocadağ eteklerinden doğan Gelenbe deresinin Karakurt boğazından geçerek Kırkağaç Ovasına girmesiyle birlikte Bakırçay adını alan Bakırçay Nehrinin uzunluğu 120 km dir. Madra ve Yunt Dağı'ndan çıkan irili ufaklı pek çok kolla beslenen Bakırçay'ın belli kaynakları akış yönüne doğru Gelenbe çayı, Aksu, Yağcılı, Menteşe, Ilıca, Karadere, Kırkgeçit, Gümüş, Kestel, Bergama, Sınır, Boğazasar ve Sarı Azmak dereleridir. En önemli kolu olan yağcılar çayı ile Kınık'ta birleşen Bakırçay, Bergama yakınlarından geçerek Çandarlı'dan Ege Denizi'ne dökülür. İlkçağda Bakırçay'ın Bergama yakınlarında denize döküldüğü tahmin edilmekle beraber oluşan alüvyonlar sonucu zamanla nehir yatağının dolmasıyla birlikte Dikili yakınından Ege'ye ulaştığı saptanmıştır. Hâlihazırda Boğazasar Çayı'nın da önünün tıkanmasıyla birlikte Bakırçay şu an Çandarlı'dan denize dökülmektedir (Gültekin vd. 1998).

Bakırçay Havzası'nın 1997 nüfusu 617.011 kişi olup havzanın yüzölçümü 10.003 km²'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 624,2 mm³ olup havzadaki yıllık toplam akış miktarı 2,09 km³'dür. Havzadaki toplam 15 adet barajda depolanan su miktarı ise 797 hm³'dür. Havzanın toplam tarım alanı 367.429 ha, sulanabilir alan ise 316.348 ha'dır. (NEN Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti. 2001).

Bakırçay Nehri'nin geçtiği yerleşim birimlerinde sağlıklı bir kanalizasyon ve arıtma tesisi bulunmaması nedeniyle gelen atık suların arıtılmadan nehir ve nehir kollarına verilmesi, havzada bulunan sanayi tesislerinden kaynaklanan atık sular ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisit ve gübreler ile yanlış sulama teknikleri Bakırçay Nehri'ni hızla kirliletmektedir. Havzada yer alan ilçelerin tamamında yoğun olarak tarım yapılmaktadır. Kuru tarım ağırlık kazanmakla birlikte tarımda modern alet ve ekipmanlar da kullanılmaktadır. Havzada tarımın yanı sıra turizm de büyük bir önem taşır.

2.1.1. Havzada bulunan yerleşim birimlerinden Soma

Araştırma alanını oluşturan Manisa'nın Soma ilçesi; Ege Bölgesi'nin Kuzeyin de Marmara Bölgesi sınırında yer almaktadır. Soma, Ege Bölgesi'nin doğu-batı doğrultulu depresyonlarından biri olan Bakırçay vadisi içerisinde kurulmuştur. Soma, güneyinde Soma dağları ile kuzeyde ise platoluk alan ile çevrilidir (Karakuş 1996).

Soma ilçesi yakınında bulunan linyit ocakları ve 1957 yılında işletmeye açılan termik santrali (Şekil 2.1) sayesinde çevresinden devamlı göç alarak gelişmesini sürdürmektedir. Özellikle 1950'li yıllardan sonra göç kendisini daha çok hissettirmiş, nüfus daha çok Soma ilçesi yakınında toplanırken, kırsal alanda boşalmaya başlamıştır (Karakuş 1996).



Şekil 2.1. Soma termik santralinden genel bir görünüm.

Gelişmesini linyit kömürüne ve buna bağlı olarak gelişen sanayiye borçlu olan Soma ilçesi, çevresinin sosyal ve ekonomik bakımdan merkezi durumuna gelmiştir (Karakuş 1996).

Soma ilçesindeki küçük çaplı sanayi tesislerinin yanında 8 adet süt ve süt ürünleri tesisi, 15 adet zeytinyağı fabrikası, 4 adet kömür yıkama tesisi, Soma Termik Santrali'nden çıkan yıkama-soğutma suları ile evsel atık sular belediyenin kanalizasyonuna verilmekte ve kanalizasyon suları da Bakırçay Nehri'ne deşarj edilmektedir. İlçenin kanalizasyon sistemi ve atık su arıtma tesisi İller Bankası Genel Müdürlüğüne ihale edilmiş olup, kanalizasyon sistemi inşaatı ve atık su arıtma tesisi proje aşamasındadır (Gündoğdu ve Turhan 2004).



Şekil 2.2. Somanın yerleşim dokusundan bir görünüm (Karadağ 2005).

Fosil kaynaklı enerji hammaddelerinin başında gelen kömür, birçok ülkede madencilik çalışmalarının en önemli ürünü olmasının yanı sıra, birincil enerji kaynakları içerisinde de ilk sıralarda yer almaktadır. ABD’de kömür, yerli enerji kaynakları içinde en büyük değere sahip olup, fosil enerji kaynakları arasındaki payı % 94’dür. ABD Enerji Bakanlığı, temiz kömür teknolojilerinin gelişmesini sağlayacak bir program çerçevesinde son 10 yıl içinde 6 milyar dolar düzeyinde para harcamış ve temiz kömür üreten prosesler geliştirmiş, temiz kömür üretmek için yatırım yapan şirketlere önemli sübvansiyonlar uygulamıştır. Ayrıca, kuzey Dakota ve Pittsburgh’da yer alan enerji araştırma merkezlerinde çok sayıda yüksek verimli yeni kömür teknolojileri ve kükürt arındırma sistemleri geliştirilmiştir (Maden Mühendisleri Odası 2000).

Havzadaki kirletici kaynaklar;

- a) Endüstriyel ve evsel faaliyetlerden kaynaklanan organik ve inorganik maddeler,
- b) Tarımsal alanlarda kullanılan tarım ilaçları ve suni gübreler,
- c) Soma Termik Santrali’nden yayılan zararlı kimyasal maddeler ile kömür yıkama tesislerinden çıkan proses ve soğutma sularıdır (Maden Mühendisleri Odası 2000).

2.2. Kömür Yıkama Suları

Türkiye’de kömür yıkama tesisleri ekonomik ihtiyaçlardan dolayı kurulmuştur. Demir ve çelik fabrikalarının ihtiyacı olan hammaddeyi elde etmek için önce Zonguldak havzasında kömür yıkama tesisleri inşa edilmiştir. Linyit kömürü madenciliğinin 1980’li yıllardan sonra büyük gelişmeler göstermesi nedeniyle linyite sanayi ve ısınma sektörlerinden talep artmıştır (Sabah vd. 2002). Ancak yoğun kömür kullanımı ile birlikte gündeme gelen hava kirliliği, linyitin yıkanması gereğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca giderek artan ithal kömür ile rekabet edebilmek için, yerli linyit kalitesinin artırılması veya ısı değerinin yükseltilmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Özellikle son 10 yıl zarfında hizmete alınan kömür yıkama tesislerindeki artış bu nedenlerden dolayıdır (Ateşok 2004).

Kömür madenciliğinde, kömür yıkama tesisleri olarak adlandırılan, lavaların atık havuzları hem çevre için büyük bir kirlilik kaynağı oluşturmakta hem de tarım ve benzeri faaliyetler için yararlanılabilecek alanlar, atık havuzları sebebiyle kullanılamaz hale gelmektedir. Bu ve benzeri sebepler, günümüzde atık havuzlarını, tüm dünyada kömür endüstrisinin ve lavaların karşılaştığı en büyük sorunlardan biri haline getirmektedir (Kımarsky ve Sbitnev 1998).

Son iki yüz yıl içinde hızlı nüfus artışı, endüstrileşme ve yoğun zirai etkinlikler doğal çevreyi olumsuz etkileyen ve kirlüten sebepleri oluşturmuştur. Endüstri devrimi ve hızlı şehirleşmenin ilk dönemlerinde, doğanın tüm kirleticileri sonsuza dek saklayabilme veya sonsuz bir arıtma gücüne sahip olduğu sanılıyordu. Ancak, zaman içinde tüm ekosistemler çevre kirliliğinden olumsuz etkilenmeye başladığında, ortaya çıkan sorunları anlama, tanımlama, önlem alma ve çözüm bulma çalışmaları büyük önem kazanmıştır (Eroğlu 2008).

Su ve toprak kaynakların tüketilmesi kadar tüketim sürecinde kirlenmesi ve taşıma kapasitelerinin zorlanması sürdürülebilirlik kavramına aykırı olgulardır ve ekosistem üzerinde olumsuz neticelere sebep olmaktadır. Bir örnek vermek gerekirse, havzalar üzerinde sürdürülmekte olan üretim-tüketim faaliyetleri ile yerleşmelerden kaynaklanan faaliyetler havza ekolojilerinin taşıma kapasitelerini önemli ölçüde zorlamaktadırlar (Eroğlu 2008).

20 yıl öncesine kadar Gediz, Küçük menderes, Büyük menderes, Bakırçay havzaları bölgemizin en gözde ve verimli havzaları iken, birinci sınıf tarım arazilerinin üstüne, dumanları havayı, atık suları nehirleri zehirleyen fabrikaların kurulması ve daha da acısı en ileri teknolojilerin getirildiği fabrikaların hemen hepsinin en ilkel metotlarla çalıştırılmış olmasıyla bu havzalarımızın adıyla anılan nehirlerimizden artık temiz su değil, kirli su akıttığı ve bu nehirlerden sulanan tarım alanlarının da kirlendiği belirtilmiştir (Tomar 2004).

2.3. Organik Karbon ile Toprağın Fiziksel Parametreleri Arasındaki İlişkiler Hakkında Yapılmış Bazı Çalışmalar

Toprak Organik Karbon'u (TOK), hayvansal ve bitkisel kökenli maddeleri farklı aşamalarda gerçekleşen çürümeler sonucu oluşan toprak organik madde bileşenlerinden biri olarak toprakta depolanan karbonun miktarı olarak tarif edilebilir. Diğer bir ifadeyle Organik karbon temel olarak hayvan ve bitki kalıntıları, ölü ve yaşayan mikroorganizmalar, kök sızıntıları ve toprak biyotasının çözülmesiyle toprağa girer. Toprak organik karbonu partikül boyutu, karbon içeriği, devrilme zamanı ve bunun çözülme oranı açısından farklılık gösteren heterojen bir yapıdır. Toprak organik karbonu toprak mikroorganizmaları için ana enerji kaynağıdır. Topraktaki organik madde yaklaşık % 58 karbon içerir (Türkiye Perma Kültür Araştırma Enstitüsü 2015).

Topraktaki karbon içeriği toprağın genel sağlığının temel unsurudur. Toprak karbonu kation değişim kapasitesini arttırmak gibi toprağın kimyasal özelliklerini iyileştirir. Ayrıca kumlu toprakların su tutma kapasitesini artırır ve karbonun agregatlara tutunmasına yardım ettiği killi toprakların yapısal dengesini geliştirir. Karbonun büyük bölümünü oluşturduğu toprak organik maddesi bitki gelişimi için çok büyük önemi olan besin kationları ve iz elementlerin büyük bir yüzdesini oluşturur. Toprak karbonu ayrıca besinlerin topraktan sızmasını engeller ve mineralleri bitkilerin alımına hazır hale getiren, bütünü ayrılmaz parçası organik asitler için kritik öneme sahiptir. Bunlara ek olarak toprağı güçlü pH değişimlerinden korur (Türkiye Perma Kültür Araştırma Enstitüsü 2015).

Organik madde kendi ağırlığının 3-5 katı su tutma özelliğine sahiptir. Bu durum dispers (maddenin element-molekül hali) halde bulunan koloidal humin maddelerinin su tutma güçlerinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Toprağın bütün pF noktalarında organik maddenin kapsadığı su miktarı anorganik parçacıkların kapsadığından 5-10 kat daha fazladır. Bütün pF noktalarında tutulan su fazla olunca, belirli büyüklükteki porlar artmış ve normal bir por dağılımı sağlanmış olur. Böylece hafif topraklarda higroskopik nem ve yararlı su kapsayan boşluklar artarken ağır topraklarda daha çok hava kapsayan boşluklar artar. Organik madde tarafından tutulan su daha çok bitkilerin alabileceği bir güçle bağlanmıştır. Ağır killi ve killi topraklarda fazla suyun alt katlara sızması bir sorun iken, kumlu topraklarda suyun akıp gitmesi söz konusudur. İşte ağır killi topraklarda organik madde toprağı gevşeterek fazla suyun alt katlara sızmasını sağlar. Kumlu topraklarda ise organik madde, suyu kendi bünyesinde tutarak derinlere akıp gitmesini önler yani kumlu topraklarda organik maddenin gösterdiği işlev az olan yarayışlı suyun artırılması şeklindedir (Canbolat vd. 2002).

Organik madde hidrofilik özelliğine sahip olduğundan dolayı toprakların yarayışlı su tutma kapasitesini, hacim ağırlığını ve strüktürünü etkiler. Bu nedenle

toprakta organik madde miktarının artması toprakların yarayırlı su tutma kapasitesinin artmasına neden olmaktadır (Canbolat vd. 2002).

Canbolat (1999) tarafından toprak nem karakteristiklerinden tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayırlı nem kapasitesinin; tane büyüklük dağılımı ve organik karbon içeriğinden tahmin edilmesini sağlayacak uygun regresyon eşitlerini saptamak amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Araştırmada, Erzurum ovasından örneklenen 32 adet yüzey (0-20 cm) toprak örneği kullanılmıştır. Tekstürel fraksiyonlardan kum, tarla kapasitesi ve yarayırlı nem kapasitesini en fazla etkileyen değişken olmuştur. Kil fraksiyonu ise, tarla kapasitesindeki değişime göre, devamlı solma noktasındaki değişimi daha fazla etkilemiştir. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası ile kum fraksiyonu arasında önemli negatif ($P<0.01$), kil fraksiyonu ile de önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Silt fraksiyonu ile yarayırlı nem kapasitesi arasında $P<0.01$, tarla kapasitesi arasında da $P<0.05$ düzeyinde önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Organik karbon içeriği ile tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayırlı nem kapasitesi arasında önemli ($P<0.01$) pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Toprak-nem karakteristiğini, topraktaki suyun miktarı ve toprak suyunun tansiyon durumu arasındaki ilişki oluşturur (Yeşilsoy ve Aydın 1995). Toprak nem tansiyonu, toprakta su hareketini, sulama programlarını, bitki gelişimi ve verimini etkileyen önemli bir toprak fiziksel özelliğidir (Hopmans ve Dane 1985; Batjes 1996). Bir çok toprak fiziksel özelliğinin ölçümü, zaman alıcı olup, rutin çalışmalar sırasında bu özelliklerin sadece birkaçı ölçülmektedir. Ölçülen özelliklerden yararlanılarak diğer bir fiziksel özelliğin tahmin edilmesi amacıyla bugüne kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Tane büyüklük dağılımı ve organik madde içeriği gibi kolay ölçülebilen toprak özelliklerinden, belli bir toprak nem tansiyonuna eşdeğer toprak nem içeriğinin tahmin edilmesinde de kullanılan ve pedotransfer fonksiyonları (PTF) olarak adlandırılan matematiksel modeller, toprağın farklı tansiyonlarındaki tutulan nem içeriği gibi, hidrolik karakteristiklerinin direkt ölçümlerine alternatif olarak son yıllarda yoğun olarak uygulanmaktadır (Wösten vd. 1988; Tietje ve Tapkenhinrichs 1993; Batjes 1996; Tietje ve Hennings 1996).

Toprak nem tansiyonunun tahmininde, tane büyüklük dağılımı, toprak organik maddesi ve kütle yoğunluğunu temel alan modeller, Gupta ve Larson (1979), Rawls vd. (1982) ve Vereecken vd. (1989) tarafından geliştirilmiştir. Williams vd. (1983) nem tansiyonu üzerine, tane büyüklük dağılımı, strüktür ve kil mineralojisinin etkilerini çalışmışlardır. Kern (1995) tane büyüklük dağılımı, toprak organik maddesi ve kütle yoğunluğunu temel alan bazı toprak nem tansiyonu tahmin modellerini değerlendirmiştir.

Shaykewich ve Zwarich (1968) toprağın kütle yoğunluğu, tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayırlı nem kapasitesinin; tekstürel fraksiyonlar, organik

madde ve kireç içeriğinden yararlanılarak tahmin edilebilme imkanlarını araştırmışlardır. Araştırmacılar, kütle yoğunluğu ile organik maddenin, yarayışlı nem kapasitesi ile de siltin en yüksek ilişkileri verdiğini saptamışlardır.

Bahtiyar (1975) tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesinin bazı toprak özelliklerinden tahmin edilebilmesine ilişkin olarak yaptığı araştırmada, söz konusu bu özelliklerin araştırmada belirlenmiş olan ilgili regresyon eşitlikleri ile tahmin edilebileceğini kaydetmiştir.

Sarıyev vd. (1995) toprak rutubet karakteristik fonksiyonlarının oluşturulmasında, doğrusal, polinomial, logaritmik, üstel ve kesirli rasyonel ifadelerden hangisinin daha uygun olduğuna karar verebilmek amacıyla geliştirdikleri modeli deneysel bulgularla test etmişlerdir. Araştırmalarında, altı farklı katmandan alınan topraklara ait deneysel değerleri kullanarak, her bir katmana ilişkin toprak rutubet karakteristik eğrisi için en uygun matematiksel modeli saptamışlardır.

Sarıyev vd. (1998) iki toprak serisine ait profillerden alınan toprak örneklerine ait bazı temel toprak özelliklerini değerlendirerek, toprak su içeriği, hidrolik iletkenlik gibi hidrolik özelliklerin matematiksel modellemesini çalışmışlardır. Sonuç olarak, her iki toprak serisi için herhangi bir nem tansiyonuna eşdeğer su içeriğinin ve doymamış hidrolik iletkenliğin hesaplanmasına ait en uygun modeli geliştirmişlerdir.

Batjes (1996) farklı nem tansiyonlarına eş değer nem içeriğini tahmin edebilmek için pedotransfer fonksiyonları olarak stepwise çoklu lineer regresyonu kullanmıştır. Bu modellerde bağımsız değişken olarak, toprak özelliklerinden kil, silt ve organik karbon içeriği seçilmiştir. Araştırmacı, pF4.2'ye eşdeğer nem içeriğinin tahmin edilmesi için geliştirilen modelde R^2 değerinin 0.88, diğer nem tansiyonlarına eşdeğer nem içeriklerinin tahmin edilmesi için geliştirilen modellerde ise R^2 değerlerinin 0.90'nın üzerinde olduğunu saptamıştır.

Yapılan bir çalışmada, kömürden üretilen humik asidin kuru madde temelinde 0, 0.05, 0.10, 0.50, 1.0 g kg⁻¹ oranlarında üç farklı bölgeden örneklenen Akdeniz kırmızı toprağına uygulandığı ve toprağın yarayışlı su tutma kapasitesinde önemli artışların meydana geldiği belirtilmiştir (Piccolo vd. 1996). Ayrıca, tarla kapasitesinin ve yarayışlı su tutma kapasitesinin 0.05 g kg⁻¹ düzeyinde yapılan humik asit uygulamasıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0.05$) arttığı belirtilmiştir.

Toprakların organik karbon düzeylerinin artırılması birçok toprak özelliklerinde pozitif gelişmeler meydana getirmektedir. Toprak organik karbonu toprağın önemli fiziksel özelliklerinden biri olan agregatlaşmayı artırması ve doğrudan su molekülleriyle olan etkileşimi sayesinde toprakta bitkiye yarayışlı su miktarında önemli artışlar sağlamaktadır. Toprakların fiziksel verim parametreleri içerisinde önemli bir yeri olan toprağın bitkiye yarayışlı su miktarı toprakların tekstürel bileşimlerine ve organik madde düzeyine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Peverill vd. (1999)

tarafından yapılan bir çalışmada, özellikle tarla kapasitesindeki su miktarının toprağın fiziksel verimliliğini değerlendirmek için oldukça kullanışlı bir veri olduğu belirtilmiştir.

Toprağa organik kökenli materyal uygulamalarının, toprak organik maddesini ve toprağın su tutma kapasitesini arttırdığı, kütle yoğunluğunu azalttığı, toprağın hidrolik iletkenliğini geliştirdiği ve toprak sıkışmasını azalttığı farklı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Mathers ve Steward 1980; Khaleel vd. 1981; MacRae ve Mehuys 1985; Ohu vd. 1985).

Toprakların su tutma kapasitesi; por sayısı, gözenek büyüklük dağılımı ve toprakların spesifik yüzey alanlarına göre kontrol edilmektedir (Khaleel vd. 1981; Haynes ve Naidu 1998). Organik karbonun toprağın su tutma kapasitesi üzerine etkisi genellikle pozitif olarak kabul edilmektedir. De Jong (1983) ile Haynes ve Naidu (1998) tarafından, toprak organik madde düzeyindeki % 1'lik bir artışın tarla kapasitesinde tutulan nem miktarında % 1.5'lik bir artış sağladığı belirtilmiştir.

Emerson ve McGarry (2003) yapmış oldukları bir çalışmada, -10 kpa emiş gücündeki tansiyonda toprağa ilave edilen her bir gram karbon miktarının toprağın su içeriğinde % 50 düzeyinde bir artış sağladığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, söz konusu toprak karbon miktarındaki artışın ektotrofik mikorizalardan kaynaklanabileceği ve bu sayede artan karbon miktarının toprak parçacıklarını bir araya getirerek toprakta agregatlaşmayı sağladığı sayede su tutma kapasitesinde artış meydana geldiğini öne sürmüşlerdir.

Khaleel vd. (1981), kaba ve ince bünyeye sahip dokuz farklı toprak örneği kullanarak yaptıkları çalışmada, organik maddenin artan düzeyleri ile kütle yoğunluğundaki azalma arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit edilmiştir. Toprakta yarayışlı su miktarı üzerine organik maddenin etkisine ait farklı görüşler ortaya konulmuştur.

Felton ve Ali (1992) belirttiklerine göre, organik maddenin toprağın su tutma kapasitesini arttırdığını bunun yanında, kütle yoğunluğunun değişiminde, toplam porozitede ve gözenek büyüklük dağılımında organik maddenin etkisinin ince tekstürlü topraklara göre kumlu topraklarda daha belirgin olduğunu tespit etmişlerdir.

Canpolat vd. (1996) toprağa uygulanan organik materyallerin ve uygulama düzeylerinin, toprağın organik madde miktarı, kütle yoğunluğu, çeşitli tansiyonlardaki su tutma kapasiteleri ve porozitesindeki değişimler üzerinde çok önemli ($P < 0.01$) bir etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Toprak organik karbonun toprağın su tutma kapasitesi üzerine etkisi ince tekstürlü topraklara kıyasla kaba tekstürlü topraklarda daha fazladır. Aslında ağır killi topraklarda toprak organik karbon miktarı arttıkça su tutma kapasitesi azalmaktadır. Kil içeriği, toprak organik karbon içeriği ve su tutma kapasitesi arasında güçlü bir ilişki

bulunmaktadır ve bu faktörler sinerjik olarak birbirini etkilemektedir. Eğer toprak organik maddesindeki bir artış söz konusu ise, tarla kapasitesindeki ve sürekli solma noktasındaki nem içeriğinde de bir artışa neden olacağını belirtmek gerekmektedir.

Toprağın su tutma kapasitesi değerinin toprağa organik materyal uygulaması ile artırılabilceği, organik kökenli materyallerin toprağın tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su içeriğinde artışa neden olabileceğine ait çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, yapılan diğer bazı çalışmalarda ise toprağın su tutma kapasitesi ile toprak organik karbonu içeriği arasındaki ilişkilerin pozitif yönde olduğu hakkında çelişkili sonuçlar da bulunmaktadır. Thomasson ve Carter (1989)'e göre, tarımsal üst topraklarda toprak organik karbonun toprağın su içeriğindeki katkısının % 15'den daha fazla olmadığını ve toprak organik karbon içeriğiyle çok fazla belirgin bir eşik değerin olmadığını ifade etmişlerdir. Benzer olarak, Lal (1979) toprak organik maddesinin toprağın su tutma kapasitesi üzerinde herhangi bir etkisi olduğunu bulamamıştır.

McBride ve MacIntosh (1984), toprak organik karbon içeriğinin % 5'in üzerinde olması durumunda organik karbonun sadece 1500 kpa tansiyondaki su tutma kapasitesini etkilediğini belirtmişlerdir.

Kocaer vd. (2004) tarafından yapılan ve zeytin karasuyunun toprağa verilerek bertaraf edilmesi konusunda bir ön araştırma niteliği taşıyan çalışmada, Bursa Demirtaş bölgesinden alınan bir tarım toprağına $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ oranında karasu uygulanarak bir kolon çalışması yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, kullanılan tınlı toprağın, karasuyun organik ve inorganik kirliliğini azaltmada oldukça etkili olduğu, Karasu uygulamasının özellikle 0-20 cm'lik yüzey toprağında organik karbon, azot, fosfor ve iletkenlik değerlerinde belirgin bir artış sağladığı belirtilmiştir.

15 atm basınç altındaki toprak suyu içeriğinin, kil (Lund 1959; Kivisaari 1971) ve organik madde (Gupta vd. 1977) içeriği ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan, (Lund, 1959; Salter vd. 1966; Petersen vd. 1968) yarayışlı su kapasitesinin ise toprağın tekstür ve strüktürüne bağlı olduğu belirtilmiştir.

Toprağın verimliliği, organik maddeye bağlıdır. Boyle vd. (1989), organik maddenin toprak agregatlaşmasına ve suyun infiltrasyonuna olan etkisini araştırmıştır. Organik maddenin önemli biyolojik ve kimyasal toprak özelliklerine bağlı olduğunu ve toprak fiziksel olayları üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu belirtmektedirler.

Hudson (1994) organik maddesi yüksek toprakların daha az organik madde içeren topraklara göre daha fazla su tutma kapasitesine sahip olduğunu bildirmiştir.

Toprak organik maddesinin toprağın fiziksel özellikleri ile ilişkisi her zaman net olarak tanımlanmamıştır. Killi tınlı topraklardaki agregat stabilitesi değişkenliğinde organik karbonun etkisinin yaklaşık % 70 ila 90 arasında olduğu bildirilmektedir (Mbagwu ve Bazzoffi 1989).

Çizelge 2.1’de toprak organik maddesindeki değişikliklerin toprak su tutma kapasitesi üzerindeki basınçların etkilerine dair raporlar verilmiştir. Farklı yazarların bulguları ele alınmıştır. Çizelge 2.1’deki bulgulara göre; Bell ve Van Keulen (1995), solma noktasındaki nem içeriğinin tahmininde hem organik karbon içeriği hem de pH’ya ihtiyaç olduğunu öne sürmüşlerdir.

Viville vd. (1986), toprak profili içindeki su tutmadaki farklılıkların organik madde içeriğinin farklı olması ile ilişkili olduğunu; Hollis vd. (1977) ise 5 kPa’daki nem içeriğini tahmin etmek için toprak organik madde içeriğinin en etkili toprak değişkeni olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte Lal (1979) ve Danalatos vd. (1994) organik madde içeriğinin su tutma kapasitesi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Bauer ve Black (1981), bozulmuş toprak örneklerinde organik karbonun su tutma kapasitesi üzerindeki etkisinin, kumlu topraklarda önemli olduğu, orta ve ince bünyeli topraklarda ise etkisinin daha az önemli olduğunu bulmuşlardır.

De Jong (1983), bozulmuş toprak örneğinde yapmış olduğu denemede, organik madde içeriğindeki artışın tüm emiş güçlerinde daha yüksek su tutma kapasitesine neden olduğunu bulmuştur. Benzer denemeler başka yazarlar tarafından da yapılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Jamison ve Kroth 1958; Petersen vd. 1968; Riley 1979; Ambroise vd. 1992; Kern 1995).

Salter ve Haworth (1961) belirli tansiyon güçlerinde tutulan su miktarını tahmin etmede organik maddenin önemli bir belirleyici olamayacağını, ancak tarla kapasitesi ve solma noktasındaki su içeriğinin doğrudan ölçülmesi durumunda önemli bir faktör olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Kay vd. (1997), farklı bölgelerde geliştirilen pedotransfer fonksiyonları kullanarak organik maddenin su tutma kapasitesi üzerindeki göreceli etkilerini karşılaştırmış ve büyük farklılıklar bulmuştur.

Rawls vd. (2003) aynı oranlarda kil ve kum içeriğine sahip bir toprağın -1500 kPa daki (emiş gücündeki) su tutma oranının toprağın organik karbon kapsamındaki artışa bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, yüksek kil içeriğine sahip çok ince bünyeli topraklarda organik karbon değerindeki artışla su tutulumunda bir azalma görülebileceği, su tutma kapasitesi ile organik karbon miktarı paralel olarak arttığında, su içeriğindeki en fazla artışın kaba bünyeli topraklarda meydana geldiği ifade edilmiştir. Düşük kil içeriğine sahip topraklarda organik karbon değerinin artması ile su tutma kapasitesinde önemli bir artış gözlemlendiği, fakat çok büyük kil içeriğine sahip topraklarda tersine bir eğilim görüldüğü belirtmişlerdir. % 1’lik düşük bir karbon içeriğinde, duyarlılık en yüksek olduğu, düşük kil içeriğine sahip topraklarda su tutma özelliği önemli ölçüde arttığı, % 3’lük organik karbon içeriği, değişim daha az duyarlı halde olduğu, ancak yaklaşık % 50’lik kil içeriği, organik karbondaki değişikliklerle

aynı veya ters yönde gerçekleştiği ifade etmişlerdir. Organik karbon içeriğinin % 5'lik yüksek başlangıç değeri, farklı bir duyarlılık şablonu ile sonuçlandığı, organik madde içeriğindeki bir artış, yüksek kil içeriği olan topraklarda nispeten daha küçük artışlara yol açmış olsa da, tüm tekstür sınıfındaki su tutma kapasitesinin artışına yol açtığını belirtmişlerdir. Tekstürel yapı, su tutma kapasitesinin tahmin edilmesinde organik karbonun önemini etkileyen önemli bir faktör olduğunu ifade etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalardan elde ettikleri verilere dayanarak, toprak organik karbonunun toprak su tutma özelliğini geliştirmede önemli bir rol oynadığını, toprak organik karbonun kaba tekstürlü toprakların su tutma kapasitesini ince tekstürlü topraklara göre daha fazla etkilediğini, ağır killi topraklarda toprak organik karbon içeriği arttıkça su tutma kapasitesinin azaldığını öne sürmüşlerdir.

Çizelge 2.1 Toprak organik madde içeriğinin -33 kPa ve - 1500 kPa tansiyonlarında toprağın nem içeriği üzerine etkilerine ilişkin bazı araştırmacıların bulguları.

Araştırmacılar	-33 kPa	-1500 kPa
Bauer ve Black (1981)	Evet	Evet
Bell ve van Keulen (1995)	Hayır	Evet
Beke ve McCormick (1985)	Hayır	Evet
Petersen vd. (1968)	Hayır	Evet
Calhoun vd. (1973)	Evet	Hayır
Lal (1979)	Hayır	Hayır
Danalatos vd. (1994)	Hayır	Hayır
De Jong (1983)	Evet	Evet
Jamison ve Kroth (1958)	Evet	Evet
Riley (1979)	Evet	Evet

Toprağın organik madde içeriğindeki değişimlere su tutma kapasitesinin duyarlılığı, ilk organik karbon içeriği arttıkça azaldığı bildirilmektedir. Benzer sonuçlar da ABD, İngiltere, Hindistan ve Almanya da ki bulunan topraklarda organik atıklarla zenginleştirilen toprakların su tutma kapasitesi için Khaleel vd. (1981) tarafından sunulan denklemlerden de elde edilebilmektedir.

Tarımsal amaçlı çalışmalarda genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilirken, mekaniksel özellikleri üzerinde pek durulmamaktadır

(Denef vd. 2004). Toprakların mekaniksel özelliklerinin değerlendirilmesinde ölçü olarak "*toprak kıvam limitleri*" (Atterberg Limitleri) kullanılmaktadır. Kıvam limitleri, Terzaghi ve Peck (1967) tarafından Atterberg (1911)'e atfen toprağın kıvam halleri arasındaki sınırlara karşılık gelen nem miktarları olarak tanımlanır. Kuru bir toprağa su ilave edildiğinde yapışkanlık göstermeye başladığı andaki nem içeriği *plastik limit*, su içeriğinin daha da artırılmasıyla toprağın akmaya başladığı andaki nem içeriği ise *likit limit*dir. Likit limit ile plastik limit arasındaki sayısal fark ise *plastiklik indeksi* olarak adlandırılır (Dexter ve Bird 2001).

Demir vd. (2012) tarafından aynı iklim koşulları altında ve farklı arazi kullanımı altındaki toprakların likit limit, plastik limit ve plastiklik indeks özellikleri ile fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkileri incelenmek için bir çalışma yürütülmüştür. Organik madde değerleri, orman ekosisteminde en yüksek bulunmuş, bunu tarım ve mera izlemiştir. Toprakların organik madde miktarı ile plastik limit, likit limit ve plastiklik indeksleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Organik maddenin kıvam limitlerini önemli ölçüde etkilediği, organik madde miktarı arttıkça plastik limitin küçük ve likit limitin büyük ölçüde arttığı ve dolayısıyla plastiklik indeksinde arttığı görülmüştür.

Atmaca (2011) Tekirdağ merkez ilçesi sahil şeridini oluşturan doğal drenaj sisteminde yer alan toprakların mekanik özelliğini değerlendirmiştir. Alınan üst ve alt toprak örneklerinin organik madde içeriğinin çok az olduğu ve bu nedenle kıvam limitlerini etkilemediği görülmüştür. Canbolat ve Öztaş (1997) kıvam limitleri ile bazı fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek için yaptıkları araştırmada, toprak örneklerinin likit limit ve plastik limit değerleri ile organik madde miktarı ve kireç içeriği arasında önemli pozitif, kum içeriği ile önemli negatif ilişkiler belirlemişlerdir. Kıvam limitleri ile alt toprakların organik madde içerikleri arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Alt toprak örneklerinin organik madde içerikleri üst toprağa nazaran daha azdır. Ergene (1993) organik madde miktarının en fazla yüzeyden 25-40 cm derinliğe kadar üst toprak kısmında toplandığını alt toprağa geçildiği zaman organik madde miktarının azalmaya başladığını belirtmiştir.

Birçok çalışma, toprağın su tutma kapasitesi ile toprak organik karbon miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ancak bazı çalışmalarda çok az veya hiçbir etkisinin olmadığını göstermektedir ki toprak organik karbon eşik değerleri ve spesifik toprak organik karbon bileşenleri su tutma kapasitesinin arttırılmasını sağlamaktadır (Rawls vd. 2003; Khaleel vd. 1981; Haynes ve Naidu 1998; Gupta vd. 1977).

İncelenen çalışmalar göstermektedir ki toprağın organik karbon içeriğinin, toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine önemli etkisinin bulunduğu yapılmış olan çalışmalarda gösterilmiştir.

Araştırmanın gerçekleştirildiği çalışma alanında atık suların çevre kirliliği üzerine etkilerine dair çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, topraklardaki su tutma karakteristikleri üzerine yapılmış çalışmaya rastlanmamıştır.



3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde araştırmada kullanılan materyaller ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemlerle ilgili bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak Manisa ili Soma ilçesinde yer alan kömür işleme tesislerinden çıkan atık suların ve termik santralin soğutma sularının karıştığı Bakırçay'ından sulanan tarım toprakları kullanılmıştır. Bu topraklarda söz konusu atık sularla sulanan tarım topraklarının su tutma karakteristiklerini belirlemek için 0-30 cm derinlikten alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri kullanılmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü alan, atık suların Bakırçay'ına deşarj edildiği noktadan başlayıp 8 km'lik bir hattın yakınındaki tarım topraklarıdır. Bu hattın GPS verileri; başlangıç noktasının enlemi 39° 11' 42. 81" K, boylamı 27° 37' 13. 51" D olarak, bitiş noktasının ise enlemi, 39° 11' 15. 72" K, boylamı 27° 32' 8. 69" D olarak daha önceden belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan topraklara ait örnekleme alanının görüntüsü.

Çalışmada yapılan örneklemelemlerde, söz konusu çalışma hattı üzerindeki atık suların deşarj edildiği Bakırçay'ından sulanan ve sulanmayan tarım arazileri örnekleme alanları olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri.

Çalışmada, 8 km lik hat boyunca her 250 metrede bir 3 tekerrürlü olmak üzere (32 Örnekleme noktası) toplamda 96 örnek alınmıştır. Söz konusu alanlardan alınmış toprak örneklerinde toprak tekstürü, organik karbon ve 0, 1.0, 1.5, 1.8, 2.0, 2.54 ve 4.2 pF değerlerinde toprakta tutulan su miktarları belirlenmiş (% nem) ve bu topraklara ait su tutma eğrileri (su tutma karakteristik eğrisi pF) oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1’de 32 örnekleme noktasından 3 tekerrürlü olarak alınan toprak örneklerinin kil, silt ve kum miktarları sırasıyla % 20-60, % 14-44 ve % 24-52 arasında değiştiği, toprakların tekstür sınıfları killi, tınlı, kumlu killi tın ve killi tın olarak farklılık gösterdiği ve topraklara ait organik karbon değerlerinin ise % 1.23-19.66 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Toprak örneği	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür sınıfı	OC (%)	Kireç (%)	EC (dS/m)	pH (1:2.5 H ₂ O)
1	24	30	46	L	6.38	16.13	0.57	7.17
2	52	24	24	SCL	5.56	13.47	0.64	7.24
3	24	26	50	SCL	3.65	16.73	0.53	7.28
4	22	28	50	L	3.90	17.33	0.63	7.25
5	24	30	46	L	6.26	18.73	0.90	7.25
6	20	28	52	L	16.55	15.53	0.69	7.25
7	26	28	46	L	14.48	19.00	0.75	7.33
8	26	24	50	SCL	2.93	17.53	0.67	7.18
9	30	32	38	CL	5.44	16.33	0.63	7.23
10	21	32	47	L	6.40	18.72	0.63	7.20
11	20	30	50	L	5.45	17.53	0.64	7.26
12	27	28	45	CL	5.95	23.34	0.64	7.25
13	60	14	26	C	7.19	24.40	0.89	7.49
14	24	34	42	L	19.66	19.47	0.89	7.50
15	28	28	44	CL	16.25	18.80	0.92	7.17
16	48	26	26	C	14.18	24.33	0.98	7.49
17	44	26	30	C	7.10	21.20	0.63	6.89
18	34	24	42	CL	5.58	19.47	0.53	6.80
19	34	30	36	CL	12.78	16.47	0.81	6.68
20	20	40	40	L	6.57	14.87	0.65	6.57
21	32	26	42	CL	11.99	16.80	0.74	6.93
22	24	38	38	L	6.6	16.13	0.91	6.39
23	26	32	42	L	7.27	15.40	0.80	7.30
24	46	30	24	C	12.72	21.27	0.89	7.47
25	42	30	28	C	16.80	18.47	0.98	7.43
26	42	26	32	C	15.64	19.87	0.97	7.47
27	34	34	32	CL	5.98	18.47	0.93	7.43
28	32	40	28	CL	6.07	16.07	0.86	7.39
29	32	44	24	CL	5.98	18.20	0.97	7.41
30	24	32	44	L	1.24	18.27	0.72	7.37
31	22	32	46	L	1.30	19.20	0.90	7.46
32	24	32	44	L	1.23	19.73	0.69	7.39

Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır. OC = Organik karbon, EC = elektriksel iletkenlik, pH = toprak reaksiyonu. C = kil (clay), L = tın (loam), SCL = kumlu killi tın (sandy clay loam), CL = killi tın (clay loam).

3.2. Metot

Alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında aşağıdaki analizlere tabi tutulmuştur.

3.2.1. Tane büyüklük dağılımı analizi (toprak bünyesi tayini)

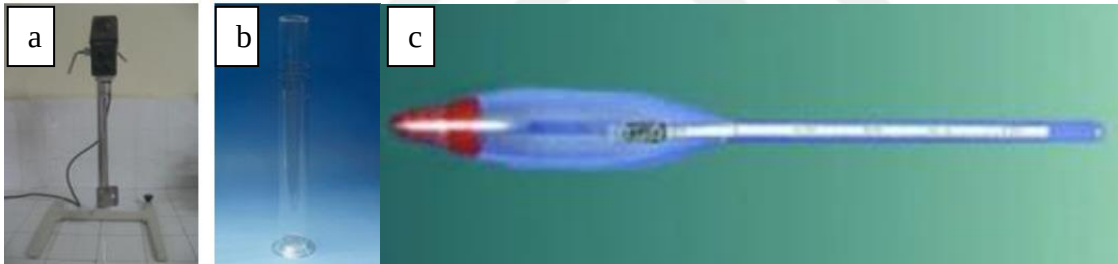
Toprakların bünyesi Bouyoucos hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos 1955) belirlenmiştir. Toprağı meydana getiren taneciklerin birbirleri ile olan bağlantılarını ortadan kaldırarak teksele hâle getirmek sureti ile hazırlanan süspansiyonun yoğunluğunun Bouyoucos hidrometre ile ölçülmesi ve ölçüm değerlerinden taneciklerin yüzde oranlarının bulunması, metodun prensibini oluşturur. Toprakların bünye sınıflandırılmasında ise tekstür üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957).

$$\%Kil + \%Silt = \left(\frac{1.Hidrometre Okuması}{Etüv Kuru Toprak Ağırlığı} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

$$\%Kil = \left(\frac{2.Hidrometre Okuması}{Etüv Kuru Toprak Ağırlığı} \right) \times 100 \quad (3.2)$$

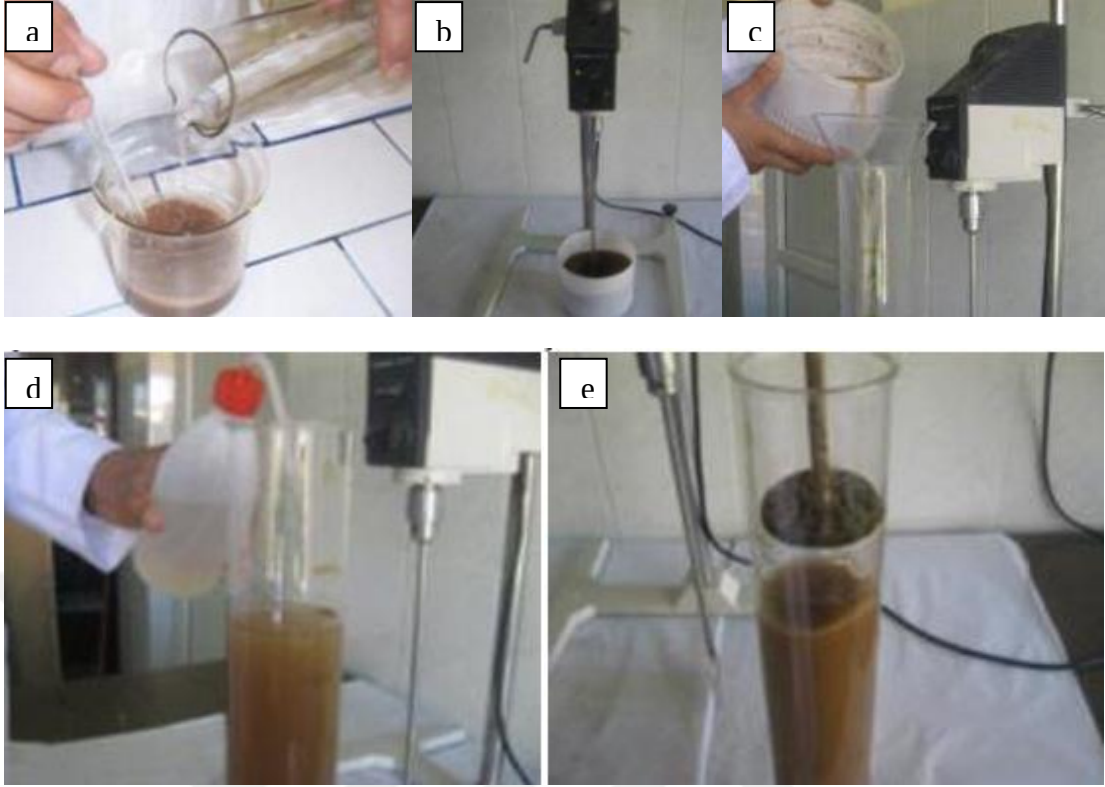
$$\%Silt = (\%Kil + \%Silt) - \%Kil \quad (3.3)$$

$$\%Kum = 100 - (\%Kil + \%Silt) \quad (3.4)$$



Şekil 3.3. Tekstür analizinde kullanılan aletler; **a)** Mikser; **b)** Sedimentasyon silindiri; **c)** Bouyoucos hidrometresi¹.

¹ Bouyoucos Hidrometre, G.J Bouyoucos tarafından geliştirilen ve toprakların özgül ağırlığını ölçmede kullanılan içi boş bir cam tüp ve cam tüpün alt kısmında içinde ağırlık bulunan kısımdan ibarettir. Cam tüpün boru şeklindeki üst kısmı derecelere bölünmüştür.



Şekil 3.4. Tekstür analizinin aşamaları **a)** Harcın hazırlanması; **b)** Mikserde karıştırma işlemi; **c)** Sedimantasyon silindirine aktarma işlemi; **d)** Suyla tamamlama işlemi; **e)** Karıştırma çubuğuyla süspansiyonun karıştırılması işlemi.

3.2.2. Toprakta organik karbon tayini

Toprakların organik karbon kapsamları Walkley–Black metoduna göre (Nelson ve Sommers, 1982) belirlenmiştir. Organik karbon tayininde potasyum dikromat, sülfürik asit, fosforik asit ve sodyum florür (NaF) kimyasalları ekledikten sonra amonyum ferrosülfat (AFS) ile titre edilerek harcanan AFS miktarı kaydedilerek hesaplanmıştır.

3.2.3. Toprakta su miktarının belirlenmesi

Toprağın farklı tansiyon pF değerlerinde tuttuğu su miktarı ise Demiralay (1993) yöntemine göre belirlenmiştir. Toprağa ulaşan suyun bir kısmı sızıp topraktan uzaklaştığı için bitkiler bu sudan faydalanamaz ve bu su bitki köklerinin havalanmasına engel olacağından bir an önce topraktan uzaklaşması arzu edilir.

Fazla su, uzaklaştıktan sonra geriye toprak tarafından tutulan su kalır ve bu sular belirli bir kuvvetle toprak parçacıklarına bağlıdır. Bitki kökleri, tutulan bu suyun ancak belirli bir basınçla bağlı olanlarından faydalanabilir. Toprakta bulunan suyun toprak zerrecilerine bağlanma kuvveti arttıkça bitkilerin bu sulardan faydalanma oranı düşer.

Bitkilerin faydalandıkları su kapasitesinin alt sınırı olarak daimi solma noktası ve üst sınırı olarak da tarla kapasitesi kabul edilmektedir.

3.2.3.1. Toprağın farklı tansiyon (pF) değerlerinde tutulan su miktarı tayini

Toprak su miktarı tayininde pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0 tansiyon değerlerinde bozulmamış toprak örneklerinin negatif basınç altındaki (Sand-box) su yüzdeleri olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Farklı pF değerlerinde tutulan su miktarının belirlenmesinde kullanılan Sand-box aletinin görünümü.

3.2.3.2. Tarla kapasitesi tayini

Serbest drenaj şartlarında bir toprağın yerçekimi kuvvetine karşı tutabildiği su miktarına tarla kapasitesi denir. Topraklar iyi bir yağış veya sulamadan yaklaşık 48 saat sonra tarla kapasitesine ulaşmaktadır. Tarla kapasitesindeki topraklarda suyun toprak tarafından tutulma kuvveti yaklaşık olarak 1/3 atmosferdir. Tarla kapasitesi bitkilerin istifade ettikleri suyun üst sınırı olarak kabul edilmektedir.

Tarla kapasitesi toprağın bünyesine, yapısına, toprak tanelerinin şekline ve gözeneklerin durumuna göre önemli düzeyde farklılık gösterir. Ağır bünyeli topraklarda tarla kapasitesi yüksek, hafif bünyeli topraklarda ise düşük değerdedir.

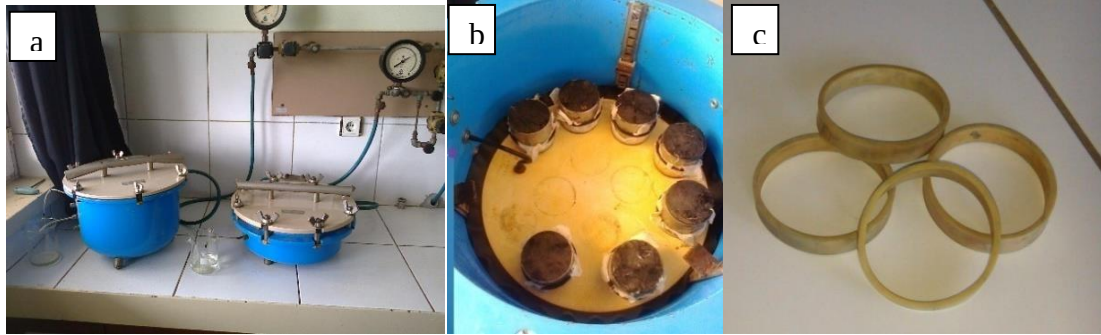
Tarla kapasitesinin belirlenmesi, belirli bir derinliğe uygulanacak ve gözenekleri dolduracak miktardaki suyun hesaplanması ve sulama zamanının belirlenmesi bakımından önemlidir. Tarla kapasitesinde toprağın içerdiği nem miktarı, tarla veya laboratuvar şartlarında belirlenebilmektedir.

3.2.3.3. Solma noktası tayini

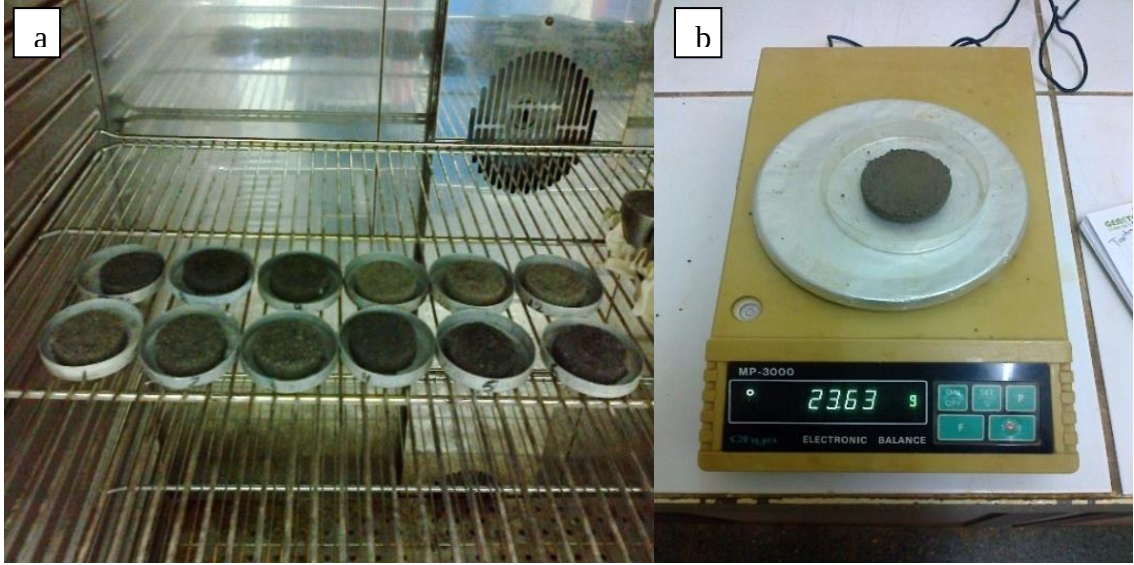
Toprakta tutulan su, buharlaşma ve bitkilerin tüketimine bağlı olarak zamanla azalır. Su miktarı azaldıkça geriye kalan su, toprak tarafından daha büyük bir kuvvetle tutulduğundan bitkilerin bundan faydalanması güçleşir. Öyle bir noktaya gelinir ki bitki terleme ile kaybettiği suyu karşılayamaz olur ve bitkinin yapraklarında solmalar, pörsümeler başlar.

Bitkilerin kökleri aracılığıyla topraktan su alamayarak solmaya başladıkları ve su verildiğinde tekrar kendilerine gelemeyecek şekilde solma gösterdiği anda toprakta bulunan nem miktarı solma noktası olarak tanımlanır.

Solma noktasında suyun toprak tarafından tutulma kuvveti yaklaşık olarak 15 atmosferdir. Solma noktası bitkilerin istifade ettikleri suyun alt sınırı olarak kabul edilmektedir. Solma noktasında toprağın içermiş olduğu nem miktarı, tarla veya laboratuvar şartlarında belirlenebilmektedir.



Şekil 3.6. a) Tarla kapasitesi ve solma noktası tayin aletleri; **b)** Tarla kapasitesi tayin aletinin iç haznesi; **c)** Solma noktası tayininde kullanılan halkalar.



Şekil 3.7. a) Solma noktası aletinden çıkarılan toprak örneklerinin etüvde kurutma işlemi; **b)** Etüvden çıkarılan toprak örneklerinin tartım aşaması.

3.3. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Çalışmadan elde edilen farklı pF değerlerindeki toprak nem içeriğine ait sonuçlar değerlendirilmiş ve ilgili toprağa ait pF kurveleri oluşturulmuştur. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma, minimum, maksimum değerleri ile sunulmuştur. Sayısal veriler arasındaki ilişkiler non-parametrik Spearman Korelasyon Testi ile değerlendirilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel modellenmesi Regresyon Analizi kullanılarak elde edilmiştir. Analizler SPSS 23.0 programı ile yapılmıştır. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde analiz sonuçlarından elde edilen bulgular değerlendirilerek tartışılmıştır.

4.1. Farklı pF Değerlerinde Topraklarda Tutulan Su Miktarı Analiz Sonuçları ve Korelasyon İlişkileri

Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.2’de ise tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma, minimum, maksimum değerler ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı pF değerlerinde toprakta tutulan nem miktarları (pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54, pF4.2) ve organik karbon kapsamı analiz değerleri*.

Toprak Örneği	Organik Karbon (%)	Farklı pF Değerlerinde Toprakta Tutulan Nem Miktarı (%)						
		pF 0	pF 1.0	pF 1.5	pF 1.8	pF2.0	pF2.54	pF4.2
1	6.38	26.31	25.17	23.89	22.63	21.89	18.86	15.77
2	5.56	26.27	25.27	23.90	22.40	21.71	18.81	16.45
3	3.65	20.54	19.76	18.97	18.04	17.79	15.11	13.32
4	3.90	20.66	19.71	18.74	17.66	17.32	14.90	12.24
5	6.36	24.17	23.14	20.73	18.91	18.48	16.05	13.62
6	16.55	26.01	24.40	22.78	20.94	19.94	17.88	15.34
7	14.48	27.46	26.31	24.50	23.13	22.50	21.03	18.72
8	2.93	18.49	17.92	17.19	16.85	16.79	15.69	13.27
9	5.44	22.09	20.25	19.89	18.25	18.30	17.43	15.18
10	6.40	21.72	20.57	19.63	18.33	17.30	16.67	14.67
11	5.45	26.44	24.97	22.93	20.46	18.81	18.35	16.61
12	5.95	26.22	24.42	22.04	19.71	18.46	18.41	16.27
13	7.19	25.08	24.16	23.30	22.12	21.54	20.69	16.53
14	19.66	26.44	23.73	22.91	21.90	21.53	20.76	18.92
15	16.25	28.39	26.97	25.50	24.49	23.18	22.39	19.47
16	14.18	29.07	27.27	25.04	22.33	21.29	20.74	18.45
17	7.10	26.94	24.11	22.79	21.46	20.76	19.81	17.60
18	5.58	26.76	21.90	18.42	16.66	15.73	14.46	13.73
19	12.78	28.34	26.55	25.18	23.70	22.71	21.51	18.51
20	6.57	28.06	26.36	24.54	22.63	21.60	20.25	17.55
21	11.99	30.82	28.98	25.31	22.57	21.05	19.51	17.50
22	6.60	27.93	26.85	25.77	23.77	22.25	20.44	17.74
23	7.27	31.09	29.19	28.35	25.82	24.40	22.75	18.71
24	12.72	30.16	28.97	27.72	25.80	24.88	23.77	22.03
25	16.80	30.08	28.99	27.06	25.23	24.43	23.09	18.38
26	15.64	31.70	27.79	26.23	25.36	24.44	23.29	19.15
27	5.98	30.61	28.81	27.48	25.33	23.68	22.14	18.72
28	6.07	33.31	31.79	28.85	26.82	24.01	21.84	19.56
29	5.98	35.50	33.46	30.49	25.82	23.22	22.50	20.06
30	1.24	20.88	20.01	19.02	18.79	17.79	16.36	15.13
31	1.30	20.46	19.25	18.57	17.87	17.03	15.86	14.43
32	1.23	23.89	22.82	21.22	18.51	17.10	16.42	14.49

*: Değerler 3 tekerrür ortalamasıdır.

Çizelge 4.1’de elde edilen verilerden yola çıkılarak hazırlanan çizelge 4.2’de kömür yıkama sularıyla sulanmamış (B topraklar) ve sulanmış (A topraklar) toprak

örneklerinin organik karbon içerikleri ve farklı pF değerlerinde tutulan su miktarları (% nem) tespit edilmiştir. Daha sonra bu topraklara ait pF kurveleri çizilmiştir (Şekil 4.1).

Elde edilen değerlere göre kömür yıkama suları ile sulanmamış olan toprak örneklerinin (B topraklar) organik karbon içerikleri % 2'nin altında iken (% 1.1- 1.34), kömür yıkama suları ile sulanmış olan toprak örneklerinin (A topraklar) organik karbon içerikleri ise % 2'nin üzerinde (% 2.72- 19.90) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Kömür yıkama suları ile sulanmış ve sulanmamış toprak örneklerinin tanımlayıcı istatistikleri ortalama, standart sapma, minimum, maksimum değerleri gösterilmektedir*.

	Grup	N	Minimum	Maksimum	Anlamlılık	Standart sapma
Organik Karbon	A	87	2.72	19.90	9.01	4.74
Organik Karbon	B	9	1.10	1.34	1.26	0.07
% Nem (pF0)	A	87	18.14	37.54	27.13	3.96
% Nem (pF0)	B	9	19.04	24.37	21.74	1.81
% Nem (pF1.0)	A	87	17.66	34.10	25.44	3.73
% Nem (pF1.0)	B	9	17.58	23.27	20.69	1.86
% Nem (pF1.5)	A	87	16.99	32.54	23.80	3.40
% Nem (pF1.5)	B	9	17.16	22.02	19.60	1.46
% Nem (pF1.8)	A	87	16.56	28.04	22.04	3.01
% Nem (pF1.8)	B	9	16.66	19.45	18.39	0.84
% Nem (pF2.0)	A	87	15.66	25.47	21.04	2.65
% Nem (pF2.0)	B	9	16.33	18.46	17.30	0.63
% Nem (pF2.54)	A	87	14.01	24.25	19.63	2.75
% Nem (pF2.54)	B	9	15.62	17.05	16.21	0.52
% Nem (pF4.2)	A	87	12.13	22.11	17.04	2.37
% Nem (pF4.2)	B	9	14.16	15.85	14.68	0.55

*: Değerler toplam 96 örnek olarak verilmiştir. A: kömür yıkama suları ile sulanmış tarım toprakları. B: kömür yıkama suları ile sulanmamış tarım toprakları. N: örnekleme sayısı

Kocaer ve Başkaya (2004) yaptıkları benzer bir çalışmada Ayvalı deresinden sulanan toprak örneğinde 0-20 cm derinlikteki mevcut organik madde miktarı kontrol toprağına göre $P < 0.01$ önem düzeyinde farklı bulunmuştur. Kontrol toprağında ise % 2.27 organik madde içerirken, sulama yapılan toprakta belirlenen organik madde konsantrasyonu ortalama % 3.30 olarak tespit edilmiştir. 20-40 cm derinliğindeki organik madde miktarları ise kontrol toprağında ortalama % 2.07 olarak ölçülen organik madde konsantrasyonunun sulama yapılan toprakta ortalama % 1.64 olarak tespit edildiği görülmektedir. Ortalama konsantrasyonlar arasındaki farklılığın $P < 0.05$ önem

düzeyinde olduğu bildirilmiştir ve yapılan bu çalışmayla bizim çalışmamız arasında paralellik olduğu belirlenmiştir.

Yadav vd. (2002) yapmış oldukları bir çalışmada ise temiz kuyu suyuyla sulanan bir tarım toprağının 0-15 metrelik üst tabakasında % 0.97 ila % 1.18 organik madde tespit edilmiş, aynı bölgede atık suyla sulanan topraklarda ise bu değerin % 1.68 ile % 1.78 seviyelerine çıkarak bir artış gösterdiği belirlenmiştir.

Kocaer vd. (2004) tarafından Bursa Demirtaş bölgesinden alınan tınlı bir tarım toprağına 100 m³ ha⁻¹ oranında zeytin karasu uygulanması sonucunda özellikle 0-20 cm'lik yüzey toprağında organik karbon, azot, fosfor ve iletkenlik değerlerinin belirgin bir artış gösterdiği ifade edilmiştir.

Peeverill vd. (1999)'e göre, toprakların organik karbon düzeylerinin artırılması birçok toprak özelliklerinde pozitif gelişmeler meydana getirdiği, toprağın önemli fiziksel özelliklerinden biri olan topraklardaki agregatlaşmayı arttırması ile ve doğrudan su molekülleriyle olan etkileşimi sayesinde toprağın organik karbon kaynakları toprakta bitkiye yarayışlı su miktarında önemli artışları sağladığı belirtilmiştir. Toprakların fiziksel verim parametreleri içerisinde önemli bir yeri olan toprağın bitkiye yarayışlı su miktarı toprakların tekstürel bileşimlerine ve organik madde düzeyine bağlı olarak değişiklik gösterdiği söylenmiştir. Araştırmacılar, özellikle tarla kapasitesindeki bitkiye yarayışlı su miktarının toprağın fiziksel verimliliğini değerlendirmek için oldukça kullanışlı bir veri olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada kömür yıkama sularıyla sulanmış olan tarım topraklarının farklı pF değerlerinde sahip olduğu nem düzeylerinin pF0 da % 18.14-37.54 arasında, pF1.0 de % 17.66-34.1 arasında, pF1.5 da % 16.99-32.54 arasında, pF1.8 de %16.56-28.04 arasında ve pF2.0 de % 15.66-25.47 değerleri arasında olduğu bulunmuştur. Söz konusu toprakların pF2.54 de (tarla kapasitesi) tutulan nem değerlerinin % 14.01-24.25 aralığında olduğu, pF4.2 de (solma noktası) tutulan nem değerlerinin ise % 12.13-22.11 arasında değiştikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Kömür yıkama sularıyla sulanmamış olan tarım topraklarının farklı pF değerlerinde içerdikleri nem miktarının ise pF0 da % 19.04-24.37, pF1.0 de % 17.58-23.27, pF1.5 da % 17.16-22.02, pF1.8 de % 16.66-19.45 ve pF2.0 de % 16.33-18.46 arasında olduğu bulunmuştur. Kömür yıkama sularıyla sulanmamış tarım topraklarının pF2.54 (tarla kapasitesi) ve pF4.2 deki (solma noktası) içerdikleri miktarının ise sırasıyla % 15.62-17.05 ve % 14.16-15.85 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Bras ve Solo (2009) yaptıkları benzer bir çalışmada, solma noktasındaki su tutma kapasitesinin 0.01-0.48 kg kg⁻¹ aralığında olduğunu, farklılıklara ana materyal yapısı, toprağın fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerindeki değişimlerin neden olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak Hillel (1998) kilin, toprak matriksinin spesifik yüzey alanını arttırdığını ve böylece su adsorpsiyon oranının yükselmesine

neden olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı ayrıca toprağın kapilarite ve adsorpsiyon yeteneğinin, toprağın potansiyelini belirlediği ve toprak su tutma kapasitesinden sorumlu özellikler olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak araştırmacı bu iki olguya sahip toprakların daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu belirtmiştir. Yine aynı araştırmacılar tarafından, toprakta 6, 10 ve 500 kpa düzeyindeki enerji ile tutulan su miktarının % 0.56- 0.67 arasında değiştiği ve $P < 0.01$ düzeyinde anlamlı olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuçlara benzer olarak Tomasella vd. (2000) ve Williams vd. (1983) yaptıkları çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edildiğini ifade etmişlerdir.

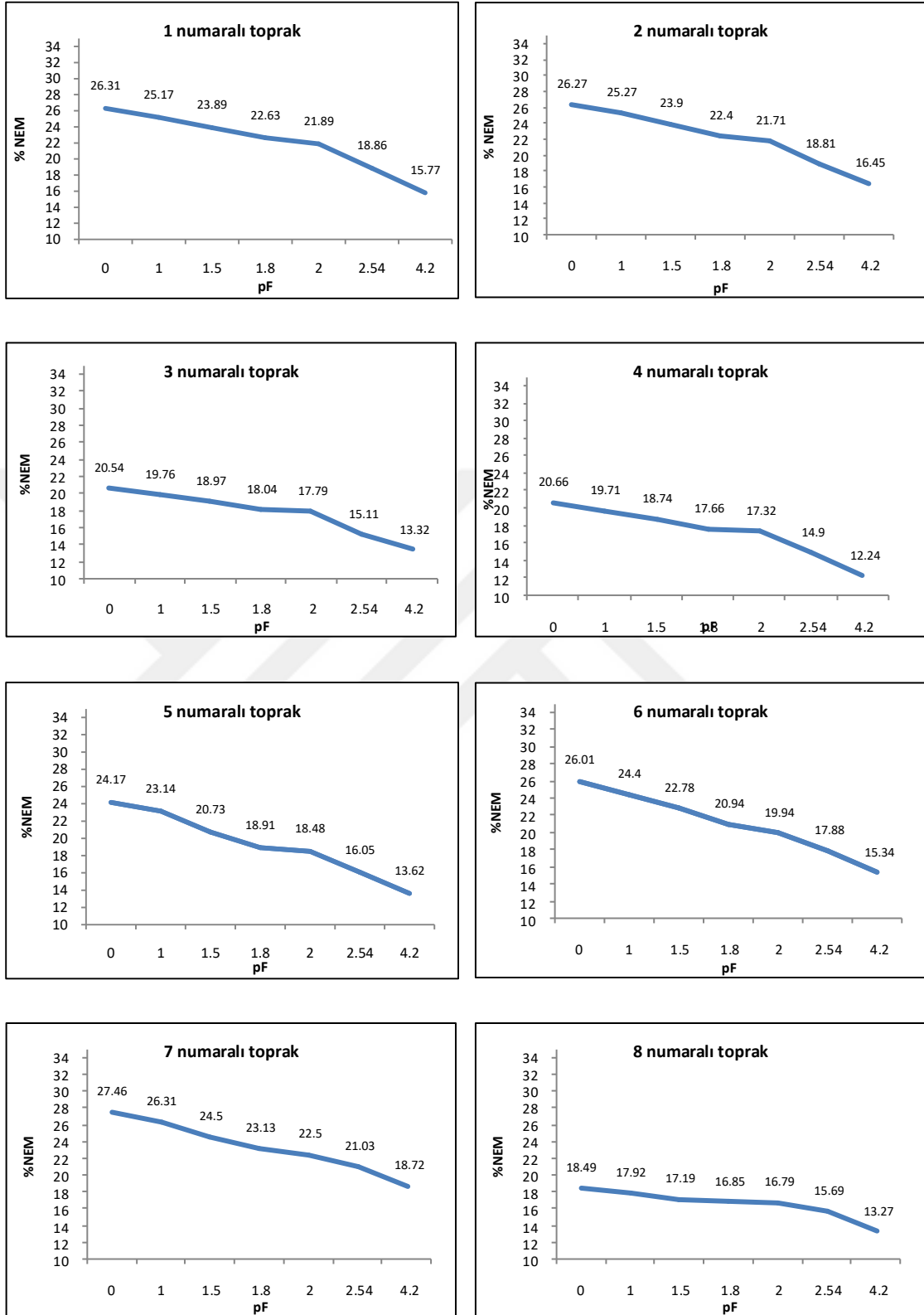
Canbolat vd. (2002) yaptıkları bir çalışmada, ağır killi topraklarda organik madde toprağı gevşeterek fazla suyun alt katlara sızmasını sağladığı, kumlu toraklarda ise organik madde, suyu kendi bünyesinde tutarak derinlere akıp gitmesini önler yani kumlu topraklarda organik maddenin gösterdiği işlev az olan yarayışlı suyun arttırılması şeklinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Farklı pF değerlerindeki kömür yıkama suları ile sulanmış tarım topraklarının (1-29 nolu topraklar) % nem değeri aralıklarının kömür yıkama suları ile sulanmamışa (30, 31 ve 32 nolu topraklar) göre daha geniş olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).

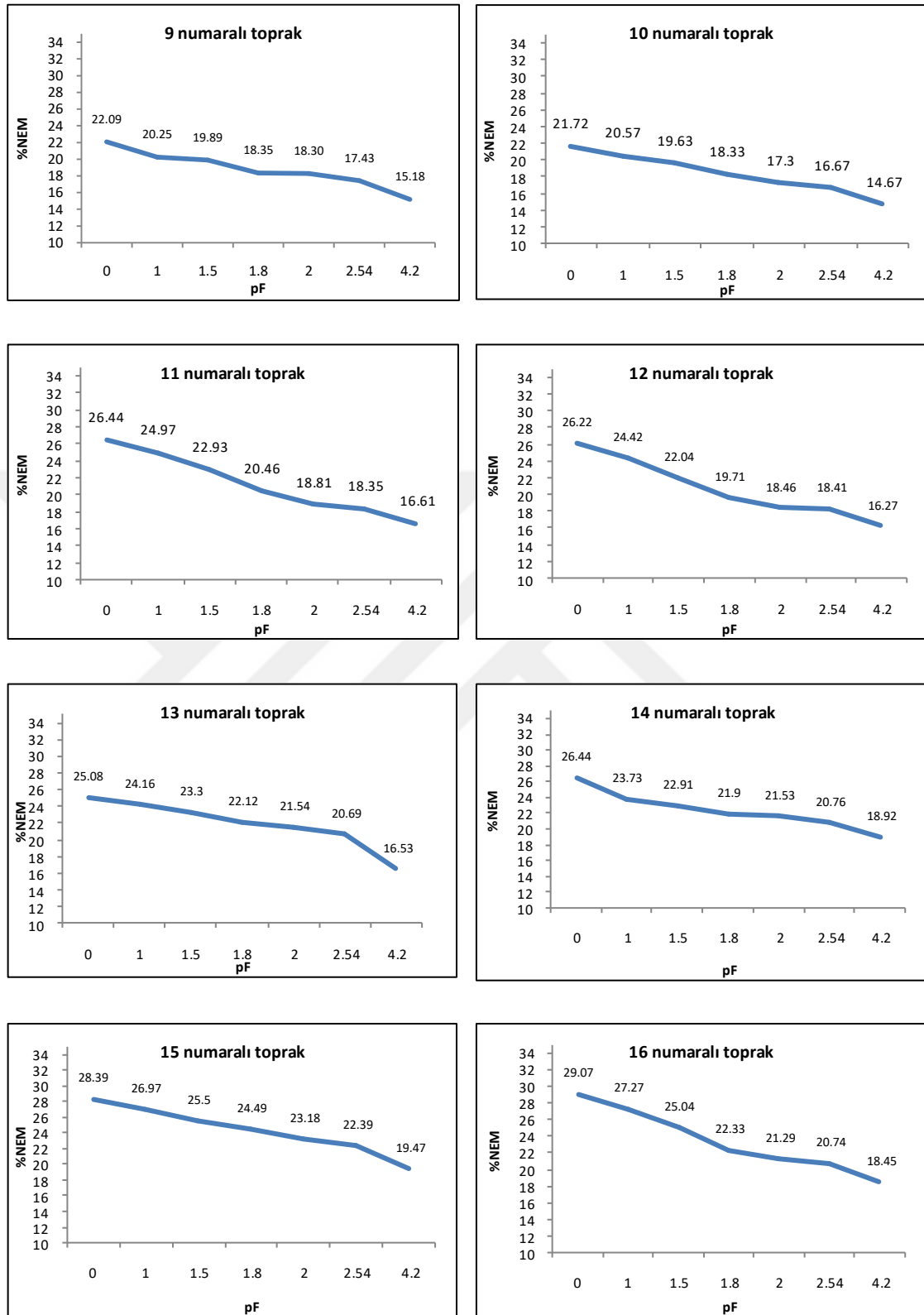
Hillel (1980)'e göre toprakların kil içeriklerindeki artış, topraktaki yarayışlı su kapasitesinde azalmaya neden olduğunu, killi topraklardaki por boyut dağılımı nispeten eşit, daha fazla suyun adsorbsiyon edilmesinde yararlı olmakta olup, böylece bu topraklarda artan basınçla birlikte su içeriğinde kademeli bir azalmaya neden olduğunu ifade etmiştir.

Khan ve Afzal (1990) uygun nem kapasitesi kil içeriğindeki artışla azaldığını, killi topraklardaki por boyut dağılımının nispeten eşit olduğu ve daha fazla su adsorbe ettiğini, böylece artan tansiyon sonucunda su içeriğinde kademeli bir azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar Pakistan topraklarındaki organik madde içeriğinin çok düşük olduğu, ancak kildeki silt boyutlu mikro-agregatların oluşumuyla tekstür değişimine pozitif yönde bir etki sağladığını belirtmişlerdir.

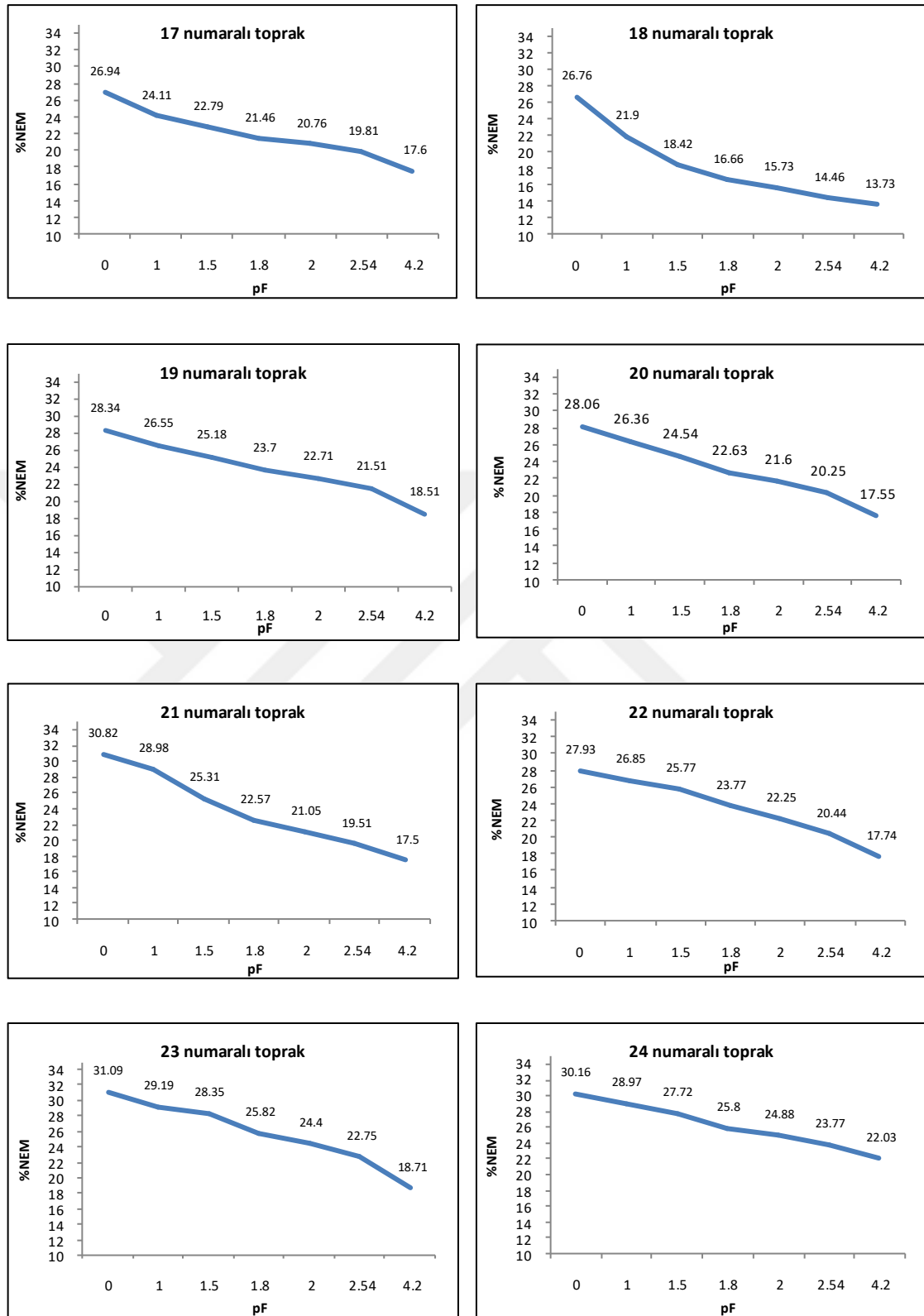
Şekil 4.1'deki pF eğrileri incelendiğinde kömür yıkama suları ile sulanmış tarım toprakları içerisinde en yüksek % nem kapasitesinin % 35.50 değerle pF0'da 29 numaralı toprak örneğinde olduğu, en düşük % nem değeri ise % 12.24 ile pF4.2'de 4 numaralı toprak örneğinde elde edilmiştir.



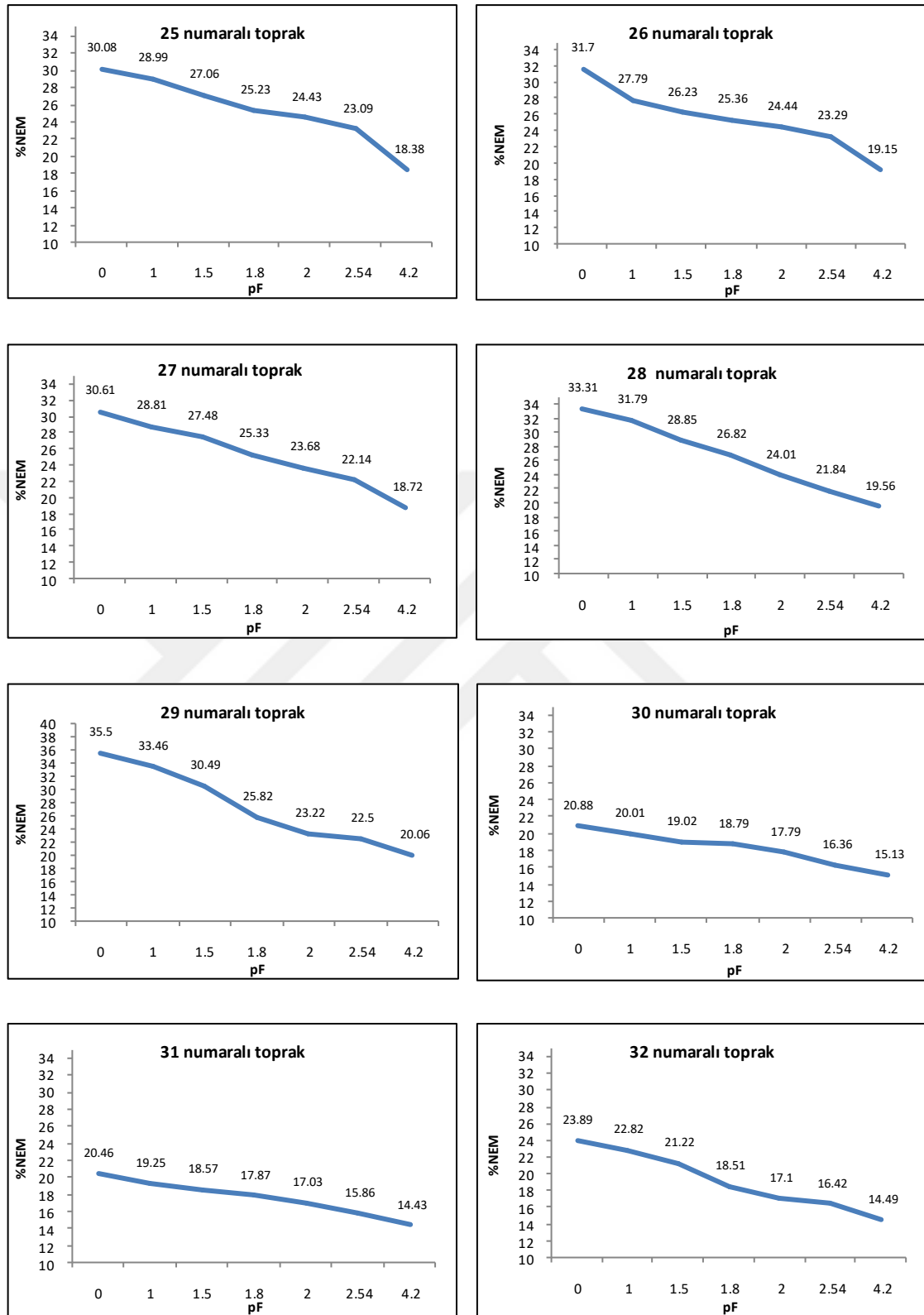
Şekil 4.1. Kömür yıkama sularıyla sulanmış (1-29 nolu örnekler) ve sulanmamış (30-32 nolu örnekler) toprak örneklerinin farklı pF değerleri altında tutulan su miktarlarının karakteristik eğrileri (pF kurveleri).



Şekil 4.1'in Devamı.



Şekil 4.1'in Devamı.



Şekil 4.1'in Devamı.

Bras ve Solo (2009) yapmış oldukları benzer bir çalışmada, toprak nem değerlerinin en yüksek 6 kPa emiş gücünde (0.87 kg kg^{-1}) en düşük nem değerinin ise 1500 kPa emiş gücünde (0.01 kg kg^{-1}) olduğunu ifade etmişlerdir.

Kömür yıkama suları ile sulanmamış tarım topraklarının su tutma karakteristik eğrileri incelendiğinde en yüksek % nem değeri pF0'da 32 numaralı toprak örneğinde (% 23.89), en düşük % nem değeri ise pF4.2'de 31 numaralı toprak örneğinde (% 14.43) elde edilmiştir (Şekil 4.1).

Denemeye konu edilen toprakların % nem kapasiteleri ile organik karbon içerikleri arasındaki korelasyonel ilişkilerin test edildiği non-parametrik Spearman Korelasyon Testi Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere kömür yıkama suları ile sulanmış olan tarım topraklarında pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54 ve pF4.2'deki % nem değerleri ile toprakların organik karbon içerikleri arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiş ve bu pozitif ilişkinin bütün pF değerlerinde $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($R = 0.454, 0.450, 0.478, 0.502, 0.546, 0.620$ ve 0.593). En yüksek etki değerinin pF2.54 (tarla kapasitesi) deki nem değerinde olduğu ($R = 0.620$), en düşük etkinin ise pF1.0 deki nem değerinde olduğu tespit edilmiştir. Fakat kömür yıkama suları ile sulanmamış olan tarım topraklarında pF0, pF1.0, pF1.5, pF1.8, pF2.0, pF2.54 ve pF4.2'deki nem değerleri ile toprakların organik karbon içerikleri arasında negatif yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiş ve bu ilişkinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($R = -0.18, -0.274, -0.009, -0.085, -0.171, -0.085$ ve -0.017).

Bras ve Solo (2009) yaptıkları bir çalışma sonucunda 6 kPa, 10 kPa, 33 kPa, 100 kPa, 500 kPa ve 1500 kPa emiş gücü uygulamaları ile organik karbon arasında pozitif bir ilişki olduğu ve $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit etmişlerdir (sırasıyla $R = 0.38, 0.40, 0.29, 0.39, 0.28$ ve 0.29). Araştırmacıların elde ettikleri bulgular ile bu araştırma kapsamında yapılan çalışma sonuçları paralellik göstermektedir.

Kömür yıkama suları ile sulanmış tarım topraklarının organik karbon içeriklerinin dolayla olarak her bir farklı pF düzeyinin birbirleriyle olan etkisinin ise pozitif yönde ve $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, kömür yıkama suları ile sulanmamış tarım topraklarında pF0 ile pF1.0 ($R = 0.887$), pF0 ile pF1.5 ($R = 0.803$), pF1.0 ile pF1.5 ($R = 0.817$), pF1.8 ile pF2.0 ($R = 0.900$), pF1.8 ile pF2.54 ($R = 0.833$), pF1.8 ile pF4.2 ($R = 0.900$) ve pF2.0 ile pF4.2 ($R = 0.833$) birbirleriyle olan ilişkilerinin pozitif yönde ve $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca pF1.5 ile pF2.54 ($R = 0.717$) ve pF2.0 ile pF2.54 ($R = 0.733$) arasındaki ilişkinin ise pozitif yönde ve $P < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Kömür yıkama suları ile sulanmamış toprak örneklerinin diğer verilerinde ise pF0 ile pF1.8 ($R = 0.209$), pF0 ile pF2.0 ($R = 0.084$), pF0 ile pF2.54 ($R = 0.644$), pF0 ile pF4.2 ($R = -0.059$), pF1.0 ile pF1.8 ($R = 0.367$), pF1.0 ile pF2.0 ($R = 0.1$), pF1.0 ile

pF2.54 ($R= 0.633$), pF1.0 ile pF4.2 ($R= 0.1$), pF1.5 ile pF1.8 ($R= 0.5$), pF1.5 ile pF2.0 ($R= 0.267$) ve pF1.5 ile pF4.2 ($R= 0.317$) arasındaki ilişkilerin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Bras ve Solo (2009) yaptıkları bir çalışmada, toprak organik madde içeriğinin toprağın pF 2.54 teki (tarla kapasitesi) su tutma oranı üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu ve korelasyon katsayısının $R= 0.41$ olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek oranda kil ve silt içeren toprakların organik madde miktarı ve su tutma kapasitesinin daha fazla artış gösterdiği belirtilmiştir (Bell ve Van Keulen 1995).

Bauer ve Black (1992) yaptıkları benzer bir çalışmada, organik maddenin kumlu topraklarda killi topraklara göre daha fazla su tutma oranını arttırdığını ve yaptıkları analiz sonuçlarında bitkiye yarayışlı su kapasitesinin organik madde ve silt içeriğiyle pozitif korelasyon ilişkisine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Kaba bünyeli topraklarda, organik karbon içeriğindeki artışın devamlı solma noktasına göre, tarla kapasitesinde oransal olarak daha büyük bir artışa neden olduğunu, orta ve ince bünyeli topraklarda ise, organik karbon içeriğindeki artışın devamlı solma noktasında ve tarla kapasitesinde aynı yönde artışlara neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Araştırmacılar tarafından yapılan bazı çalışmalarda, toprağa organik kökenli materyal uygulamalarının, toprak organik madde miktarını ve toprağın su tutma kapasitesini ve toprak sıkışmasını azalttığı kaydedilmiştir (Mathers ve Steward 1980; Khaleel vd. 1981; MacRae ve Mehuys 1985; Ohu vd. 1985).

Khaleel vd. (1981) yaptıkları araştırmada, organik maddenin artan düzeyleri ile kütle yoğunluğundaki azalma arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişler ve toprakta yarayışlı su miktarı üzerine organik maddenin etkisine ait farklı görüşler ortaya koymuşlardır.

MacRae ve Mehuys (1985) yaptıkları bir çalışmada, toprağın %15'ten daha az kil içermesi durumunda organik maddenin toprağın su tutma kapasitesi üzerine etkisinin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Felton ve Ali (1992)'ye göre organik maddenin toprağın su tutma kapasitesini arttırdığını, kütle yoğunluğunun değişiminde toplam porozitede ve gözenek büyüklük dağılımında organik maddenin etkisinin ince tekstürlü topraklara göre kumlu topraklarda daha belirgin olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.3. Farklı pF değerlerinde toprağın içerdiği % nem kapsamı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.

		pF0	pF1.0	pF1.5	pF1.8	pF2.0	pF2.54	pF4.2
Kömür Yıkama Sularıyla Sulanmış Tarım Toprakları								
Organik Karbon	Correlation Coefficient	,454**	,450**	,478**	,502**	,546**	,620**	,593**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pF0	Correlation Coefficient	1	,955**	,914**	,854**	,789**	,805**	,822**
	Sig. (2-tailed)	.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pF1.0	Correlation Coefficient	,955**	1	,965**	,907**	,837**	,833**	,826**
	Sig. (2-tailed)	0.00	.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pF1.5	Correlation Coefficient	,914**	,965**	1	,963**	,909**	,891**	,866**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	.	0.00	0.00	0.00	0.00
pF1.8	Correlation Coefficient	,854**	,907**	,963**	1	,974**	,929**	,863**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	0.00	.	0.00	0.00	0.00
pF2.0	Correlation Coefficient	,789**	,837**	,909**	,974**	1	,940**	,846**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.00	.	0.00	0.00
pF2.54	Correlation Coefficient	,805**	,833**	,891**	,929**	,940**	1	,911**
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.	0.00
pF4.2	Correlation Coefficient	,822**	,826**	,866**	,863**	,846**	,911**	1
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.
Kömür Yıkama Sularıyla Sulanmamış Tarım Toprakları								
Organik Karbon	Correlation Coefficient	-0.18	-0.274	-0.009	-0.085	-0.171	-0.085	-0.017
	Sig. (2-tailed)	0.643	0.476	0.983	0.827	0.66	0.827	0.965
pF0	Correlation Coefficient	1	,887**	,803**	0.209	0.084	0.644	-0.059
	Sig. (2-tailed)	.	0.001	0.009	0.589	0.831	0.061	0.881
pF1.0	Correlation Coefficient	,887**	1	,817**	0.367	0.1	0.633	0.1
	Sig. (2-tailed)	0.001	.	0.007	0.332	0.798	0.067	0.798
pF1.5	Correlation Coefficient	,803**	,817**	1	0.5	0.267	,717*	0.317
	Sig. (2-tailed)	0.009	0.007	.	0.17	0.488	0.03	0.406
pF1.8	Correlation Coefficient	0.209	0.367	0.5	1	,900**	,833**	,900**
	Sig. (2-tailed)	0.589	0.332	0.17	.	0.001	0.005	0.001
pF2.0	Correlation Coefficient	0.084	0.1	0.267	,900**	1	,733*	,833**
	Sig. (2-tailed)	0.831	0.798	0.488	0.001	.	0.025	0.005
pF2.54	Correlation Coefficient	0.644	0.633	,717*	,833**	,733*	1	0.6
	Sig. (2-tailed)	0.061	0.067	0.03	0.005	0.025	.	0.088
pF4.2	Correlation Coefficient	-0.059	0.1	0.317	,900**	,833**	0.6	1
	Sig. (2-tailed)	0.881	0.798	0.406	0.001	0.005	0.088	.

** : Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir. * : Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir. Sig: önem derecesi. Correlation coefficient: korelasyon katsayısı (R).

4.2. Kömür Yıkama Sularıyla Sulanmış Tarım Topraklarında Farklı pF Değerlerinde Tutulan Nem Miktarı ile Organik Karbon Kapsamları Arasındaki Regresyon Analiz Sonuçları

Kömür yıkama sularının karıştığı Bakırçayı'ndan sulanan tarım topraklarının farklı pF değerlerinde içerdiği toplam organik karbon kapsamı arasındaki regresyon eşitlikleri Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi 3 tekerrürlü olmak üzere toplam 87 örnek ortalaması olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kömür yıkama sularıyla sulanmış toprak örneklerinde farklı pF değerlerinde tutulan nem (%) ve organik karbon (%) kapsamları arasındaki regresyon analiz eşitlikleri*.

REGRESYON		R ²	ÖNEM DERECESESİ
% Nem (pF0)	= 14.13+2.724*OC-0.112*OC ²	0.363	0.00
% Nem (pF1.0)	= 13.055+2.625*OC-0.109*OC ²	0.360	0.00
% Nem (pF1.5)	= 12.989+2.264*OC-0.093*OC ²	0.341	0.00
% Nem (pF1.8)	= 12.957+1.844*OC-0.073*OC ²	0.346	0.00
% Nem (pF2.0)	= 13.259+1.533*OC-0.058*OC ²	0.373	0.00
% Nem (pF2.54)	= 11.179+1.644*OC-0.062*OC ²	0.430	0.00
% Nem (pF4.2)	= 9.589+1.454*OC-0.055*OC ²	0.447	0.00

*: Değerler 87 toprak örneğinin (kömür yıkama sularıyla sulanmış tarım toprakları) ortalamasıdır. P<0.01: % 1 düzeyinde önemli.

Elde edilen denklemlerdeki katsayıların pF4.2'de R²= 0.447 ile pF1.5'te R²= 0.341 aralığında değiştiği ve bu denklemlerde kömür yıkama sularıyla sulanmış olan toprakların organik karbon düzeyleri ile bu toprakların farklı pF değerlerindeki % nem verilerinin arasındaki ilişkinin P<0.01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Emerson ve McGarry (2003) yapmış oldukları bir çalışmada, -10kpa tansiyonda tutulan su miktarı toprağa ilave edilen her bir gram karbon miktarının toprağın su içeriğinde % 50 düzeyinde bir artış sağladığını ifade etmişlerdir.

De Jong (1983) ve Haynes ve Naidu (1998) tarafından, toprak organik madde düzeyindeki %1'lik bir artışın tarla kapasitesinde tutulan nem miktarında % 1.5'lik bir artış sağladığı belirtilmiştir. Organik karbonun toprağın su tutma kapasitesi üzerine etkisi genellikle pozitif olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir.

Canpolat vd. (1996) yaptıkları benzer bir çalışmada toprağa uygulanan organik materyallerin, toprağın organik madde miktarı ve çeşitli tansiyonlardaki su tutma kapasiteleri ve porozitesindeki değişimler üzerinde çok önemli ($P<0.01$) bir etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Piccolo vd. (1996) yapmış oldukları bir çalışmada, kömürden üretilen humik asidi kuru maddede 0, 0.05, 0.10, 0.50 ve 1.0 g kg⁻¹ oranlarında uygulamalar yapılmış ve toprağın yarayışlı su tutma kapasitesinde önemli artışların meydana geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, tarla kapasitesinin ve yarayışlı su tutma kapasitesinin yapılan humik asit uygulamasıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0.05$) artış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda, organik materyal uygulamaları sonucu toprakların çeşitli tansiyonlarda tuttuğu nem kapasitelerinin oldukça önemli düzeyde arttığı özellikle düşük tansiyonlarda tutulan su miktarının daha fazla etkilendiği belirtilmiştir. Araştırmacılar, toprak su miktarında elde edilen olumlu artışların organik maddenin toprak por miktarı ve ölçeğinde sağladığı pozitif sonuçlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Gattani vd. 1976; Gupta vd. 1977; Tan ve Dowling 1984; Hanay 1990; Felton ve Ali 1992). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular bu konuda yapılan birçok çalışmayla paralellik göstermektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda toprağın su tutma kapasitesi ile toprak organik karbonu içeriği arasındaki ilişkilerin pozitif yönde olduğu hakkında çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Thomasson ve Carter (1989)'e göre, tarımsal üst topraklarda toprak organik karbonun toprağın su içeriğindeki katkısının % 15'ten daha fazla olmadığını ve toprak organik karbon içeriğiyle çok fazla belirgin eşik değerinin olmadığını ifade etmişlerdir.

Benzer olarak, Lal (1979)'a göre toprak organik maddesinin su tutma kapasitesi üzerinde herhangi bir etki olduğunu bulamamıştır.

McBride ve MacIntosh (1984) bulgularına göre toprağın organik karbon içeriği % 5'in üzerinde olması durumunda organik karbon sadece 1500 kPa tansiyon değerinde su tutma kapasitesini etkilediğini belirtmişlerdir.

Rawls vd. (2003) toprak organik karbonunun toprak su tutma özelliğini geliştirmede önemli bir rol oynadığını, toprak organik karbonunun kaba tekstürlü toprakların su tutma kapasitesini, ince tekstürlü topraklara göre daha fazla etkilediğini, ağır killi topraklarda ise toprak organik karbon içeriği arttıkça su tutma kapasitesinin azaldığını öne sürmüşlerdir.

Yapılan birçok çalışmada, toprağın su tutma kapasitesindeki artış ile toprak organik karbonundaki artışı arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Fakat bazı çalışmalarda ise göstermektedir ki, çokaz veya hiçbir etkisinin olmadığını, toprak organik karbon eşik değerleri ve spesifik toprak organik karbon bileşenleri gerekli olan

su tutma kapasitesinde artış sağladığını belirtmişlerdir (Rawls vd. 2003; Khaleel vd. 1981; Haynes ve Naidu 1998; Gupta vd. 1977).

Akalan (1969), 1/3 ve 15 atm nem yüzdeleri ile toprağın kil içeriği arasında önemli pozitif, kum miktarı ile de önemli negatif bir ilişki bulmuş, 15 atmosfer nem yüzdesi ile organik madde içeriği arasında pozitif bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur.

Bauer ve Black (1992), yarayışlı nem kapasitesini etkileyen toprak özellikleri üzerine, toprak organik karbon içeriğindeki değişimlerin etkisini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, organik karbon içeriğindeki bir birimlik değişimin kumlu topraklarda devamlı solma noktasına göre tarla kapasitesi nem içeriği üzerinde daha büyük bir değişime neden olduğunu, fakat orta ve ince bünyeli topraklarda ise devamlı solma noktasındaki değişimin tarla kapasitesi nem içeriğindeki değişime paralel olduğunu saptamışlardır. Toprak organik maddesindeki azalmanın orta derecede kaba bünyeli toprakların mevcut su tutma kapasitesini değiştirmediğini bulmuşlardır, ancak, toprağın küte yoğunluğundaki artış nedeniyle orta ve ince bünyeli topraklarda mevcut su tutma kapasitesini arttırmıştır.

Soane (1990), toprağın sıkıştırılmasının organik maddedeki küçük değişikliklerine bile duyarlı olduğunu, böylece artan organik madde ile sıkışmanın azaldığını bildirmiştir.

Rawls ve Brakensiek (1982) ve Rawls vd. (1983), organik karbon içeriğinin hem -33 hem de -1500 kPa emiş güçlerindeki % nem miktarları arasında önemli ilişkiler olduğunu saptamışlardır.

Canbolat (1999) yapmış olduğu çalışmada, organik karbon içeriği ile tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesi arasında önemli ($P < 0.01$) pozitif ilişkiler tespit etmiştir. Yarayışlı nem kapasitesini, bağımsız değişken olarak değerlendirmeye alınan toprak özelliklerinden organik karbon ($R^2 = 0.54$) içerikleri arasında $P < 0.01$ düzeyinde önemli pozitif ilişkiler tespit edildiği saptanmıştır. Yapılmış olan bu çalışma ile elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir.

Lal (1979) ve Danalatos vd. (1994) toprağın organik madde kapsamının toprağın su tutma kapasitesi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Salter ve Haworth (1961) organik maddenin belirli tansiyonlarda toprağın su miktarını tahmin etmede önemli bir belirleyici olamayacağını, ancak tarla kapasitesi ve solma noktasındaki su içeriğinin doğrudan ölçülmesi durumunda önemli bir faktör olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Belirtilen yazarların çoğu, belirli bir bölgeden az sayıda toprakla çalışmalarını yürütmüşlerdir.

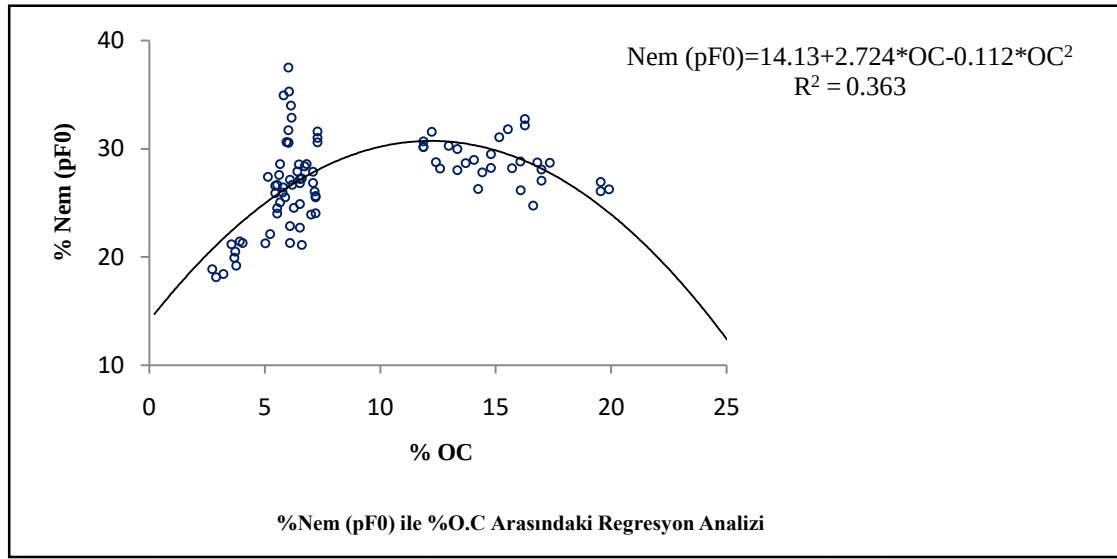
Bauer ve Black (1981), bozulmuş toprak örneklerinde organik karbonun su tutma kapasitesi üzerindeki etkisinin, kumlu topraklarda önemli olduğu, orta ve ince bünyeli topraklarda ise etkisinin daha az önemli olduğunu bulmuşlardır.

De Jong (1983), bozulmuş toprak örneğinde yapmış olduğu denemede ise, organik madde içeriğindeki artışın tüm emiş güçlerinde daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu bulmuştur. Benzer denemeler başka yazarlar tarafından yapılmıştır ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Jamison ve Kroth 1958; Petersen vd. 1968; Riley 1979; Ambroise vd. 1992; Kern 1995).

-1500 kPa tansiyonda aynı oranlarda kil ve kum fraksiyonları için, organik karbon içeriği arttıkça su tutma oranının arttığı görülebilmektedir. Bununla birlikte, yüksek kil içeriğine sahip çok ince bünyeli topraklarda organik karbon değerindeki artışla su tutulumunda bir azalma görülebilmektedir. Su tutma kapasitesi ile organik karbon miktarı paralel olarak arttığında, su içeriğinin en büyük artışı kaba bünyeli topraklarda meydana gelmektedir. Düşük kil içeriğine sahip topraklarda organik karbon değerinin artması ile su tutma kapasitesinde önemli bir artış gözlemlenebilmektedir. Fakat çok büyük kil içeriğine sahip topraklarda tersine bir eğilim görülebilmektedir. % 1'lik düşük bir karbon içeriğinde, duyarlılık en yüksektir. Düşük kil içeriğine sahip topraklarda su tutma özelliği önemli ölçüde artar. % 3'lük organik karbon içeriği, değişim daha az duyarlı halde olmaktadır, ancak yaklaşık % 50'lik kil içeriği, organik karbondaki değişikliklerle aynı veya ters yönde gerçekleşmektedir. Organik karbon içeriğinin % 5'lik yüksek başlangıç değeri, farklı bir duyarlılık şablonu ile sonuçlanmaktadır. Organik madde içeriğindeki bir artış, yüksek kil içeriği olan topraklarda nispeten daha küçük artışlara yol açsa da, tüm tekstür sınıfındaki su tutma kapasitesinin artışına yol açmaktadır. Tekstürel yapı, su tutma kapasitesinin tahmin edilmesinde organik karbonun önemini etkileyen önemli bir faktördür (Rawls vd. 2003). Gerçekleştirdiğimiz bu çalışma yapılan diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir.

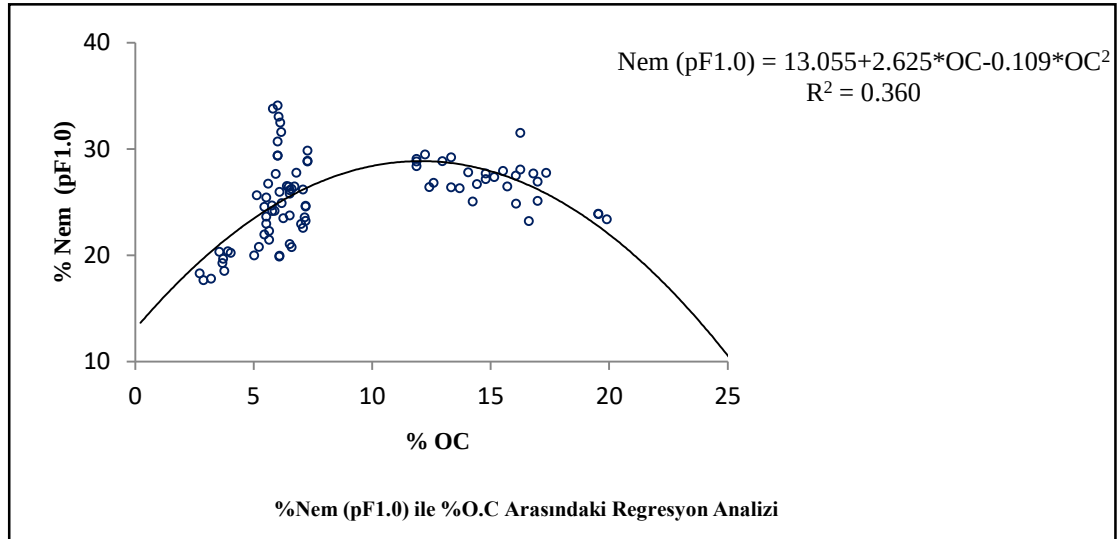
4.2.1. Kömür yıkama suları ile sulanmış tarım topraklarının farklı pF değerlerinde tuttukları nem miktarı ile organik karbon arasındaki regresyon analizinin eşitlik grafikleri

Kömür yıkama suları ile sulanmış olan toprakların organik karbon düzeyleri ile bu toprakların pF₀'daki % nem değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($R = 0.603$). Şekil 4.2'de görüldüğü üzere % nem değerleri ile organik karbon miktarı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 düzeyinde organik karbon kapsamına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. pF0 da toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamları arasındaki ilişki.

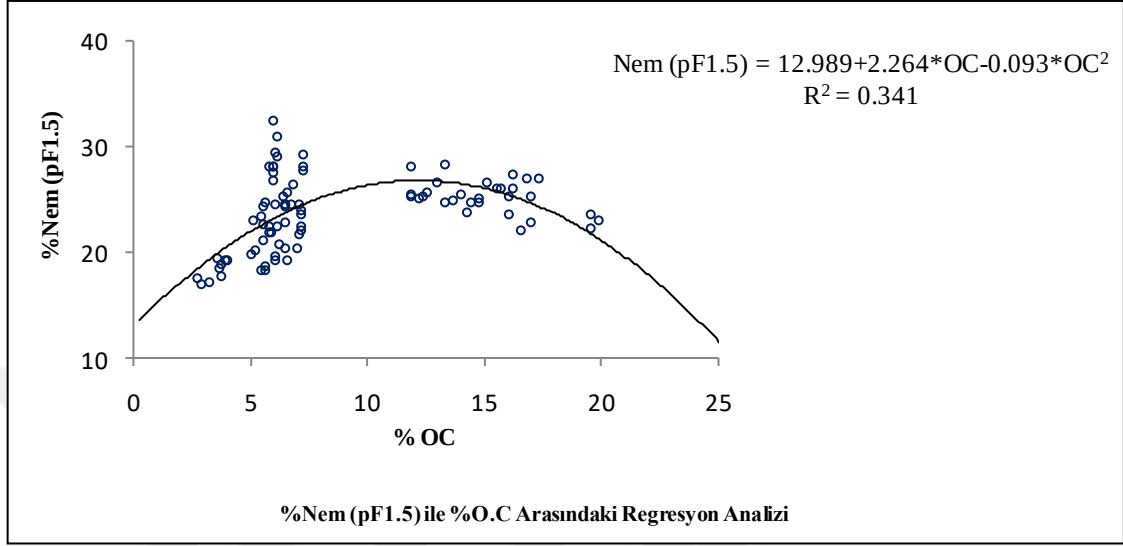
Kömür yıkama sularıyla sulanmış olan toprakların organik karbon kapsamları ile bu toprakların pF1.0'deki % nem değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($R = 0.600$). Şekil 4.3'te görüldüğü üzere % nem değerleri ile organik karbon miktarı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 düzeyinde organik karbon kapsamına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.



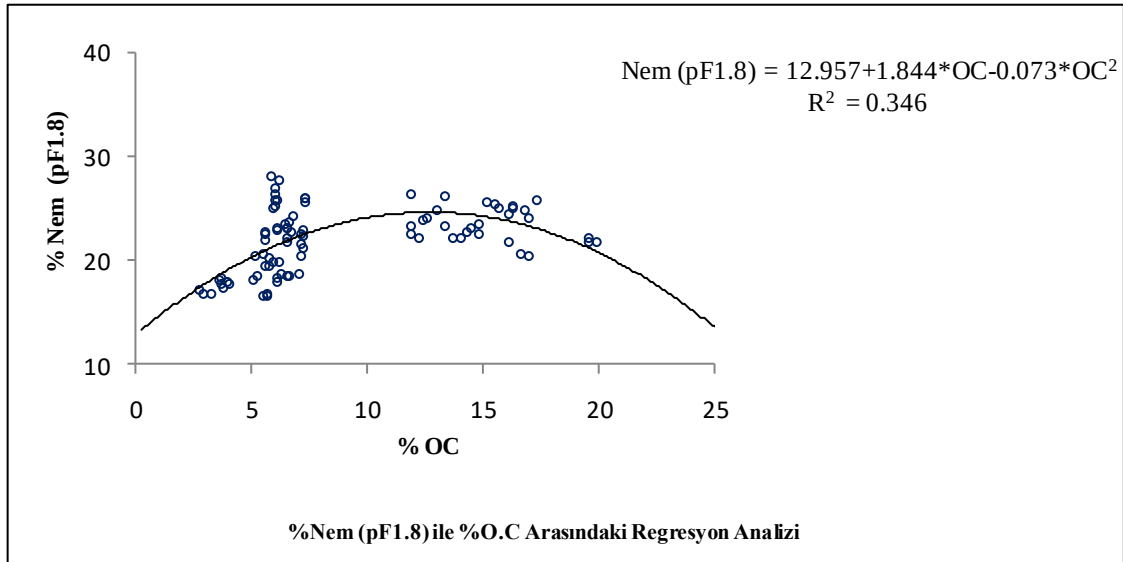
Şekil 4.3. pF1.0 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamları arasındaki ilişki.

Kömür yıkama sularıyla sulanmış olan toprakların organik karbon kapsamları ile bu toprakların pF1.5'teki % nem miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin

$P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($R = 0.584$). Şekil 4.4'te görüldüğü üzere % nem değerleri ile organik karbon miktarı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 düzeyinde organik karbon kapsamına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. pF1.5 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.

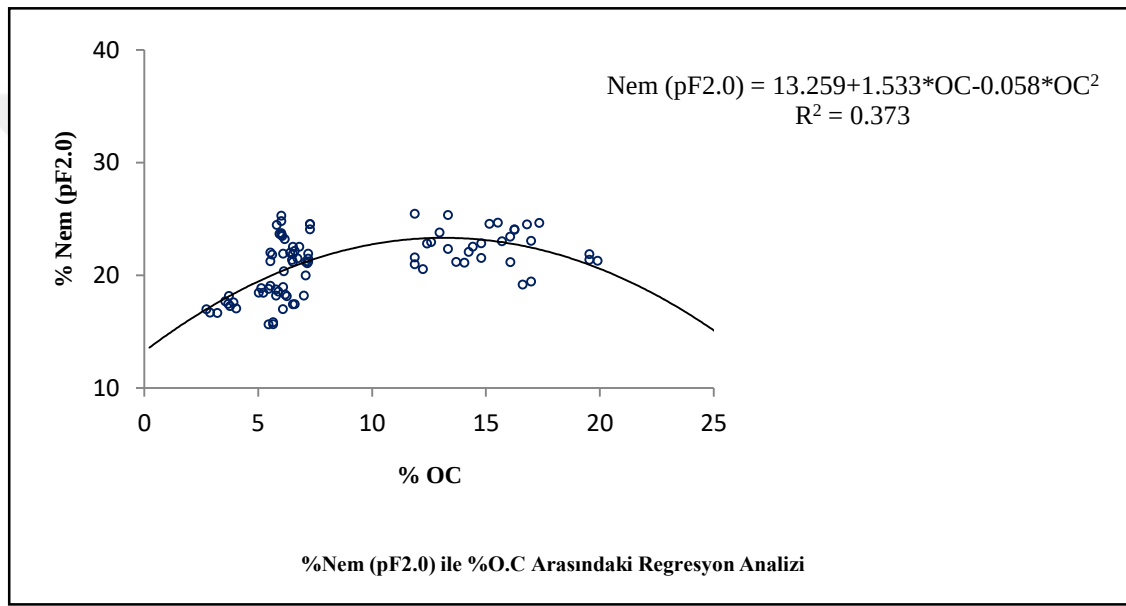


Şekil 4.5. pF1.8 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.

Kömür yıkama sularıyla sulanmış olan toprakların % organik karbon düzeyleri ile bu toprakların pF1.8'deki % nem miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu

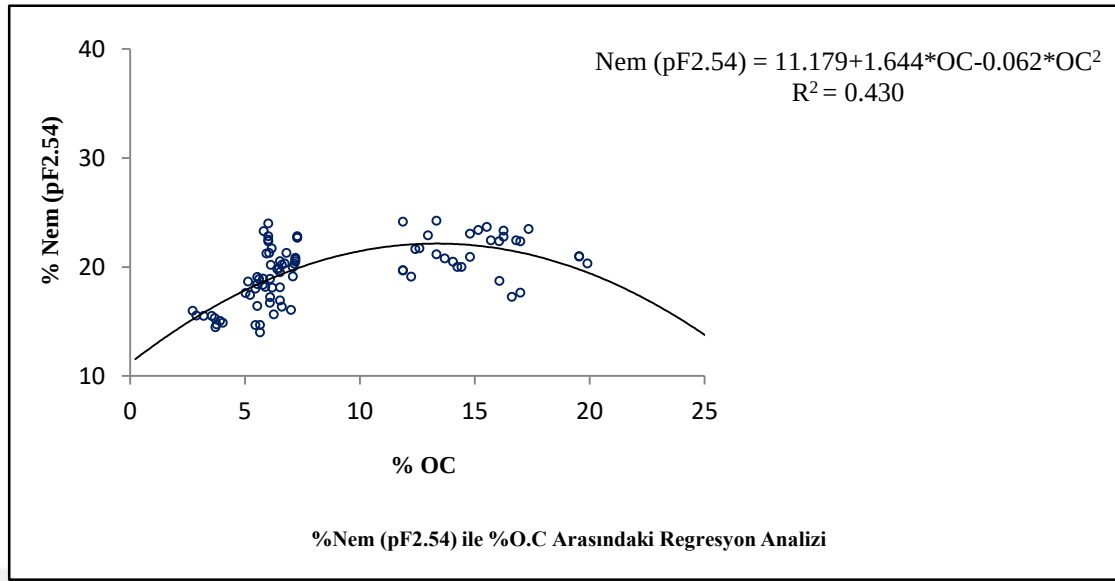
ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir ($R = 0.588$). Şekil 4.5'te görüldüğü üzere toprakların % nem içeriği ile organik karbon kapsamı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 düzeyinde organik karbon kapsamına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.

Kömür yıkama sularıyla sulanmış olan toprakların % organik karbon düzeyleri ile bu toprakların pF2.0'deki % nem miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($R = 0.611$). Şekil 4.6'da görüldüğü üzere toprakların % nem miktarı ile organik karbon kapsamı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 düzeyinde organik karbon kapsamına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.

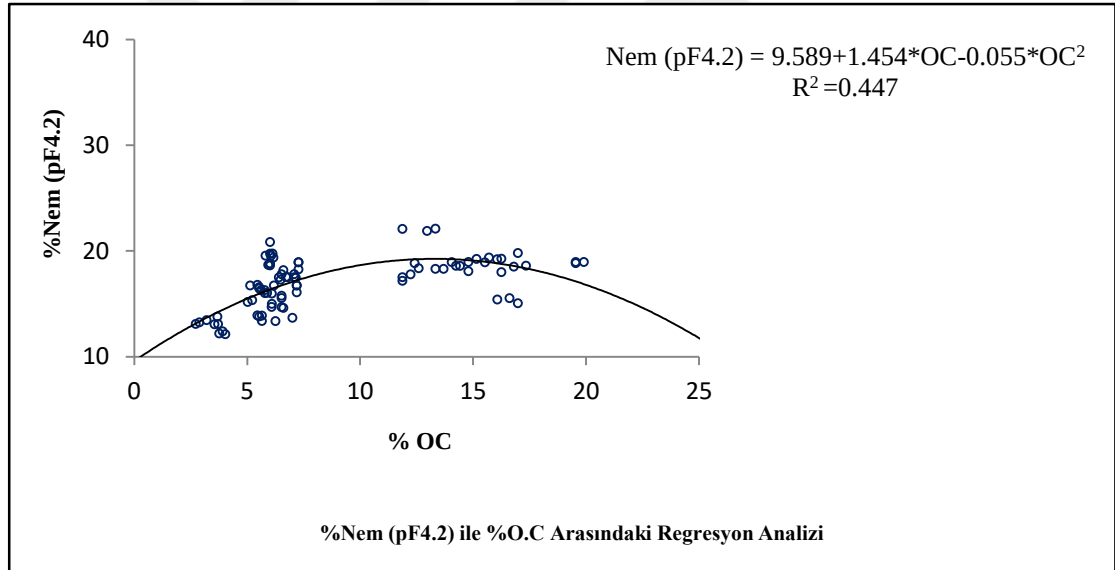


Şekil 4.6. pF2.0 deki toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.

Kömür yıkama sularıyla sulanmış olan toprakların % organik karbon düzeyleri ile bu toprakların pF2.54'teki % nem miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($R = 0.656$). Şekil 4.7'de görüldüğü üzere % nem miktarı ile organik karbon kapsamı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 civarında organik karbon kapsamına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. pF2.54 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.



Şekil 4.8. pF4.2 de toprak örneklerinde tutulan % nem miktarı ile % organik karbon kapsamı arasındaki ilişki.

Kömür yıkama sularıyla sulanmış tarım toprakların % organik karbon kapsamı ile bu toprakların pF4.2'deki % nem miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($R = 0.668$). Şekil 4.8'de görüldüğü üzere % nem değerleri ile organik karbon kapsamı arasındaki ilişkilerin en yoğun olduğu bölgelerin % 5 ile % 15 düzeyinde organik karbon miktarına sahip topraklarda olduğu görülmektedir.

Bazı araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda, tekstürel fraksiyonlardan kum, tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası değerlerindeki değişimler üzerinde yaklaşık olarak aynı ölçüde bir katkıda bulunulduğunu, kil fraksiyonu ise, tarla kapasitesindeki değişime göre, devamlı solma noktasındaki değişimi daha fazla etkilediğini, devamlı solma noktasında tutulan toprak nem içeriği üzerine gözenek büyüklük dağılımından daha çok, tane büyüklük dağılımının etkili olmasından, kil fraksiyonunun tarla kapasitesine göre, devamlı solma noktasında daha yüksek bir ilişki ortaya koyduğunu saptamışlardır (Shaykewich ve Zwarich 1968; Yeşilsoy ve Aydın 1995). Silt fraksiyonu, devamlı solma noktasındaki değişim üzerinde etkili olmayıp, tarla kapasitesindeki değişimin %14.3'ünü ve yarıyışlı nem kapasitesindeki değişimin ise %28'ni temsil edebildiğini, silt fraksiyonunun yarıyışlı nem kapasitesi üzerinde etkili olduğunu Das vd. (1974) tarafından da kaydedilmiştir. Yarıyışlı nem kapasitesindeki değişimi en fazla etkileyen kum fraksiyonunu, kil ve silt fraksiyonları izlediğini, organik karbon içeriği, tarla kapasitesi ve yarıyışlı nem kapasitesindeki değişimin yaklaşık olarak %50'sini, devamlı solma noktasındaki değişimin ise % 43'nü açıklamada yeterli olduğunu saptamışlardır.

Tarla kapasitesi, toprakta serbest hareket edebilen suyun drene olmasından sonra toprak boşluklarında yerçekimi kuvvetine karşı tutulan nem içeriği olduğundan (Soil Survey Staff 1993) toprağın gözenek büyüklük dağılımı ile tarla kapasitesi arasında yakın bir ilişki söz konusu olabilmektedir. Toprağın organik madde içeriğinin tarla kapasitesini pozitif olarak etkilemesi yerçekimi kuvvetine karşı suyun tutulabildiği boşlukların artmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

Toprakların su tutma kapasitesi, bitki büyümesi için en önemli toprak faktörlerinden biri olup aynı zamanda karbon miktarını, besin döngüsü ve fotosentez oranını etkilemektedir. Toprak organik karbonunun (OC) arttırılması, toprak kalitesini arttırmaktadır. Toprakta OC miktarının arttırılması, kuraklık yönetiminde de bir aracı olarak önerilmektedir (Lal 2004).

Organik karbonun, toprağın su tutma kapasitesi üzerine olan olumlu etkilerine dair çok fazla çalışma yapılmıştır (Hudson 1994; Rawls vd. 2003) ve yaygın olarak çalışılması da teşvik edilmiştir. Ancak nicel etkisi konusunda hala net bir fikir birliği oluşmamıştır. Bazı çalışmalarda olumlu etkiler elde edilmiş (Bauer ve Black, 1992), diğer çalışmalarda ise organik karbon miktarının sınırlı bir etki gösterdiği belirtilmiştir (Bell ve Van Keulen 1995).

Riley (1979) ve De Jong (1983) artan OC içeriğinin, toprağın tüm su tutma eğrisinin değişmesine veya tüm basınçlarda su içeriğinin artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Çeşitli çalışmalardan ve verilerden elde edilen sonuçlar, organik madde ilavesiyle su içeriğinin artmasının 0 kPa emiş gücünde en yüksek olduğu, ardından sırasıyla tarla kapasitesi (-10 veya -33 kPa) ve solma noktasında (-1500) en yüksek olduğu görülmüştür. Organik madde, toprağın su tutma kapasitesini doğrudan ve dolaylı

olarak arttırabilmektedir. Laboratuvar ya da arazi çalışmalarından elde edilen birçok sonuca göre, tekstrden bağımsız olarak, organik maddenin artan yoğunluğu ile birlikte kütle yoğunluğunun azaldığını göstermiştir (Adams 1973).

Organik maddenin toprağa ilave edilmesi ile ilgili denemelerde, her zaman tarla kapasitesinde ve solma noktasında su tutulumundaki artış için olumlu sonuçlar vermemektedir. Daha nceki araştırmalarda, organik maddenin kaba bünyeli topraklar için yarayışlı su kapasitesinin sadece % 20'den az kil içeriğiyle etkilediğini ileri sürülmüştür (Jamison ve Kroth 1958; MacRae ve Mehuys 1985).



5. SONUÇLAR

Günümüzde tarımsal üretimin miktar ve kalitesini arttırmak amacıyla çeşitli gübre ve pestisitlerin aşırı miktarda kullanılması, katı ve sıvı atıkların deşarjı, niteliği belli olmayan atık çamur uygulamaları, düşük kalitedeki suların tarımsal sulamalarda kullanılması gibi hatalı uygulamaların çevre ve toprak açısından bir tehdide yol açtığı görülmektedir. Yüksek karbon içeriğine sahip linyit kömürünün linyit işletme tesislerinde yıkanması sonucu ortaya çıkan atık suların çevreye bırakılması da önemli bir kirlilik etmeni olarak görülmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada yüksek karbon içerikli linyitçe zengin kömür yıkama sularının olası çevresel kirlilik etmeni potansiyelinin yanı sıra böyle bir atığın tarımsal alanlarda ki muhtemel olumlu etkilerinin var olup olmadığının araştırılması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu amaçla, önemli bir linyit üretim ve işletme sahasına sahip olan Manisa'nın Soma ilçesinden geçen Bakırçayı yakınındaki tarım toprakları bu kapsamda incelemeye alınmıştır. Çalışmada, bölgede yer alan linyit işletmelerinin kömür yıkama sularının Bakırçayı'na deşarjıyla bu çaydan yapılan sulamalar veya geçmişten günümüze meydana gelen taşkınlar neticesinde farklı düzeydeki yüksek karbon içerikli materyal (linyit) birikiminin tarım topraklarının su tutma karakteristikleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ile Bakırçayı'ndan sulanan ve/veya taşkınlar neticesinde yüksek karbon birikiminin olduğu gözlemlenen tarım toprakları ile bu çaydan sulamanın yapılmadığı ve/veya taşkın etkisinin gözlenmediği tarım topraklarının su tutma karakteristiklerindeki farklılıklar karşılaştırılarak toprakta su ve karbon yönetimi konusunda ileriye yönelik planlamaların yapılmasına olanak sağlanabileceği ön görülmüştür. Denemeye konu edilen tarım toprakları, linyitçe zengin kömür yıkama sularının deşarj edildiği ve topraklarda linyit birikiminin en yoğun olduğu Bakırçayı havzası içindeki bölgede yer almaktadır. Bu nedenle söz konusu topraklardaki araştırma sonuçlarının buna benzer diğer alanlarda yapılacak çalışmalara referans olabilecektir.

Çalışmada toprakların sadece % nem miktarları ve organik karbon içerikleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda elde edilen verilere göre, Bakırçayı'ndan sulamanın yapıldığı ve/veya taşkın etkisi altında kalmış tarım topraklarının karbon içeriklerinin (% OC 2.93-19.66) sulama yapılmayan ve/veya taşkın etkisi altında kalmamış olan tarım topraklarına (% OC 1.23-1.30) göre oldukça yüksek ve değişken değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, yüksek karbon birikiminin belirlendiği toprakların karbon içerikleri ile farklı pF değerlerinde tutulan toprak su miktarının karbon birikimi gözlenmeyen topraklara göre daha yüksek olduğu, toprakların karbon içeriği ile farklı pF düzeyindeki tansiyonlar altında tutulan nem miktarları arasında da önemli ($P<0.01$) pozitif ilişkilerin var olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulguların bu konuda daha önce yapılmış birçok çalışmayla da (McBride ve MacIntosh 1984; Felton ve Ali 1992; Hudson 1994; Emerson ve McGarry 2003) paralellik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Toprakların su tutma kapasitelerinde en önemli payı toprakların tekstürel ve strüktürel özellikleri olmakla beraber çalışma alanındaki aynı tekstüre sahip olan ancak karbon içeriği yüksek olan topraklardaki su tutma değerlerinin de yüksek olması karbonun buradaki etkisini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde toprakların tekstürel yapılarının su tutma kapasitesi üzerinde oldukça önemli olduğunu ortaya koyan sonuçlar da görülmektedir. Özellikle %5-6 arası karbon içeriğine sahip killi tın tekstürlü toprakların en yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu, bu toprakların silt boyutundaki parçacıkların oranının ise diğer tekstüre sahip topraklara göre de en yüksek orana sahip olan topraklar olduğu görülmektedir. Bu verilerden yola çıkarak yüksek karbon içerikli çalışma alanı topraklarındaki karbon kaynaklı materyallerin zaman içerisinde ayrışarak toprak suyu üzerinde etkisi olabileceği gibi inert bir madde olarak görülen özellikle silt boyutundaki linyit kökenli materyallerin toprakların tekstürel yapılarını da etkileyebileceği ve toprakların su tutma kapasitesi üzerinde etkili olabileceği öngörülmektedir. Nitekim Tam (1998) sulama suyu olarak kullanılan atık sularındaki organik kökenli materyallerin toprak tekstürü üzerine bir etkisinin olabileceği bu nedenle bu gibi atık suların kullanıldığı tarım topraklarının tekstürel özelliklerinin de periyodik olarak izlenmesinin önemli olabileceğini ifade etmiştir.

Sonuç olarak kömür yıkama sularının deşarj edildiği Bakırçayı'ndan yapılan sulamalar ve/veya taşkınlar neticesinde yüksek karbon birikiminin gözlemlendiği tarım topraklarının karbon içeriğindeki artış ile birlikte su tutma kapasitelerinde de artışın meydana gelmesinin bu topraklarda suyun daha randımanlı kullanılmasına yönelik sulama projelerinin oluşturulmasına imkân tanıyabileceği söylenebilir. Bununla birlikte toprak karbonunun toprakların su tutma kapasitesi üzerine etki mekanizmalarının daha net bir biçimde ortaya konulması için daha detaylı çalışmaların yapılmasının gerektiği de söylenebilir. Özellikle bu gibi karbon birikimlerinin toprakların tekstürel anlamda ne gibi etki sahibi olabileceği ile ilgili olarak toprakların karbon içerikli materyallerinin yok edilerek tekstür analizlerinin yapılmasının faydalı olacağı ön görülmektedir. Ayrıca, yüksek karbon birikiminin toprakların kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin nasıl olabileceğine dair sonuçlara ulaşabilmede de toprak karbonunun fraksiyonel ayırımı ile karbon kökenli materyallerin ayrışma düzeyleri konusundaki araştırmaların konuya açıklık getirmede önemli olabileceği ön görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adams, W. 1973. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated podzolic soils. *Journal of Soil Science*, 24, 10–17.
- Akalan, İ. 1969. Bala D.Ü.Ç. Topraklarında Hidrometre Mekanik Analiz Sonuçları ile Tarla Kapasitesi ve Pörsüme Noktasındaki Su Yüzdeleri Arasındaki İlişkiler. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yıllığı*, No: 1-2: 228-244.
- Alpaslan, N. 1991. Dünyada ve Türkiye’de Su Kalite Gözlemlerinin İrdelenmesi. *TMMOB İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi*, 8-11 Ekim 1991, Bildiriler Kitabı, 1. Cilt, S. 326-337, İstanbul.
- Ambroise, B., Reutenauer, D. and Viville, D. 1992. Estimating soil water retention properties from mineral and organic fractions of coarse-textured soils in the Vosges mountains of France. In: van Genuchten, M.Th., Leij, F.J., Lund, L.J. (Eds.), *Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. University of California, Riverside, CA, pp. 453–462.
- Ateşok, G. 2004. Kömür Hazırlama ve Teknolojisi, T.Ü., Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayınları, 1. Baskı, 500 sayfa.
- Atmaca, B. 2011. Tekirdağ merkez ilçesi sahil şeridini oluşturan doğal drenaj sisteminde yer alan toprakların mühendislik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Namık Kemal Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Tekirdağ*.
- Atterberg, A. 1911. Die Plastizität der Tone. *Int. Mitt. Bodenk.* 1: 10-43.
- Bahtiyar, M. 1975. Toprakta Su Tutulması ve Hidrolik İletkenliğin Tahmin Edilebilme Olanakları Üzerinde Bir Araştırma. *Atatürk Üni. Ziraat Fak. (Doktora Tezi)*. Erzurum.
- Batjes, N.H. 1996. Development of a World Data Set of Soil Water Retention Properties Using Pedotransfer Rules. *Geoderma* 71: 31-52.
- Bauer, A. and Black, A.L. 1981. Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparison in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 1166– 1170.
- Bauer, A. and Black, A.L. 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural groups. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 248–254.
- Beke, G.L. and McCormick, M.J. 1985. Predicting volumetric water retention for subsoil materials from Colchester County, Nova Scotia. *Can. J. Soil Sci.* 65, 233– 236.

- Bell, M.A. and Van Keulen, H. 1995. Soil pedotransfer functions for four Mexican soils. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 865–871.
- Black, C.A. 1957. *Soil-Plant Relationships*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Bouyoucos, G.J. 1955. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agronomy Journal*, 4 (9): 434.
- Boyle, M., W.T. Frankenberger, Jr. and Stolzy, L.H. 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. *J. Prod. Agric.* 2:290-299.
- Bras, R. and Solo, C.İ. 2009. Estimation of Water Retention and Availability in Soils of Rio Grande Do Sul , 33:1547-1560.
- Calhoun, F.G., Hammond, L.C. and Caldwell, R.E. 1973. Influence of particle size and organic matter on water retention in selected Florida soils. *Soil Crop Sci. Fla. Proc.* 32, 111– 113.
- Canbolat, M.Y. 1999. Bazı Toprak Nem Karakteristiklerinin Tane Büyüklük Dağılımı ve Organik Karbon İçeriğinden Tahmin Edilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 30 (2), 113-119, 1999, Erzurum.
- Canbolat, M.Y. ve Öztaş, T. 1997. Toprağın Kıvam Limitleri Üzerine Etki Eden Bazı Faktörler ve Kıvam Limitlerinin Tarımsal Yönden Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1); 120-129.
- Canbolat, M.Y., Öztaş, T., Barik, K. ve Aksakal, E.L. 2002. Compatibility of soils at different moisture contents. *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, p: 110-112..10-13 June 2002, Çanakkale, turkey.
- Canpolat, M., Hanay, A. ve Anapalı, Ö. 1996. Aralık ilçesi rüzgar erozyon alanı sorunlu topraklarına organik atık materyal uygulamasının etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (3): 448-60.
- Danalatos, N.G., Kosmas, C.S., Driessen, P.M. and Yassoglou, N. 1994. Estimation of the draining soil moisture characteristics from standard data as recorded in soil surveys. *Geoderma* 64, 155– 165.
- Das, D.K., Das, B. and Naskar, G.C. 1974. Water Profiles and Storage Characteristics of Alluvial Soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 22(4): 379-382.
- De Jong, R. 1983. Soil water desorption curves estimated from limited data. *Canadian Journal of Soil Science* 63, 697-703.
- Demir, S., Kılıç, K. ve Aydın, M. 2012. Farklı Kullanım Altındaki Toprakların Kıvam Limitleriyle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişki. *Gaziosmanpaşa*

- Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi Ve Besleme Bölümü, 60240, Tokat.
- Demiralay, İ. 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 143, S. 90-95, Erzurum.
- Denef, K., Six, J., Merckx, R. and Paustian, K. 2004. Carbon Sequestration in Micro aggregates of No-Tillage Soils with Different Clay Mineralogy. Soil Science Society, Soil Science Society of America.
- Dexter, A. and Bird, N.R.A. 2001. Methods for predicting the optimum and range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. Soil Till. Res. 57 (4) 203–212, [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(00\)00154-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00154-9).
- Emerson, W. and McGarry, D. 2003. Organic carbon and soil porosity. Australian Journal of Soil Research 41, 107-118.
- Ergene, A. 1993. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniversitesi Yay. No:586, Ziraat Fakültesi Yay. No:267, Ders Kitapları Serisi No:42.
- Eroğlu, V. 2008. 5. Dünya su forumu bölgesel hazırlık süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı, Haziran 2008, İzmir.
- Felton, G.K. and Ali, M. 1992. Hydraulic parameter response to incorporated organic matter in the B-horizon. Transactions of the ASAE, 35 (4): 1153-1160.
- Fiedler, H. J. 1990. Bodennutzung und bodenschutz. Birkhauser Verlag, Basel-Boston Berlin, pp:268.
- Gattani, P.D., Jain, S.V. and Seth, S.P. 1976. Effect of continuous use of chemical fertilizers and matures on soil physical and chemical properties. J. Indian Soc. Soil Sci., 24 (3): 284-289.
- Gupta, S. C. and Larson, W. E. 1979. Estimating Soil Water Retention Characteristics From Partical Size Distribution, Organic Matter Percent and Bulk Density. Water Resour. Res., 15: 1633-1635.
- Gupta, S.C., Dowdy, R.H. and Larson, W.E. 1977. Hydraulic and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. Soil Sci. Soc. Amer. J., 41: 601-605.
- Gültekin, K., Yetim, A., Kılıç, N. ve Binici, N. 1998. Ege havzaları, İzmir Ticaret Odası Y.No:44.
- Gündoğdu, V. ve Turhan, D. 2004. Bakırçay Havzası Kirlilik Etüt Çalışması. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 6 Sayı: 3 S. 65-83.

- Haktanır, K. 1987. Toprak Kirliliği ve bu konuda hazırlanacak yönetmelik üzerine düşünceler. TÇSV. Çalışma Grubu Raporu, 2 Mart.
- Hanay, A. 1990. Çöp Kompostunun Toprakların Bazı Yapısal Özellikleri ve Toprak-Su İlişkilerine Olan Etkilerinin Ahır Gübresi ile Karşılaştırılması Üzerine bir Araştırma (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Haynes, R. J. and Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: A Review, Nutrient Cycling in Agro ecosystems, 51: 123-137.
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, New York. London.
- Hillel, D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press, San Diego., CA.
- Hollis, J.M., Jones, R.J.A. and Palmer, R.C. 1977. The effect of organic matter and particle size on the water retention properties of some soils in the West Midlands of England. Geoderma 17, 225– 238.
- Hopmans, J.W. and Dane, J.H. 1985. Effect of Temperature - Depended Hydraulic Properties on Soil Water Movement, Soil Sci. Soc. Amer. J., 49: 51 - 58.
- Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. Journal of Soil and Water Conservation, 49, 189–194.
- Jack, T.T. 2001. Water, Air and Soil Pollution. An International Journal of Environmental Pollution. Volume 128, Issue 3/4.
- Jamison, V.C. and Kroth, E.M. 1958. Available moisture storage capacity in relation to texture composition and organic matter content of several Missouri soils. Soil Science Society of America Journal, 22, 189–192.
- Karadağ, A. 2005. Coğrafi Değerlendirmelerle Soma’da Değişen Çevre, Kent ve Kimlik, Ege Üniversitesi Yay. Edebiyat Fakültesi, 131, İzmir.
- Karadağ, A. 2007. Linyit İşletmeleri ve Termik Santralin Ardından Soma’da Değişen Çevre, Kent ve Kimlik, Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, 35100 Bornova, İzmir.
- Karakuş, U. 1996. Soma İlçesinde Nüfus ve Yerleşme. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. ANKARA.
- Kay, B.D., Silva, A.P. and Baldock, A.P. 1997. Sensitivity of soil structure to changes in organic carbon content: predictions using pedotransfer functions. Can. J. Soil Sci. 77, 655– 667.

- Kern, J. S. 1995. Evaluation of Soil Water Retention Models Based on Basic Soil Physical Properties Soil Sci. Soc. Amer. J., 59: 1134-1141.
- Khaleel, R., Reddy, K.R. and Overcash, M.R. 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste application: A Review, Environ Quall:10, 133-141.
- Khan, G.S. and Afzal, T. 1990. Hydraulic characteristics of some important soil series of Pakistan Soil Survey of Pakistan, Lahore.
- Kirnarsky, A. and Sbitnev, M. 1998. Development of spiral separation technology for coal slimes treatment. Proceedings of the 5th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Ankara, Turkey, Rotterdam: Balkema, pp 659-662.
- Kivisaari, S. 1971. Influence of texture on some moisture constants, Acta. Agr. Femica, 123, 217-222.
- Kocaer, F.O. ve Başkaya, H.S. 2004. Bursa İlinde Nilüfer-Ayvalı Deresiyle Sulanan ve Sulanmayan Tarım Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059 Görükle - BURSA.
- Kocaer, F.O., Uçaroğlu, S. ve Başkaya, H.S. 2004. Karasuyun arazide arıtım yöntemiyle bertarafı, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2.
- Lal, R. 1979. Physical properties and moisture retention characteristics of some Nigerian soils. Geoderma 21, 209-223.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, 304, 1623–1627.
- Lund, Z. F. 1959. Available water-holding capacity of alluvial soils in Louisiana, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23, 1-3.
- MacRae, R.J. and Mehuys, G.R. 1985. The effect of green manuring on the physical properties of temperate-area soils. In: Advances in Soil Science (ed. B.A. Stewart), pp. 71–94. Springer, Heidelberg.
- Maden Mühendisleri Odası, 2000. Cumhuriyet Dönemi Madenciliğimiz, Elektronik (Online)Erişimi,http://www.maden.org.tr/meslegimiz/20_yuzyl_madencilik_sektorune_genel_bakis.pp. [Son erişim tarihi: 15.03.2018].
- Mathers, A.C. and Steward, A.C. 1980. The effect of feedlot manure on soil physical and chemical properties. In Livestock Wasie, a Renewable Resource, 4th InL. Symp. On Livestock Wastes, 159-162.

- Mbagwu, J.S.C. and Bazzoffi., P. 1989. Properties of soil aggregates as influenced by tillage practices. *Soil Use Manage.* 5:180-188.
- McBride, R.A. and MacIntosh, E.E. 1984. Soil survey interpretations from water retention data. 1. Development and validation of water retention model, *Soil Science Society of America Journal*48, 1338-1343.
- Nelson, D.W. and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539-579, In A.L. Page (Ed.) *Methods of Soil Analysis*, 2nd Ed. ASA Monogr 9 (2), Amer. Soc. Argons. Madison, WI.
- Nen Mühendislik Danışmanlık Ltd ŞTİ, 2001. Gediz nehir havzası su kaynakları yönetimi ve kirlilik kontrolü pilot projesi final raporu.
- Ohu, J.O., Raghavan, G.S.V. and Mckyes, E. 1985. Peat moss effect on the physical and hydraulic characteristics of compacted soils. *Transactions of the ASAE* 28 (2), 420-424.
- Petersen, G.W., Cunningham, R.L. and Matelski, R.P. 1968. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: II. Soil factors affecting moisture retention within a textural class-silt loam. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32, 866– 870.
- Peeverill, K. I., Sparrow, L.A. and Reuter, D.J. 1999. *Soil Analysis. An Interpretation Manual*, CSIRO Publishing, Collingwood.
- Piccolo A., Pietramellara G. and Mbagwu J.S.C. 1996. Effects of coal derived humic substances on water retention and structural stability of Mediterranean soils. *Soil Use Manage* 12:209-213.
- Ramirez-Fuentes, E., Lucho-Constantin, C., Escamilla-Silva E. and Dendooven L. 2002. Characteristics, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time. *Bioresource Technology* 85, 2, 179-187.
- Rawls, W.J. and Brakensiek, D.L. 1982. Estimating soil water retention from soil properties. *J. Irrig. Drain. Div., Proc. ASCE* 108 (IR2), 166– 171.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. and Saxton, K.E. 1982. Estimation of Soil Water Properties. *Trans. ASAE*, 25 (5): 1316-1320.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. and Soni, B. 1983. Agricultural management effects on soil water processes: Part I. Soil water retention and Green–Ampt parameters. *Trans. ASAE* 26, 1747–1752.
- Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T. M. and Bloodworth, H. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*116, 61-76.

- Riley, H.C.F. 1979. Relationship between soil moisture holding properties and soil texture, organic matter content, and bulk density. *Agric. Res. Exp.* 30, 379– 398.
- Sabah, E., Mart, U. ve Çelik, M.S. 2002. 1970-2000 Yılları Arası Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketiminde Kömürün Yeri, Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi, 41(2), 31-42.
- Salter, P. J., Berry, G. and Williams, J. B. 1966. The influence of texture on the moisture characteristics of soils, III, Quantitative relationships between particle size, compaction and available water capacity, *J. Soil Sci.*, 17, 93-98.
- Salter, P.J. and Haworth, F. 1961. The available-water capacity of a sandy loam soil: I. The effects of farmyard manure and different primary cultivations. *J. Soil Sci.* 12, 335– 342.
- Sarıyev, A.L., Aydın, M., Aydın, C., Bilgehan, G., Polat, V., Tuli, A. ve Çelik, İ. 1995. Değişik Ampirik İfadelerin İncelenmesi ve Deneme Sonuçlarına Bağlı Olarak pF Eğrisi İçin En Uygun Matematiksel Modelin Geliştirilmesi. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Ed. N. Munsuz, İ. Ünver, G. Çaycı. Toprak İlmi Derneği ve TÜBİTAK Yayın No, 7 (1): A-1;A-6.
- Sarıyev, A.L., Canbolat, R. ve Yusufova, M. 1998. Ziraat Fakültesi Deneme Alanlarında Yaygın Bazı Toprak Serilerinin Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi ve Hidrolik Özelliklerinin Matematiksel Modellenmesi. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium On Arid Region Soil. p: 330-335. International Agrohydrology Research and Training Center, Izmir-TURKEY.
- Shaykewich, C. F. and Zwarich, M. A. 1968. Relationships Between Soil Physical Constant and Soil physical Components of Some Manitoba Soils. *Can J. Soil Sci.*, 48: 199-204.
- Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. *Soil Tillage Res.* 16:179-201.
- Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manuel. United States Department of Agriculture Handbook No: 18, USDA, Washington.
- Syed, I.B. 2005. Pollution. Islamic Research Foundation International, Inc. 7102 W. Shefford Lane Louisville, KY 40242- 6462, USA Elektronik (Online) Erişim, http://www.irfi.org/articles/articles_51_100/pollution.htm [Son erişim tarihi: 18.03.2018].
- Tam, N.F.Y. 1998. Effects of Wastewater Discharge on Microbial Populations and Enzyme Activities in Mangrove Soils. *Environmental Pollution* 102, 233-242.
- Tan, K.H. and Dowling, P.S. 1984. Effect of organic matter on CEC due to permanent

- and variable charges in selected temperate region soils. *Geoderma* 32, 89-101.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 727 pp.
- Thomasson, A.J. and Carter, A.D. 1989. Current and future uses of the UK soil water retention dataset in indirect methods for estimating the hydraulic properties of unsaturated soils proceedings of an International Workshop. Eds, M. T., Van Genuchten, F. J. Leij, and Lund, L.J., pp. 355-358, USDA and Department of Soil and Environmental Sciences, Riverside.
- Tietje, O. and Hennings, V. 1996. Accuracy of the saturated Hydraulic Conductivity Prediction by Pedotransfer Function Compared to the Variability Within FAO Textural Classes. *Geoderma*, 69: 71-84.
- Tietje, O. and Tapkenhinrichs, M. 1993. Evaluation of Pedo - Transfer Functions. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 57: 1088 - 1095.
- Tomar, A. 2004. Toprak ve su kirliliği ve su havzalarının korunması. TMMOB Kent Sempozyumu, İZMİR.
- Tomasella, J., Hodnett, M.G. and Rossato, L. 2000. Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:327- 338.
- Türkiye Perma kültür Araştırma Enstitüsü, 2015. Toprak ve Karbonun İlişkisi. Elektronik (Online) Erişim, <https://permaculturenews.org/2015/10/13/how-soil-and-carbon-are-related> [Son erişim tarihi: 15.03.2018].
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Mülga KHGM yayınları, ANKARA.
- Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J. and Darius, P. 1989. Estimating the Soil Moisture Retention Characteristic From Rexture, Bulk Density, and Carbon Content. *Soil Sci.*, 148: 389-403.
- Viville, D., Ambroise, B. and Korosec, B. 1986. Variabilite' spatiale des proprie'te's texturales et hydrodynamiques des 5015 dans le bassin versant du Ringelbach (Vosges, France). In: Vogt, H., Slaymaker, O. (Eds.), *Erosion Budgets and their Hydrologic Basis*. Z. Geomorph. N.F., Suppl. Bd, vol. 60. G. Borntraeger, Berlin, p. 2140.
- Williams, J., Prebble, R.E., Williams, W.T. and Hignett, C.T. 1983. The influence of texture, structure and clay mineralogy on the soil moisture characteristic. *Aust. J. Soil Res.*, 21:15-32.

- Wösten, J.H.M. and Van Genuchten, M.Th. 1988. Using Texture and other Properties to predict the unsaturated Hydraulic Functions. Soil Sci. Soc. Amer. J., 52: 1762-1770.
- Yadav, R.K., Goyal, B., Sharm, RK., Dubay, SK. and Minhas, PS. 2002. Post-irrigation Impact of Domestic Sewage Effluent on Composition of Soils, Crops and Ground Water A Case Study. Environment International 28, 481-486.
- Yeşilsoy, M.Ş. ve Aydın, M. 1995. Toprak Fiziği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Ders Kitabı No: 124. ADANA.



ÖZGEÇMİŞ

ZEYNEP DAĞ

zeynep_dag24@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2018	Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2010-2014	Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Uzman	
Araştırma Görevlisi	

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler