



**TORTUM GÖLÜ HAVZASI UZUNDERE VADİSİ
TARIM ALANLARININ FİZİKSEL VE MEKANİKSEL
ÖZELLİKLERİ**

Muhammet Mesut BAYKAL

Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT
Yüksek Lisans Tezi
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı
2022
(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

**TORTUM GÖLÜ HAVZASI UZUNDERE VADİSİ TARIM ALANLARININ
FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ**

(Physical and Mechanical Properties of Uzundere Valley Agricultural Lands in Tortum Lake
Basin)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Mesut BAYKAL

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT

Erzurum
Mart, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT danışmanlığında, Muhammet Mesut BAYKAL tarafından hazırlanan bu çalışma, 15/03/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Toprak Bilimi Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliğı (3/3) ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır.
Danışman:	Doç. Dr. Ekrem Lütfi AKSAKAL Atatürk Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır.
Jüri Üyesi:	Doç.Dr. Yasin DEMİR Bingöl Üniversitesi	Aslı Islak İmzalıdır.

Enstitü Yönetim Kurulunun
.../.../... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğı'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğra CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT danışmanlığında sunulan “Tortum Gölü Havzası Uzundere Vadisi Tarım Alanlarının Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	15	30
Kaynak Özetleri	24	30
Materyal ve Yöntem	23	35
Bulgular ve Tartışma	5	20
Sonuç ve Öneriler	3	20
Tezin Geneli	17	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Muhammet Mesut BAYKAL	Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT
15.3.2022	15.3.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır.	İmza: Aslı Islak İmzalıdır.

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yaptığım bu araştırmada, Yüksek lisans Tez Danışmanım Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT'a teşekkür ederim.

Akademik hayatım boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyelerine, çalışma sürecinde imkanlarından yararlandığım Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Başkanlığı'na, arazi çalışmalarında penetrasyon direnci ölçümlerinin alınmasında yardım ve desteklerinden faydalandığım Sayın Doç. Dr. Ekrem Lütfi AKSAKAL'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını gördüğüm Dr. Fazıl HACİMÜFTÜOĞLU, Arş. Gör. Elif YAĞANOĞLU'na ve 100/2000 Doktora Öğrencisi Muhammet Altun'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

Muhammet Mesut BAYKAL

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TORTUM GÖLÜ HAVZASI UZUNDERE VADİSİ TARIM ALANLARININ FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİ

Muhammet Mesut BAYKAL

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT

Amaç: Bu araştırma, Erzurum Uzundere vadisindeki tarım arazilerindeki toprakların fiziksel ve mekaniksel özelliklerini belirlemek, inceleme konusu özelliklerin toprak yönetimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve yöre üreticilerine sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak yapısının geliştirilmesi ile ilgili öneriler sunmak amacıyla yürütülmüştür.

Yöntem: Bu çalışmada toprakların pedolojik özellikleri laboratuvarında tayin edilmiştir. Bu özellikler ile toprak penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, toplam porozite, sıkışma parametreleri, kırılma değeri, nem karakteristik parametreleri ve hidrolik iletkenlik değerleri arasındaki ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri ile tespit edilmiştir. Araştırma konusu parametrelerin varyasyon katsayıları belirlenerek, değişim aralıkları değerlendirilmiştir.

Bulgular: Araştırma konusu toprak örneklerinin kum içeriği %52-%72, silt içeriği %14-%28 ve kil içeriği %10-%26 arasında olup, örnekler kumlu tın ve kumlu killi tın bünyelidir. Örneklerin organik madde içeriği %0,83-%4,78 reaksiyonu (pH) 7,75-8,04 elektriksel iletkenlik değerleri 0,21-0,81 dS m⁻¹; kireç içeriği %8,70-%23,8 ve kation değişim kapasiteleri 18-32,6 cmol kg⁻¹ arasındadır. Örneklem alanında toprak penetrasyon direnci değerlerinden en düşük değerler toprak yüzeyinde 0,41-0,72 MPa, en yüksek değerler de 35 cm derinlikte 5,13-8,34 MPa olarak ölçülmüştür. Toprakların hacim ağırlığının 1,18 ile 1,47 g cm⁻³, toplam porozitenin %44,7 ile %53,6 arasında olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin sıkışma eğrilerine ait indeks değerlerden optimum nem içeriği değerleri %11 ile %23 ve maksimum kuru kütle yoğunluğu değerleri de 1,57 ile 1,93 g cm⁻³ arasındadır. Kırılma değerleri 1,23-6,30 kPa arasında değişmiştir. Toprak örneklerinin nem karakteristik parametrelerinden tarla kapasitesi %21,8-%38,8 devamlı solma noktası, %8,7-%16,1 ve yarıyışlı nem kapasitesi %10,9-%23,6 arasında olup, örneklerin hidrolik iletkenlik değerleri 16,4 ile 36,6 cm h⁻¹ arasındadır.

Sonuç: Bu çalışmada, toprakların penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, toplam porozite, sıkışma parametreleri, kırılma değeri, nem karakteristik parametreleri ve hidrolik iletkenlik değerleri üzerinde toprakların inceleme konusu pedolojik özellikleri farklı seviyelerde etkili olmuştur. Tarımsal faaliyet yapılan kaba bünyeli topraklarda organik maddenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri olumlu yönde etkilediği, bu etkinin toprak bünyesinden kaynaklanan olumsuzlukları en aza indirerek sürdürülebilir bir toprak ortamının gelişmesine katkı sağladığı çalışmada kaydedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzundere/Erzurum, penetrasyon direnci, sıkışma eğrisi, kırılma değeri, nem karakteristikleri

Mart 2022, 56 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF UZUNDERE VALLEY AGRICULTURAL LANDS IN TORTUM LAKE BASIN

Muhammet Mesut BAYKAL

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

Objective: This study was carried out for determining physical and mechanical properties of agricultural soils in Erzurum Uzundere Valley, for evaluating the effects of these soil properties on soil management, and for making suggestions to local producers on soil structural development for sustainable management of soils.

Method: Pedological properties of the soils studied were determined in the laboratory. Relationships between pedological properties and soil penetration resistance, bulk density, total porosity, compaction parameters, modulus of rupture, moisture characteristic parameters and hydraulic conductivity values were determined using correlation and regression analysis. The coefficients of variation of the measured parameters were determined and their ranges of variation were evaluated.

Findings: Sand, silt and clay contents of soil samples changed between 52%-72%, 14-28% and 10%-26%, respectively. Soil texture was generally sandy loam and sandy clay loam. Organic matter content, soil reaction (pH), electrical conductivity, lime content and cation exchange capacities of soil samples were found in ranges of 0,83-4,78%, 7,75-8,04; 0,21-0,81 dS m⁻¹ %8,70-%23,8 and 18-32,6 cmol kg⁻¹, respectively. The lowest values of soil penetration resistance within the study area were measured as 0,41-0,72 MPa at the soil surface, and the highest values were 5,13-8,34 MPa at 35 cm depth. It was determined that the bulk density of the soil samples was between 1,18 and 1,47 g cm⁻³ and the total porosity was between 44,7% and 53,6%. Optimum moisture content changed between 11%-23% and maximum dry mass density between 1,57-1,93 g cm⁻³ from the index values of the compaction curves of soil samples. The modulus of rupture varied between 1,23-6,30 kPa. Among the moisture characteristic parameters of the soil samples, field capacity was between 21,8%-38,8%, permanent wilting point between 8,7%-16,1% and available water capacity between 10,9%-23,6%. The hydraulic conductivity values changed between 16.4-36.6 cm h⁻¹.

Results: It was indicated that the pedological properties of soils affected on the penetration resistance, bulk density, total porosity, compaction parameters, fracture value, moisture characteristic parameters and hydraulic conductivity at different levels. This effect contributes to the physical condition of a sustainable soil environment by minimizing the negative effects that may arise from the soil texture.

Keywords: Uzundere/Erzurum, penetration resistance, compaction curve, modulus of rupture, moisture characteristics.

March 2022, 56 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	x
GİRİŞ.....	1
KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
MATERYAL VE YÖNTEM	13
Materyal	13
Araştırma alanının tanımı.....	13
Jeolojik ve jeomorfolojik özellikler	13
Toprak özellikleri.....	13
İklim özellikleri.....	15
Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması	16
Yöntem.....	16
Toprak tekstürü	16
Toprak reaksiyonu (pH).....	16
Elektriksel iletkenlik	17
Kireç.....	17
Organik madde	17
Katyon değişim kapasitesi	18
Değişebilir kasyonlar.....	18
Tane yoğunluğu.....	18
Hacim ağırlığı	18
Toplam porozite	18
Penetrasyon direnci	18
Sıkışma eğrisi	19
Toprak kırılma değeri.....	20
Toprak nem karakteristik parametreleri.....	21

Hidrolik iletkenlik	22
İstatistiksel Değerlendirmeler	22
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	23
Toprakların Pedolojik Özellikleri	23
Hacim Ağırlığı ve Toplam Porozite.....	24
Penetrasyon Direnci	25
Sıkışma Eğrisi	28
Kırılma Değeri	32
Toprak Nem Karakteristikleri	33
Hidrolik İletkenlik.....	35
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	44

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Erzurum İli Uzundere İlçesi Uzunyıllar İklim Verileri	15
Tablo 2. Reaksiyon Sınıfları ve pH Değerleri	16
Tablo 3. Toprak Tuzluluk Sınıfları ve Bitki Gelişimi.....	17
Tablo 4. Toprak Kireç İçeriği Sınıfları	17
Tablo 5. Toprakların Organik Madde İçeriğine Göre Sınıflandırılması.....	17
Tablo 6. Toprak Penetrasyon Direnç Değerlerine Ait Sınıflar	19
Tablo 7. Doygun Hidrolik İletkenlik Sınıfları	22
Tablo 8. Araştırma Konusu Toprak Örneklerinin Karakteristik Pedolojik Özellikleri	23
Tablo 9. Toprakların Hacim Ağırlığı ve Toplam Porozite Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları	25
Tablo 10. Farklı Derinliklerinde Ölçülen Penetrasyon Direnci Değerleri İle Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları	26
Tablo 11. Maksimum Kütle Yoğunluğu ve Optimum Nem Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları	29
Tablo 12. Toprakların Kırılma Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları	33
Tablo 13. Nem Karakteristik Parametreleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları	34
Tablo 14. Doygun Hidrolik İletkenlik Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Toprak örneklemesinin yapıldığı alan ve örnekleme noktaları.....	14
Şekil 2. Arazide penetrasyon direnç ölçümlerinin yapıldığı dijital penetrologer.....	19
Şekil 3. Toprak sıkışma eğrisi	20
Şekil 4. Toprak biriketi kırma aygıtı	21
Şekil 5. Nem karakteristik parametrelerinin tayininde kullanılan basınç ekstraktörleri	21
Şekil 6. Araştırma konusu toprak örneklerinin tekstür üçgeni üzerindeki konumları.....	24
Şekil 7. Silt fraksiyonu ile hacim ağırlığı ve toplam porozite arasındaki ilişkiler	25
Şekil 8. Araştırma konusu toprak örneklemesinin yapıldığı noktalarda ölçümlenen penetrasyon direnci eğrileri	27
Şekil 9. Toprak yüzeyinde (a) ve 10 cm toprak derinliğinde (b) organik madde içeriği ile penetrasyon direnci arasındaki ilişkiler	28
Şekil 10. Toprağın 10 cm toprak derinliğinde silt içeriği ile penetrasyon direnci arasındaki ilişki.....	28
Şekil 11. Organik madde içeriği ile optimum nem arasındaki ilişki	30
Şekil 12. Araştırma konusu topraklara ait sıkışma eğrileri	31
Şekil 13. Organik madde içeriği ve silt fraksiyonu ile kırılma değeri arasındaki ilişki	33
Şekil 14. Organik madde içeriği ile tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarıyıllı nem kapasitesi arasındaki ilişkilerle, silt fraksiyonu ile devamlı solma noktası arasındaki ilişki.....	35

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

DSİ	: Devlet Su İşleri
FAO	: Food Agriculture Organization
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
r	: Korelasyon Katsayısı
R²	: Regresyon Katsayısı
VK	: Varyasyon Katsayısı
x	: Bağımsız Değişken
y	: Bağımlı Değişken



GİRİŞ

Tarım sektörü, sürdürülebilir yeterli ve dengeli besin kaynağı dağılımı için stratejik bir öneme sahiptir. Belirli bir alanın tarımsal potansiyelini belirleyen toprak, yenilenemeyen, ekonomik öneme sahip olan, ekosistem hizmetleri için de temel bir kaynaktır. Ancak iklim değişikliği, hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme gibi nedenlerle tarım arazileri üzerindeki baskılar artmakta, toprak ve su kaynakları olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu olumsuzlukların giderilmesi ve toprağın korunması amacıyla 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu ve ilgili mevzuat uygulamaya koyulmuştur.

Toprak yönetimi, toprak özelliklerinin korunmasında, bitki yetiştirilmesinde, tarımsal üretkenlik için uygun toprak kalitesinin artırılmasında ve toprak erozyonunun önlenmesinde önemli bir planlama konusudur. Bunun bir sonucu olarak sınırlı arazi kaynaklarının planlı kullanımında toprak yönetimi stratejik bir gerekliliktir. Arazinin bir bileşeni olan toprak; iklim değişimi, çölleşme ve arazi tahribatı ile biyoçeşitliliğin azalmasının önlenmesinde en büyük ekosistem hizmetini sağlayan doğal varlıktır. Bu nedenle, sürdürülebilir toprak yönetiminde mevcut tarım topraklarının kaliteli ve sağlıklı olarak korunması ve geliştirilmesi, hem insan ihtiyaçlarının karşılanmasında hem de ekosistemin çevriminde önemlidir.

Ekolojik çevrimde, toprak ve su kaynakları yönetiminin bir bütün içinde entegre olarak yapılması önemlidir. Toprak kaynakları planlanıp yönetilirken, toprağın sadece bir alan olarak büyüklüğü değil, özellikleri, işleme, sulama ve gübreleme gibi yönetim faaliyetleri altındaki durumu, kalitesi, çevreyle olan ilişkisi, sosyal, ekonomik, yasal unsurların da bir arada dikkate alınması gereklidir (Harmancıoğlu vd 2002, 2003). Bu nedenlerle toprak ve su kaynaklarını etkin bir şekilde izlemek ve yönetmek için güvenilir verilere ihtiyaç duyulur.

Tarımsal üretimi belirleyen temel faktör iklim olup, Türkiye'nin iklimi yarı kurak iklim özelliğindedir. Ülkemizin iklim koşullarında tarımsal üretkenlik sulama imkanları ile önemli bir ilişki içerisindedir. Sulamada en önemli kaynak yağışlardır. Ülkemiz yıllık yağış miktarı 450 milyar m³, uzun yıllar yağış ortalaması yıllık 574 mm'dir, kişi başına düşen 1346 m³ kullanılabilir su miktarı ile su azlığı yaşayan ülkeler kategorisinde yer almaktadır. Günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde farklı amaçlarla kullanılabilir yüzey suyu miktarı yıllık 94 milyar m³, yıllık çekilebilir su miktarı 18 milyar m³ olmak üzere ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık toplamı 112 milyar m³ 'tür. Bu suyun yıllık toplam 57 milyar m³'ü kullanılmaktadır. Sektörel olarak, sulamada 44 milyar m³ (%77), içme-kullanma ve sanayi suyu olarak 13 milyar m³ (%23) su kullanılmaktadır (DSİ, 2022). Toprak yönetiminde

toprak, bitki ve su ilişkilerini dikkate alarak su kullanımını sürdürülebilir olarak sağlanması sulamada kullanılacak su miktarını azaltacağı gibi, fazla su kullanımının önlenmesi topraktan bitki besin maddelerinin uzaklaşmasını, toprak tuzlulaşması gibi olumsuzlukları engelleyecek veya en aza indirecektir.

Toprak kaynaklarını olumsuz etkileyen tehditleri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek, özelliklerini geliştirmek ve doğal yollarla üretkenliğini artırmak amacıyla yapılan uygulamalar, sürdürülebilir toprak yönetimine katkı sağlar. Toprağın sürdürülebilirliği, iklim değişkenleri, havzadaki toprak ve suyun özellikleri, aralarındaki ilişkiler, biyoçeşitlilik, insan faaliyetleri ile birlikte değerlendirilmelidir. Sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamaları ile küçük ve büyük ölçekte tarımsal faaliyetlerde bulunan üreticilere yönelik çok sayıda sosyo-ekonomik fayda sağlamaktadır. Sürdürülebilir, “üretken” ve “sağlıklı” topraklar, yüksek karbon içerikleri sayesinde iklim değişikliğinin tarım sektörüne yönelik olumsuz etkilerini de azaltmakta bu durum, çölleşme ve arazi tahribatının azaltılmasında etkili olabilmektedir. Sürdürülebilir Toprak Yönetimi Gönüllü İlkelerinde (FAO 2019), toprak erozyonu, toprak organik maddesi, toprakta besin elementi dengesi ve döngüsü, toprak tuzluluk ve alkaliliği, toprak kirliliği, toprak asitliği, toprak biyoçeşitliliği, toprak mühürlenmesi, toprak sıkışması ve toprak su yönetimi en önemli toprak göstergeleri olarak vurgulanmıştır.

Toprak kaynakları üzerinde tehdit oluşturan erozyon, organik madde içeriğindeki azalma, besin maddesi kayıpları, tuzlanma, asitlik-alkalilik, amaç dışı kullanımlar gibi olaylar çoğu zaman geriye dönüşümsüz sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, tarımsal faaliyetlerde toprak, su ve bitki kaynakları arasındaki hassas dengenin oluşturulmasında, yüksek verimliliğin yanı sıra insan sağlığını ve çevre kalitesini de korumayı amaçla yeni stratejilerin geliştirilmesi iklim değişikliğinin hızla yaşandığı günümüzde acil bir gerekliliktir.

Tarımda; nüfus, toprak ve gıda üretimi birbirleri ile ilişki içerisinde. Dünyada 8 milyara yaklaşan nüfus, 1 553 000 000 ha'ı tarla ve bahçe alanı olan toplam 4 795 342 747 700 ha alanda (tarla, bahçe, çayır ve mera) tarımsal üretimden faydalanmaktadır (Anonymus 2022). Mevcut durum bakımından kişi başına düşen işlenen tarım arazisi 0,19 ha'dır.

Türkiye'nin 78,36 milyon hektar olan yüzölçümünün %98,2'lik kısmı toprakla örtülüdür. Arazinin %29,6'sı tarımsal arazi (23,2 milyon hektar), %28,4'i orman ve fundalık arazi (22,3 milyon ha), %18,7'si çayır mera arazisi (14,6 milyon ha), %21,4'ü ise askeri bölge, sanayi bölgeleri, yerleşim bölgeleri vb. şeklinde (16,8 milyon ha) kullanılmaktadır. Türkiye'nin 2018 yılına göre tarım arazisi (tarla ve bahçe) varlığı 23,2 milyon hektardır. Çayır-mera arazisi dâhil edildiğinde bu alan 37,8 milyon ha'dır (Anonim 2019). Ülkemizin 84 Milyon olan nüfusu

bakımından kişi başına düşen tarım arazisi alanı 0,28 ha'dır. Bu değer 1990 yılı verilerine göre 0,50 ha/kişi olup, son 28 yıl içerisinde kişi başına düşen tarım arazisi önemli ölçüde azalmıştır. Buna göre, kısıtlı olan toprak kaynaklarının artan nüfus için yetersiz kaldığı ve bu kaynakların giderek azaldığı, tarım alanı potansiyeli mevcudunun korunması önemlidir.

Araştırma alanının yer aldığı Erzurum ilinin toplam arazi varlığı 2.533 000 ha olup, 2021 yılı verilerine göre toplam nüfusu 758 279 kişidir. Toplam tarım alanı varlığı da 460 000 ha olup, bu alan çayır mera alanları ile birlikte yaklaşık 2 000 000 ha civarındadır (Anonim, 2022 a.). Halen kişi başına düşen tarım arazisi 0,61 ha'dır.

Araştırmanın yürütüldüğü Erzurum ili Uzundere ilçesinin toplam arazi varlığı 48.345,7 ha olup, 2021 yılı verilerine göre toplam nüfusu 7.919 kişidir. Toplam tarım alanı varlığı da 6100 ha olup, bu alanının %15 meyve ve ağaçlık, %48,9 tarla alanı, %8,1'i çayır alanı, %27,8'i sebze bahçesidir. Tarım alanı varlığı, çayır mera alanları ile birlikte yaklaşık 18 572 ha civarındadır (Anonim 2022 b). Halen kişi başına düşen tarım arazisi 0,77 ha'dır.

Bu araştırma, Erzurum Uzundere vadisinde yer alan sebze yetiştirme amaçlı değerlendirilen tarım arazilerindeki toprakların, fiziksel ve mekaniksel özelliklerini belirlemek, bu özelliklerin toprak yönetim faaliyetleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve yöre üreticilerine etkin ve sürdürülebilir toprak yönetiminde toprak yapısının geliştirilmesi ile ilgili öneriler sunmak amacıyla yürütülmüştür.

KAYNAK ÖZETLERİ

Sürdürülebilir bir toprak yönetiminde toprak kalitesinin geliştirilmesi; fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörlerin izlenmesi, farklı yönetim süreçlerinde etkilenme ve değişim durumlarının ortaya konulması, toprağın bitkisel üretim gücünün devamlılığı için gerekli önlemlerin alınması ve müdahalelerin yapılması ile mümkündür. Bu amaçlarla yapılan uygulama ve araştırmalar hem mevcut durumun ortaya konulmasında hem de farklı uygulamaların etkilerinin ortaya konulmasında sürdürülebilirlik bakımından önemlidir. Toprak sisteminde katı, sıvı ve gaz fazların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanında, bu özelliklerin birbirlerini etkilemesi sonucunda gelişen fiziksel ve mekaniksel koşullar toprak yönetimini etkiler.

Toprak katı fazın statik özelliklerinden tekstür ve tane yoğunluğu, dinamik özelliklerinden hacim ağırlığı, organik madde içeriği, sıvı fazın özelliklerinden toprak su potansiyeli, su içeriği, toprak kimyasal özelliklerinden toprak reaksiyonu, değişebilir katyonlar ve katyon değişim kapasitesi gibi faktörler, toprağın ortaya koyduğu fiziksel ve mekaniksel tavır üzerinde etkilidir. Bunun sonucu olarak, toprakta gelişen sıkışma, penetrasyon direnci, kabuk oluşumu, nem potansiyeli ve su hareketi gibi karakteristik olaylar yersel ve zamansal olarak farklı düzeylerde ortaya çıkabilmekte ve değerlendirilmektedir. Bu karakteristik parametreler üzerinde toprak yönetimi uygulamaları da etkili olmaktadır. Bu parametrelerle ilgili olarak yapılan araştırmalar aşağıda verilmiştir.

Kurun ve Özdemir (1999) tarafından yürütülen araştırmada, bazı toprak özellikleri ile yapısal stabilite arasındaki ilişkilerin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu amaçla tarla tarımının yapıldığı alanlardan 20 cm toprak derinliğini temsil eden toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların organik madde, kil, silt ve kum içeriği, katyon değişim kapasitesi değerleri ile dispersiyon oranı, erozyon oranı ve kil oranı değerleri arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir.

Özdemir vd (2000), toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mekaniksel özellikler üzerine etkilerini incelemek amacıyla, tarla tarımı sürdürülen alanlardan toprak örnekleri almışlardır. Toprakların likit, plastik ve büzülme limiti, doğrusal uzama katsayısı değerleri üzerine toprak özelliklerinden kil, organik madde, katyon değişim kapasitesi, silt+kil, kum ve değişebilir sodyum şeklinde sıralandığı belirlenmiştir.

Atan (2007), farklı kullanım (kavak, buğday ve şeker pancarı yetiştiriciliği) altındaki toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, bozulmuş toprak örnekleri üzerinde fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini belirlemiştir.

Yüzey (0-30 cm) ve derin toprakta (30-60 cm) kavak yetiştiriciliği yapılan alanda hidrolik iletkenlik, buğday ve şeker pancarı yetiştiriciliği yapılan alanda K en yüksek değişkenlik gösteren özelliktir. ANOVA test sonuçlarına göre yüzey toprakta kil, silt, kireç, hidrolik iletkenlik, değişebilir Na ve K istatistiki olarak kullanım türlerinde farklı iken ikinci derinlikte 30-60 cm de kil, kireç, pH, hidrolik iletkenlik, KDK, değişebilir Na, K ve Ca+Mg farklı olduğunu vurgulamışlardır.

Turgut ve Öztaş (2012), mekansal değişimin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada, fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi için toprağın yüzeyinden ve sıkışmış katmanlarından örnekler alınmıştır. Araştırmaya konu toprak özelliklerinden kireç içeriğinin en yüksek değişkenliği gösterdiği, nispeten stabil olan özelliklerin ise pH ve hacim ağırlığı olduğu ve penetrasyon direnci değerlerinin 2.04 - 6.69 MPa arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca penetrasyon direnci değerleri ile organik madde miktarı, agregat stabilitesi ve nem içeriği değerleri arasında negatif bir ilişki olduğu ifade edilmiştir.

Ghorbani *et al.* (2017), organik madde, kum, silt ve kil gibi toprak özelliklerinden tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasının tahmininde hibrit bir program ve Ateşböceği Algoritması (Firefly Algorithm - FFA) geliştirebilmek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada, 215 toprak örneği kullanılarak ilgili parametrelere ait veriler elde edilmiştir. SVM-FFA modelinden elde edilen tahminler, SVM ve yapay sinir ağı (artificial neural network - ANN) modelleri ile karşılaştırılmıştır. Model sonuçları, hata ortalama karekökü (RMSE), korelasyon katsayısı (CC) ve bağıl ortalama kare hata (RRMSE) açısından SVM-FFA modelinin, SVM ve ANN modellerinden daha iyi tahmin değerleri sağladığı vurgulanmıştır.

Şenol (2017), Erzurum-Şenkaya-Gaziler yöresi toprak özelliklerinin tespit edilmesi, bu özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve toprak yönetim uygulamaları açısından önemli olan yersel değişkenlik haritalarının hazırlanması amacıyla yürüttüğü araştırmasında; toprak örneklerinin tekstür, organik madde içeriği, pH, kireç, katyon değişim kapasitesi, hacim ağırlığı, toplam porozite, agregat stabilitesi, kıvam limitleri, toprak nem karakteristikleri ve hidrolik iletkenlik gibi özellikleri belirlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, kil ve organik madde içeriği, kütle yoğunluğu hariç diğer toprak özelliklerini pozitif olarak etkilemiştir. Kum fraksiyonu ise kil fraksiyonunun aksine bir durum sergilemiştir. Araştırma alanına ait toprakların belirlenen özellikleri ile ilgili olarak hazırlanan yersel değişkenlik haritalarında toprak özelliklerinin değişimi birbirleriyle uyum içerisinde bulunmuştur.

Karaca *et al.* (2018), Van Gölü Havzası'nda toprak özellikleri ile farklı topografya ve arazi kullanımları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla üç farklı topoğrafyada (etek, yamaç

ve teras) ve üç farklı arazi kullanımına (buğday, yonca ve mera) sahip alanda 40 farklı noktada yüzey toprak örnekleri (0-20 cm) üzerinde çalışmışlardır. Araştırma konusu toprak özelliklerinden toprak tekstürü, elektriksel iletkenlik, pH, kireç içeriği, organik madde içeriği, makro ve mikro besinler arazi kullanımı ve topografyaya bağlı olarak değiştiği çalışmada vurgulanmıştır.

Polat ve Öztürkmen (2019), bitkisel üretim yapılan ve yapılmayan alanlarda toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, organik madde içeriği, kireç içeriği, agregat stabilitesi, penetrasyon direnci, tarla kapasitesi, devamlı solma noktası, yarayışlı su kapasitesi, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik gibi toprak fiziksel özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre bitkisel üretim yapılan ve yapılmayan alanlardan alınan topraklarda pH, hacim ağırlığı, EC, kireç içeriği değerlerinde önemli farklılığa rastlanmamıştır. Ancak, tarla kapasitesi, yarayışlı su kapasitesi, devamlı solma noktası, organik madde içeriği, agregat stabilitesi değerlerinin tarımsal faaliyet yapılmayan alanlarda yapılan alanlara göre daha iyi olduğu vurgulanmıştır.

Negiş ve Şeker (2019), buğday ve şeker pancarı yetiştirilen arazilerde yürüttükleri araştırmalarında, toprakların kalite indislerinin ve skorlamanın geliştirilmesi için toprak özelliklerinin ölçüm ve analizlerini yapmışlardır. Araştırmada toprakların kalitelerinin belirlenmesi için değerlendirilen fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerden; seçilen fiziksel özellikler; faydalı su içeriği, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi ve penetrasyon direnci, kimyasal özellikler; yarayışlı fosfor, mangan, potasyum, bakır ve pH, biyolojik özellikler; aktif karbon, kök sağlığı değeri, potansiyel mineralize olabilir azot ve organik madde olarak belirlenmiş ve skorlama modelleri oluşturulmuştur. Araştırmada elde edilen minimum veri setinin, toprak kalitesinin zamansal değişkenliğinin izlenmesinde, mevcut ve potansiyel problemlerin belirlenmesinde, verimliliğin ve sürdürülebilirliğin devamı veya artırılmasında kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Kutay (2019), Yalova ilinde mera, tarla ve bahçe olarak farklı arazi kullanımı altındaki toprakların iki farklı katmanından (0-20 cm ve 20-40 cm) aldığı toprak örnekleri üzerinde toprak özelliklerini belirlemek ve değerlendirmek amacıyla araştırmasını yürütmüştür. Araştırmada, kil ve kum içerikleri, organik madde, toprak reaksiyonu (pH), kireç, elektriksel iletkenlik, katyon değişim kapasitesi, kütle yoğunluğu, doymun hidrolik iletkenlik, agregat stabilitesi değerleri arazi kullanımı ve örnekleme derinliği bakımından farklı bulunmuştur.

Altun (2019), Erzurum ili Uzundere ilçesi merkez ve köylerinde meyve ve sebze bahçelerinden örneklenen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek ve toprakların beslenme ve verimlilik durumlarını değerlendirmek amacıyla araştırmasını

yürütmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, toprak örneklerinin reaksiyonlarının nötr ve hafif alkalın, kireç içerikleri az ve orta, organik madde içerikleri orta ve yeterli, elverişli P₂O₅'in orta ve yeterli ve tuzsuz sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Turgut vd (2008), toprak sıkışmasının penetrasyon ölçümleriyle belirlenmesi ve bu parametreye etkili olabilecek toprak özelliklerini değerlendirmek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Bu amaçla arazide penetrasyon direnç değerleri ölçülmüştür. Araştırmada, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri (nem içeriği, toprak tane büyüklük dağılımı, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, agregat büyüklük dağılımı, pH, kireç, elektriksel iletkenlik ve organik madde içeriği) belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, penetrasyon direnci üzerinde etkili olan toprak özelliklerinin nem içeriği, hacim ağırlığı, organik madde içeriği ve üst toprak katmanı için silt içeriği olduğu belirlenmiştir.

Turgut vd (2010), toprak özellikleri ile penetrasyon direnç değerleri arasındaki ilişkileri değerlendirmek amacıyla çalışmalarını yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, üst toprak katmanı penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerinin doğrudan etki değerleri; silt içeriği=kum içeriği=kil içeriği>agregat stabilitesi>ortalama ağırlık çap>kireç içeriği>organik madde içeriği>hacim ağırlığı olmuştur. Bu özelliklerden agregat stabilitesinin, kil içeriğinin ve ortalama ağırlık çap değerlerinin penetrasyon direncine etkisi negatif, diğer özelliklerin etkileri pozitif olmuştur.

Gao *et al.* (2012), araştırmalarında farklı organik karbon içeriğine sahip tınlı kum ve siltli kil tekstüründeki toprak örnekleri üzerinde sıkışma ve kurumunun toprak penetrasyon direnci üzerine etkilerini çalışmışlardır. Çalışmada, sıkıştırma ve toprak kurummasının penetrometre direnci üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla ampirik bir model geliştirmişler ve arazi verileri üzerinden modeli test etmişlerdir. Sonuç olarak ölçülen penetrometre verilerindeki varyansın yaklaşık %60'ını çalışılan model ile açıklanabildiği çalışmada vurgulanmıştır

Cambaztepe (2018), farklı bünyedeki (SL, L, C) toprakların kıvam limitleri ve Proctor sıkışma testi parametreleri üzerine arıtma çamuru uygulamalarının (%0, %2, %4, %8) etkilerini ortaya koymak amacıyla laboratuvar şartlarında yürüttüğü araştırmasında, arıtma çamuru (AÇ) uygulamasının toprak mekanik özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiğini ve toprağın sıkışabilirliğini azaltıldığını vurgulamıştır. Araştırmada, arıtma çamuru uygulamasının toprağın optimum nem içeriği değerlerini arttırdığı, maksimum hacim ağırlığı değerlerini azalttığı kaydedilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, arıtma çamuru uygulanmış toprakların kontrolleri ile kıyaslandığında daha yüksek nem içeriklerinde daha fazla dağılıbilir olduğunu ve daha az sıkışmanın meydana geleceği belirlenmiştir.

Toprak strüktürü bitki gelişimi üzerine doğrudan ve dolaylı etkiler sergiler. Doğrudan etki, mekanik bir engel olarak ortaya çıkar. Toprak yüzeyinde gelişen kaymak tabakası fide çıkışlarına, pulluk derinliğinde gelişen pulluk tabanı ise kök gelişimine karşı mekanik engel oluşturur. Toprak yüzeyinde gelişen kaymak tabakası, yağış veya toprağa uygulanan sulama suyundan sonra zayıf agregatların gevşemesi, dispersleşmesi, çökme sürecinde gözeneklerin tıkanması, kuruma sürecinde yüksek yoğunlukta kalınlığı 1 mm'den 5 cm değişen bir tabakadır (Canbolat 1990). Toprakta organik madde içeriğinin azalması, Na içeriğinin, ince kum ve silt içeriğinin artması, agregasyonun zayıflaması kaymak tabakası oluşumunu güçlendirir. Yapılan araştırmalarda toprak yüzeyinde gelişen kaymak tabakası sertliği kırılma değeri yöntemi ile tayin edilmiştir. Kırılma değeri, bir malzemenin kırılmadan dayanabileceği birim alan başına maksimum kuvvet olarak tanımlanabilen toprak mukavemetini ölçmek için kullanılan dolaylı bir yöntemdir. Hillel (2013), kırılma değerini, toprak tanelerinin ayrılması veya kopması için gerekli kuvvet olarak tanımlamıştır.

Canbolat ve Demiralay (1995), toprağa organik materyal ilave edilmesinin, toprağın agregat stabilitesinde ve briket hacim ağırlığında ortaya çıkarabileceği değişimlerin kırılma değeri ile ilişkilerini araştırmışlardır. Toprağa ilave edilen organik materyal miktarının artışına bağlı olarak, toprak biriket hacim ağırlığı ve kırılma değerlerinde önemli derecede azalma; agregat stabilitesinde ise önemli derecede artışlar kaydedilmiştir. Agregat stabilitesi ile kırılma değerleri arasında önemli negatif ilişkiler; briket hacim ağırlığı ile kırılma değerleri arasında da önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Valentin (2005), yarı kurak kumlu toprakların yüzey kabuklarının oluşum süreçlerini, toprak-kabuk tiplerini, hidrolojik ve ekolojik fonksiyonlarını ve tarımsal yönetim açısından önemini değerlendirmek amacıyla bu araştırmayı yürütmüştür. Araştırmada kaba bünyeli topraklarda gelişen kabukların rüzgar erozyonu zararlarını azalttığı ancak oluk erozyonuna neden olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca toprak su dengesine olan etkilerinden dolayı yarı kurak kumlu bölgelerde su ve arazi yönetimi için toprak kabuklarının mekansal ve zamansal dağılımının dikkate alınmasının önemi de vurgulanmıştır.

Hardy *et al.* (1983), kumlu tın ve siltli tın tekstür sınıfındaki topraklar üzerinde oluşan kabuğun stabilitesini incelemek; bu kabuklar üzerine tuzlu su uygulaması sonrasında kabuğun stabilitesini değerlendirmek amacıyla araştırmalarını yürütmüşlerdir. Araştırmada, kabuk gelişen siltli tınlı topraktaki taneler arasındaki kohezyonun stabiliteyi artan yönde etkilediği, ancak kumlu tın tekstüründeki toprakta taneler arasındaki kohezyonun benzer bir etki ortaya koymadığı belirlenmiştir.

Gillette *et al.* (1982) araştırmalarında kil kabuklarının direncini test etmişlerdir. Topraklar üzerinde ayrıca kil içeriği, suda çözüner tuz içeriği, kalsiyum karbonat, organik madde içeriği kırılma değeri ve kabuk kalınlığı gibi parametreler belirlenmiştir. Araştırmacılar, toprak yüzeyinde gelişen kil kabuklarının kırılma değeri 0,7 bar'dan ve kabuk kalınlığının 0,3 cm'den daha büyük olması durumunda toprağı rüzgar erozyonuna karşı koruyabildiğini kırılma değeri 2 bar'dan büyük olması durumunda önemli bir rüzgar erozyonu probleminin yaşanmadığını kaydetmişlerdir. Araştırmada kabuğun kırılma değeri kilin yüzdesi ile orantılı olduğu, yüksek oranda değişebilir sodyum kabuğu güçlendirdiği, CaCO₃'ün , kil yüzdesi ile orantılı olarak kabuğun kırılma değeri artırdığı tespit edilmiştir.

Serawat *et al.* (2020), Hisar / Haryana / Hindistan'da toprağın kabuk oluşturma indeksi olarak kırılma değeri üzerine etkili olan farklı fiziko-kimyasal toprak özelliklerini çalışmışlardır. Araştırma, 21 lokasyonda kumdan siltli killi tına kadar değişen bir tekstür yelpazesine 0-5 ve 5-15 cm derinliklerden örneklenen topraklar üzerinde yürütülmüştür. Örneklere organik karbon içeriği, agregat büyüklüğu, ortalama ağırlık çapı ve kırılma değeri standart yöntemler kullanarak belirlemişlerdir. Farklı toprak özelliklerinin toprak kırılma değeri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Her iki derinlikte (0-5 ve 5-15 cm) farklı tekstürlü toprakların kırılma değeri ve agregat stabilitesi ile toprağın organik karbon içeriği arasında pozitif doğrusal bir ilişki kaydedilmiştir. Kırılma değeri, silt + kil ve agregat stabilitesi ile yüksek ilişkiler ortaya koymuştur.

İmamoğlu ve Dengiz (2018), Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde bulunan Samsun ilinde toprakta kabuk oluşumu ile tarım orman ve mera alanları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmada, mera, orman ve tarım alanlarından örneklenen örnekler üzerinde bazı fiziksel (bünye, hacim ağırlığı, kabuk oluşum değeri ve hidrolik geçirgenlik) ve kimyasal (EC, pH, kireç, organik madde, fosfor ve potasyum) analizler yapılmıştır. Araştırmanın sonucuna göre genel olarak toprak kabuk oluşumunun şiddetli sınıfında olduğu gözlemlenmiştir. Kabuk oluşumu ile mücadele etmek için toprağa organik madde ilave edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Salih and Maulood (1988), kabuk oluşturma eğilimleri farklı olan 2 toprakta toprak kırılma değeri üzerine, ıslanma ve kuruma döngüsü ile sıcaklığın etkilerini tarla koşullarında incelemişlerdir. Islanma ve kuruma sıcaklığındaki artışla kırılma değeri azalmıştır. Siltli killi tın tekstüründeki toprağın kırılma değeri, ıslanma ve kuruma döngülerinin sayısındaki artışla azalırken, Al-Wahda'daki toprağın ilk 4 ıslanma ve kuruma döngüsü sonrasında arttığı ve sonrasında azaldığı kaydedilmiştir. Farklı ıslatma ve kurutma işlemleri altında kırılma değeri azalma, toprak agregatlarının stabilitesi ile ilişkilendirilmezken, kırılma modülü,

toprak briketlerinin büzülme derecesi ile ilişkili bulunmuştur. Toprak briketlerindeki düşük büzülme, düşük kırılma değerini sağlamıştır.

şeker ve Karakaplan (1999), toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Toprak örneklerinden silt yüzdesi, dispersiyon oranı, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireç, suda çözünebilir kalsiyum, magnezyum, sodyum, sülfat ve klor içerikleri ile kırılma değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli pozitif ilişkiler; kum yüzdesi, agregat stabilitesi, değişebilir kalsiyum, potasyum ve suda çözünebilir bikarbonat içerikleri ile kırılma değerleri arasında ise önemli negatif ilişkiler saptanmıştır. Tane yoğunluğu, tarla kapasitesi, solma noktası, kil yüzdesi, pH, katyon değişim kapasitesi, değişebilir magnezyum ve sodyum içerikleri, değişebilir sodyum yüzdesi ve suda çözünebilir potasyum içeriği ile kırılma değerleri arasındaki ilişkinin istatistiksel bakımdan önemli olmadığını bulmuşlardır.

Aylmore and Sills (1982), araştırmalarında toprakların strüktürel stabilitesini karakterize etmek için kırılma değeri parametresini değerlendirmişlerdir. Toprakların kırılma değerinin değişebilir sodyum yüzdesinin artışına bağlı olarak arttığını, yapısal bağların gücü ve devamlılığı üzerine organik maddenin toprağa ilave edilmesi sırasında toprakta mevcut değişebilir katyonların da etkili olduğu kaydedilmiştir.

Toprak ortamının sahip olduğu hidrolik durumunun değerlendirilmesinde, toprak ve suyun özelliklerine ait verilere ihtiyaç duyulur. Günümüzde bu verilerin daha yoğun bir şekilde tarım, hidroloji, inşaat mühendisliği, jeoloji, evre bilimleri vb. bilim alanlarında kullanılması yoğunlaşmıştır. Bu durum söz konusu bilim alanlarında, başta toprak nem dinamiğine yönelik araştırmalar olmak üzere yrtlen araştırmalarda yeni fırsatların gelişmesine imkan tanımıştır (Turan 2019). Ancak, toprak bilgi sistemi içerisinde rutin olarak yer alan toprak özelliklerine (tekstür, strüktür, organik madde içeriği gibi) ait veriler içerisinde hidrolik özelliklerden nem karakteristik parametreleri ve doğun hidrolik iletkenlik gibi toprak hidrolik özellikleri nadiren bulunur. Bu konuda toprak bilgi sistemlerinden alınan veri desteği ile bu özelliklerin ortaya konulması üzerinde seksenli yıllardan günümüze kadar çok sayıda araştırma yapılmıştır. (Patil ve Singh, 2016). Toprak nem karakteristik parametrelerinden tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası, aynı zamanda toprağın hidrolik özelliklerinden olup, sulama zamanını ve oranını hesaplamasında ihtiyaç duyulan özelliklerdir (Rab *et al.* 2011). Toprağın su iletim yeteneğini belirleyen toprak hidrolik iletkenliği de, hidrolik döngüde toprak hava su oranı üzerine etkili olan, bitkiler için besin maddelerinin taşınımını ve yarayışlı suyun topraktaki ieriğinide etkilemesi bakımından önemlidir. Ayrıca toprak strüktürünün hidro-mekaniksel açıdan davranışının değerlendirilmesinde de hidrolik iletkenlik önemlidir. Hidrolik iletkenlik, tane büyüklük dağılımı, tane şekli, etkili gözeneklilik ve agregatlaşma ile ilişkilidir (Rosas *et al.*

2014). Bu nedenle hidrolik iletkenlik, bütün toprak özellikleri arasında en büyük değişkenliğe sahip bir özelliktir.

Canbolat (1999), toprak nem karakteristiklerinden tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesinin; tane büyüklük dağılımı ve organik karbon içeriğinden tahmin edilmesini sağlayacak uygun regresyon eşitlerini saptamak amacıyla bir araştırma yürütmüştür. Tekstürel fraksiyonlardan kum, tarla kapasitesi ve yarayışlı 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, kil fraksiyonu ile de önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Silt fraksiyonu, ile yarayışlı nem kapasitesi arasında %1, tarla kapasitesi arasında da %5 düzeyinde önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Organik karbon içeriği ile tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesi arasında önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

Qiao *et al.* (2019), tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasının tahmininde toprak özelliklerinden organik madde içeriği, kum, silt ve kil fraksiyonunu kullanarak pedotransfer fonksiyonların geliştirilmesi amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasının varyasyon katsayılarının sırasıyla %11 ve %23 olduğu orta düzeyde varyasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası, kum, silt, kil ve organik karbon ile önemli korelasyonlar ($P < 0.01$) ortaya koyduğu vurgulanmıştır.

Tane büyüklük dağılımı ile birlikte toprak organik maddesi ortamın gözeneklilik durumunu dolayısıyla toprak geçirgenliğini etkilediği için önemlidir. Bundan dolayı, bir toprağın kil, silt veya kum içeriği, hidrolik iletkenliğin tahmininde önemli değişkenlerdir (Sarki *et al.* 2014). Bu nedenle, başta toprak tekstürü olmak üzere farklı toprak özellikleri doygun hidrolik iletkenlik gibi toprak hidrolik özelliklerinin yaygın olarak kullanılmıştır (Saxton and Rawls 2006; Odong 2008).

Salarashayeri and Siosemarde (2012), doygun hidrolik iletkenlik ve tane büyüklük dağılımı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmalarında kaba bünyeli toprak örnekleri kullanmışlardır. Araştırma sonucunda geliştirdikleri çoklu linear regresyon analizi sonucunda etkili tane çapı (D_{10}) değerinin hidrolik iletkenlik üzerinde önemli bir rol oynadığını ve hidrolik iletkenlik hesaplamalarında kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Karahan ve Erşahin (2016), doygun hidrolik iletkenlik üzerine bazı toprak parametrelerinin etkilerini çalıştıkları araştırmalarında toprak tekstürü, hacim ağırlığı, toprak reaksiyonu, toprak nem karakteristikleri, spesifik yüzey, agregat stabilitesi, organik madde ve

kalsiyum karbonat içeriğini belirlemiştir. Toprak tekstürünün, gözenek büyüklük dağılımının ve miktarının doymun hidrolik iletkenlik üzerinde önemli ölçüde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Turan (2019) tarafından yürütölen bu araştırmada, doymun hidrolik iletkenliğin dolaylı olarak belirlenmesi ve sonuçların literatür de mevcut pedotransfer modellerle karşılaştırması amaçlanmıştır. Örneklerin bazı fiziksel, mekaniksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Tane büyüklük dağılımı, kütle yoğunluğu, porozite ve doymun hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Toprakların tayin edilen hacim ağırlığı, toplam porozite ve doymun hidrolik iletkenlik değerleri ile toprak özellikleri arasında çoklu lineer regresyon katsayılarının basit regresyon katsayılarından yüksek olduğu kaydedilmiştir.



MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma alanının tanımı

Uzundere ilçesi, Doğu Anadolu Bölgesi'nden Karadeniz Bölgesi'ne geçiş kuşağında olup, denizden yüksekliği 1050 metredir. İlçe, kuzeyde Artvin - Yusufeli, güneyde Tortum, doğuda Oltu ve batıda İspir ilçeleriyle komşudur (Şekil 1). Uzundere İlçesi coğrafi konumu itibariyle Tortum Çayı vadisinde konumlanmış olup, vadi tabanında tarım alanı olarak değerlendirilen alüvyal düzlükler yer almaktadır. Havzada tarımsal alanlar dışındaki arazi topografyasında oldukça engebeli bir yapı hakimdir (Atalay 1988).

Jeolojik ve jeomorfolojik özellikler

Havzada belirli jeolojik zamanlarda çökelen filiz ve kireçtaşı, kalın bir tortul çökelti meydana getirmiştir. Söz konusu alanda bazalt ve andezitlerle birlikte lav ve tüf gibi çoğunlukla volkanik kaynaklı olan jeolojik yapı ile birlikte tektonik hareketler ve iklimsel olaylar dar ve derin vadiler ile tepelik ve dağlık alanlar gibi farklı jeomorfolojik oluşumlara neden olmuştur. Havzanın oluşum sürecinde, akarsular yöreyi derin şekilde parçalayarak sahanın plato özelliği kazanmasını sağlamış, vadiler boyunca gevşek yapıda çakıl, kum ve kilden oluşan dolgular gelişmiştir (Atalay 1988, Hassan 2015).

Toprak özellikleri

Tortum vadisinde az eğimli yerler meyve ve sebze bahçeleri bunların dışında kalan kesimler ise otlak alanlar olarak değerlendirilmektedir. Yörede eğim değerlerinin jeomorfolojik yapıya bağlı olarak yüksek ($>20^\circ$) olması sonucu oluşan erozyon, aşınma olaylarına neden olmakta, aşınıp taşınan materyal eğim değerlerinin azaldığı eteklerde ve dar vadi tabanı düzlüklerinde toplanmaktadır. Bu süreçte ince fraksiyonların uzaklaşması, toprakta kaba fraksiyonların artışına neden olmaktadır (Atalay 1988). Uzundere İlçesi'nde Tortum Çayı Vadisi ve bu vadiye batı ve doğudan birleşen vadi tabanları ile özellikle $5^\circ-10^\circ$ eğim değerleri gösteren birikinti koniler üzerinde kolüvyal toprak örtüsü görülmektedir. Azonal toprak ordosunda değerlendirilen kolüvyal topraklar, vadi tabanına veya az eğimli yamaçlarda kalker, marn, konglomera, andezit, bazalt ve tüflerden oluşmuş heterojen unsurların bir yerde birikmesiyle oluşmuş materyallerden meydana gelmiş AC horizonlu topraklardır. Tortum çayı havzasında çok geniş bir sahada zonal toprak ordosundaki büyük toprak gruplarından kestane

İklim özellikleri

Bölgenin iklimi, kışları soğuk ve uzun, yazları serin ve kısa geçen karasal bir iklimdir (Hassan 2015). Bölgenin iklim verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 12,2°C, yıllık yağış 275,5 mm, ortalama nispi nem %51,7'tür. Bölgeye Nisan Ağustos ayları içinde en fazla yağış (yağmur) Mayıs ayında (66,4 mm) ve en az yağış ise Ağustos ayında (18,3 mm) düşmektedir. Yağışın yaklaşık %50'si Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında düştüğünden, bu üç aylık dönemde toprak sürekli nemli kalmakta, bu dönemi takip eden üç ay içerisinde de (Temmuz-Ağustos-Eylül) ise kurak bir dönem yer almaktadır. Toprak sıcaklığı uzun yıllar ortalamasına göre, mart ayından itibaren 5°C'nin üzerine çıkmaktadır. Yıllık ortalama toprak sıcaklığı 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm ve 100 cm toprak derinliklerinde sırasıyla 14,1°C, 13,9°C, 13,7°C, 13°C ve 12,6 °C'dir (Tablo 1). Uzundere'de kuzeydoğu ve güney yönünden esen rüzgarlar hakimdir. Mevsimler dikkate alındığında, kış ve ilkbahar mevsimlerinde güney, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise kuzeydoğu yönlü rüzgarlar hakimdir (MGM 2021). Sahada ilkbahar yağışları ve özellikle kar erimeleriyle kazanılan suyun buharlaşma miktarından fazla olduğu dönemlerde toprak, suya doymaktadır. Ancak haziran ayından başlayarak yaz dönemi boyunca su noksanı görülmektedir. Eylül ayından itibaren yağışların artması ve buna mukabil buharlaşmanın azalması, toprakta yeniden su tutulmasını sağlamaktadır (Hassan 2015).

Tablo 1. Erzurum İli Uzundere İlçesi Uzun Yıllar İklim Verileri (MGM 2021)

Parametre	Enlem: 40,5238 Boylam: 41,5518 Yükseklik: 1151,0 m												
	Aylar												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	0,1	2,4	6,8	11,4	15,9	20,5	23,5	23,9	20	13,7	6,3	1,4	12,2
Aylık Ort. Mak. Sıcaklık (°C)	4,9	8	12,8	18	22,6	27,7	30,9	31,2	27	19,8	11,8	6,3	18,4
Aylık Ort. Min. Sıcaklık (°C)	-3,5	-2	1,9	5,9	10,4	14,3	17,3	17,5	13,6	8,4	2,3	-2	7
Aylık Toplam Yağış Ort. (mm)	8,5	7,3	16,5	32,1	66,4	35,7	21,5	18,3	11,4	20,5	14,9	11,4	275,5
Aylık Ort. Nispi Nem (%)	61,7	54,7	49,6	48,7	53,4	48,7	45,6	43,8	44,1	51,2	56	62,3	51,7
Aylık Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	1	1,3	1,9	2,1	1,8	2,1	2,7	2,6	2,2	1,5	1	0,8	1,8
Aylık Ort. 5 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	-0,1	2,5	8,1	13,4	18,6	24,3	27,8	28	23,5	15,3	6,4	1,3	14,1
Aylık Ort. 10 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	0,1	2,4	7,9	13	18	23,5	27	27,4	23,1	15,3	6,9	1,7	13,9
Aylık Ort. 20 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	0,5	2,3	7,4	12,3	17,3	22,7	26,2	26,8	23	15,7	7,6	2,4	13,7
Aylık Ort. 50 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	1,1	1,8	6,3	10,6	15,6	20,5	23,6	24,9	22,3	16,4	9,2	3,6	13
Aylık Ort. 100 cm, Toprak Sıcaklığı (°C)	2,7	2,4	5,5	9,2	13,7	18,2	21,5	23	21,4	16,9	11,1	5,6	12,6

Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Araştırma, Tortum Gölü'nün güney batı yönünde, Uzundere Vadisinden alınan toprak örnekleri üzerinde yürütülmüştür. Toprak örneklemede arazi kullanım şekli bakımından sebze üretim alanı olarak değerlendirilen 8 farklı yerde 0-20 cm toprak katmanından bozulmuş toprak örnekleme yapılmıştır. Arazi çalışmasından sonra laboratuvara getirilen toprak örnekleri oda sıcaklığında havada kurutulup 2 mm'lik elekten elenmiş ve analizler yapılmak üzere plastik kutularda muhafaza edilmiştir. Arazi kullanımları, arazi gözlemleri ve topoğrafik haritalar kullanılarak topoğrafik özellikler ve arazi/toprak özellikleri temelinde tespit edilmiştir. Toprakların morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri arazi gözlemleri ve laboratuvar analizleri ile incelenmiştir.

Yöntem

Araştırma konusu toprak örnekleri üzerinde aşağıda belirtilen analizler yapılmış ve istatistiksel değerlendirmeler uygulanmıştır.

Toprak tekstürü

Toprak örneklerinin Bouyoucos hidrometre yöntemi ile yapılan mekanik analizinde belirlenen kum, silt ve kil fraksiyonu oran değerleri kullanılarak tekstür üçgeni üzerinden tekstür sınıfı belirlenmiştir (Demiralay 2013).

Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak örneklerinin reaksiyonu (pH), hazırlanan 1:1 oranındaki toprak:su süspansiyonunda pH metreyle ölçülmesinden (Mc Lean 1982) belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2.'e göre değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Reaksiyon Sınıfları ve pH Değerleri (Ditzler *et al.* 2017)

Reaksiyon	Sınıf
Fevkalade asit	<4,5
Çok kuvvetli asit	4,5-5,0
Kuvvetli asit	5,1-5,5
Orta derecede asit	5,6-6,0
Hafif asit	6,1-6,5
Nötr	6,6-7,3
Hafif alkalın	7,4-7,8
Orta derecede alkalın	7,9-8,4
Kuvvetli alkalın	8,5-9,0
Çok kuvvetli alkalın	>9,1

Elektriksel iletkenlik

Toprak örneklerinin elektriksel iletkenliği, 1:1 oranında hazırlanan toprak:su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aletinde iletkenliğin ölçülmesinden (Demiralay 2013) belirlenmiş ve Tablo 3'e göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Toprak Tuzluluk Sınıfları ve Bitki Gelişimi (Ditzler *et al.* 2017; FAO 2022)

Tuzluluk sınıfı	Elektriksel iletkenlik, dS/m	Bitki gelişimi
Tuzsuz	0<2	Tuzluluğun etkisi ihmal edilebilir.
Hafif Tuzlu	2<4	Tuza hassas bitkilerde verim kısıtlanabilir.
Orta tuzlu	4<8	Birçok bitkinin verimi kısıtlanır.
Çok tuzlu	8<16	Sadece tuza toleranslı bitkilerden verim alınabilir.
Çok fazla tuzlu	≥16	Sadece tuza çok toleranslı birkaç bitkiden verim alınabilir.

Kireç

Toprak örneklerinin kireç içerikleri, Scheibler kalsimetresiyle CaCO₃'ün hidroklorik asitle nötralizasyonundan açığa çıkan CO₂ gazının hacminin ölçülmesiyle belirlenmiş (Aydın ve Sezen 1995) ve sonuçlar Tablo 4'e göre değerlendirilmiştir.

Tablo 4. Toprak Kireç İçeriği Sınıfları (Sezen ve Aydın 1995)

Kireç, %	Sınıf
<1	Az kireçli
1-5	Kireçli
5-15	Orta kireçli
15-25	Fazla kireçli
>25	Çok fazla kireçli

Organik madde

Toprakların organik madde içeriği, Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiş (Nelson and Sommers 1982), sonuçlar Tablo 5'e göre değerlendirilmiştir.

Tablo 5. Toprakların Organik Madde İçeriğine Göre Sınıflandırılması (Ülgen ve Yurtsever 1995)

Organik madde, %	Sınıf
<1	Çok az
1,1-2	Az
2,1-3	Orta
3,1-4	Fazla
>4,1	Çok fazla

Kasyon değişim kapasitesi

Kasyon değişim kapasitesi, sodyum asetat-amonyum asetat yöntemi ile atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir (Rhoades 1982).

Değişebilir kasyonlar

Toprağın değişebilir kasyonları, amonyum asetat yöntemi ile belirlenmiştir (Rhoades 1982).

Tane yoğunluğu

Toprak örneklerinin tane yoğunluğu ($\rho_p, g\ cm^{-3}$), piknometre yöntemiyle tayin edilmiştir (Demiralay 2013).

Hacim ağırlığı

Örneklerin hacim ağırlığı ($\rho_b, g\ cm^{-3}$), bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak silindir yöntemi ile belirlenmiştir (Tüzüner 1990). Yöntemde, 5cm x 5cm boyutlarındaki tabanı gözenekli geçirgen malzeme ile kapatılmış olan çelik silindir içerisine toprak örneği (<2 mm) üç katman halinde doldurulmuş, her bir katmanın silindire yerleşmesi amacıyla silindir 2 cm yükseklikten 20 defa serbest düşürülerek, toprağın silindir içerisinde istiflenmesi sağlanmıştır. Silindir iğerisindeki hava kurusu örneğin fırın kurusu ağırlığı, silindirin iç hacmine oranlanıp örneklerin hacim ağırlığı değerleri hesaplanmıştır.

Toplam Porozite

Toplam porozite (n, %), toprağın hacim ağırlığı ve tane yoğunluğundan aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Demiralay 2013).

$$n = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \times 100$$

Penetrasyon direnci

Örnekleme alanında penetrasyon direnç ölçümleri dijital penetrologger (Şekil 2) kullanılarak yapılmıştır (Lowery and Morrison 2002). Söz konusu cihaz, 80 cm toprak derinliğine kadar her bir cm için 0-10 MPa arasında ölçüm yapabilen özelliğe sahiptir. Ölçümlerde 60° (NEN 5140, 1996) ve 1 cm² taban alanına sahip koni şeklinde uç kullanılmıştır. Araştırmada ölçülen toprak penetrasyon direnç değerleri Tablo 6'ya göre değerlendirilmiştir (Schoeneberger *et al.* 2012).

Tablo 6. Toprak Penetrasyon Direnç Değerlerine Ait Sınıflar (Schoeneberger *et al.* 2012)

Penetrasyon direnci sınıfı	Penetrasyon direnci değeri, MPa
Aşırı düşük	$< 0,01$
Çok düşük	$0,01 < 0,1$
Düşük	$0,1 < 1$
Orta	$1 < 2$
Yüksek	$2 < 4$
Çok yüksek	$4 < 8$
Aşırı yüksek	≥ 8



Şekil 2. Arazide penetrasyon direnç ölçümlerinin yapıldığı dijital penetrometre

Sıkışma eğrisi

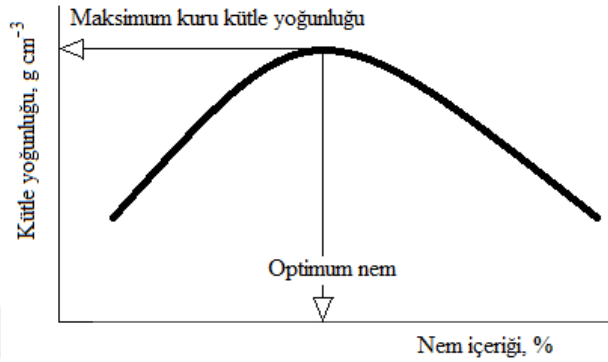
Toprak sıkışma eğrisi, standart Proctor yöntemi ile belirlenmiştir (Head, 1984). Yöntemde 4,76 mm'lik elekten elenmiş yaklaşık 3 kg hava kurusu toprak örnekleri her sıkıştırma testi için farklı nem içeriğinde nemlendirilerek sıkıştırma silindirine (iç çapı 102 mm, yüksekliği 115 mm) 3 tabaka halinde yerleştirilmiş, her tabakaya 30,48 cm'lik yükseklikten Proctor çekici (iç çapı 50,8 mm, ağırlığı 2,495 kg) ile sıkıştırma amaçlı 25 darbe uygulanmıştır. Yapılan her bir sıkıştırma testinden sonra silindirdeki örneğin nem içeriği ile birlikte silindir içeriğinin kütlesi belirlenmiştir. Nem içeriğine karşılık gelen kuru durumdaki kütle yoğunluğu değerleri aritmetiksel bir grafik kağıdına işlenerek sıkışma eğrisi çizilmiştir (Şekil 3), eğri üzerinden optimum nem içeriği ve maksimum kütle yoğunluğu parametreleri elde edilmiştir.

Yöntemde sıkıştırma enerjisi ($592,7 \text{ kJ m}^{-3}$) aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır (Kayabali 2020).

Sıkıştırma enerjisi

$$= \frac{\text{Çekicinin kütlesi kg} \left(9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right) (\text{düşüş yüksekliği m}) (3 \text{ tabaka}) \left(25 \frac{\text{düşüş}}{\text{tabaka}}\right)}{0,944 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$= \dots \text{ kJ m}^{-3}$$



Şekil 3. Toprak sıkıştırma eğrisi

Toprak kırılma değeri

Toprak kırılma değeri (modulus of rupture), Richards' ın (1953) geliştirdiği kırılma değeri ölçüm yöntemi ile belirlenmiştir. Yöntemde briket kalıpları içerisine hava kurusu toprak örnekleri (<2 mm) doldurulmuş, kalıpların içeriği kapillarite ile ıslatılmış ve 50°C kurutulmuştur. Hazırlana toprak briketleri kırma ağına (Şekil 4) yerleştirilip, üzerine uygulanan kuvvetle briketin kırılması anındaki kırma kuvveti değeri belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak kırılma değeri bulunmuştur (Canbolat 1990)

$$S = \frac{3FL}{2bd^2} \times 10^{-4}$$

S: Kırılma değeri, kPa

F: Brikete uygulanan kırma kuvveti, dyn

L: Briketin yerleştirildiği destekler arası uzaklık, cm

b = Briketin kırılma yüzeyinde eni, cm

d = Briketin kırılma yüzeyinde kalınlığı, cm



Şekil 4. Toprak biriketi kırma aygıtı

Toprak nem karakteristik parametreleri

Toprak nem karakteristik parametreleri, basınç ekstraktörlerine (Şekil 5.) seramik tabla üzerinde yerleştirilen doymuş toprak örneklerine uygulanan tarla kapasitesi için 1/3 atm ve devamlı solma noktası için 15 atm hava basıncı koşullarında örneklerin hidrolik denge durumuna gelmeleri sağlandıktan sonra gravimetrik olarak tayin edilen nem içeriklerinden belirlenmiştir (Demiralay 2013).



Şekil 5. Nem karakteristik parametrelerinin tayininde kullanılan basınç ekstraktörleri

Hidrolik iletkenlik

Toprak örneklerinin doymun durumda hidrolik iletkenliği ($k_s, cm s^{-1}$), sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile tayin edilmiştir (Demiralay 2013). Yöntemde permeametre silindiri içine alınan yaklaşık 200 g hava kurusu < 2 mm toprak örneğinin, silindirin istifleme mesnedi üzerinde 2 cm yükseklikten 20 defa serbest düşürülmesi ile yerleşmesi sağlanmıştır. Hazırlanan örnekler, çelik küvet içerisine alınarak, su ilavesi ile kapillarite yoluyla ıslanmaları sağlanmış, yaklaşık 24 saat süre su içinde bekletilen örneklerin doymun duruma gelmeleri sağlanmıştır. Hidrolik iletkenlik tayin setine yerleştirilen örnekler üzerine uygulanan sabit su seviyeli akış koşulları altında, farklı zaman aralıklarında, toplanan su miktarı (Q, cm^3) ölçülmüştür. Toprak kolonunun yüksekliği (L, cm), sabit hidrolik yük (h, cm), örnek kolonun kesit alanı (A, cm^2) ve suyun toplanma süresinden ($t, saat$) doymun hidrolik iletkenlik değeri aşığıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 7'e göre değerlendirilmiştir.

$$k_s = \frac{QL}{Ath}$$

Tablo 7. Doymun Hidrolik İletkenlik Sınıfları

Hidrolik iletkenlik ($cm\ saat^{-1}$)	Geçirgenlik sınıfı
<0,125	Çok yavaş
0,125-0,5	Yavaş
0,5-2,0	Oldukça yavaş
2,0-6,25	Orta
6,25-12,5	Oldukça hızlı
12,5-25,0	Hızlı
>25,0	Çok hızlı

İstatistiksel Değerlendirmeler

Toprak örneklerinin bağımlı bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde, Statistica 6 paket programı kullanılarak korelasyon ve regresyon analizleri uygulanmış ve önem testi yapılmıştır. İncelenen özelliklere ait varyasyon katsayıları hesaplanmıştır (Dowdy and Weardin 1983).

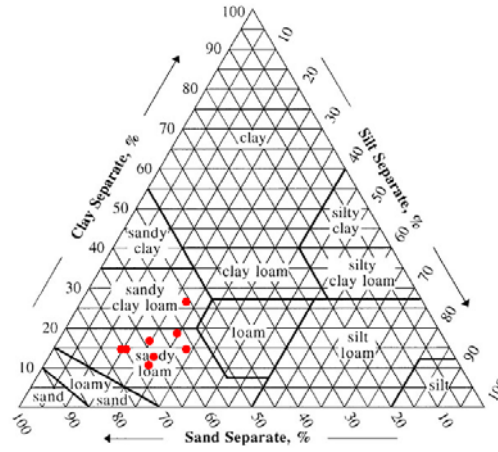
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Toprakların Pedolojik Özellikleri

Araştırma konusu toprak örneklerinin karakteristik bazı fiziksel ve kimyasal analizlerine ait bulgular Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’den görüleceği gibi, araştırma konusu toprakların, kum içeriği %52-%72, silt içeriği %14-%28 ve kil içeriği %10-%26 arasındadır. Toprak örneklerinden biri kumlu killi tın (SCL) diğerleri kumlu tın (LS) tekstür sınıfında yer almıştır (Şekil 6). Örneklerin kum, silt ve kil fraksiyonlarının varyasyon katsayıları sırasıyla %11, %22 ve %32 olarak bulunmuştur. Wang *et al.* (2008) varyasyon katsayısı değerinin %10’un altında olması durumunda değişkenliğin çok düşük olduğunu, %100’e yaklaşıldığında ise değişkenliğin çok yüksek olduğunu vurgulamıştır. Buna göre, toprak örnekleri için kum fraksiyonundaki değişkenlik düşük, kil fraksiyonundaki değişkenlik yüksek olarak değerlendirilmiştir. Örneklerin organik madde içeriği %0,83-%4,78 (VK %53); reaksiyonu (pH) 7,75-8,04 (VK, %2); elektriksel iletkenlik değerleri 0,21-0,81 dSm⁻¹ (VK, %44) ve kireç içeriği de %8,70-%23,8 (VK, %32) arasındadır. Toprak örneklerinin organik madde içeriği “çok az” ve yüksek”, elektriksel iletkenlik değerleri “düşük”, kireç içerikleri “orta” ve “fazla kireçli” sınıfında yer almıştır. Örnekler reaksiyonları bakımından hafif alkalidir. Toprak örneklerinin katyon değişim kapasiteleri 18-32,6 cmol kg⁻¹ arasında olup, varyasyon katsayısı %17’dir. Bu özellikler arasında pH en düşük, elektriksel iletkenlik en yüksek değişkenliğe sahip olmuştur.

Tablo 8. Araştırma Konusu Toprak Örneklerinin Karakteristik Pedolojik Özellikleri

Toprak Örneği	1	2	3	4	5	6	7	8	VK, %
Kum, %	58	68	66	71	72	52	65	58	11
Toprak tekstürü									
Silt, %	24	22	22	16	14	22	20	28	22
Kil, %	18	10	12	14	14	26	16	14	32
T.Sınıfı	SL	SL	SL	SL	SL	SCL	SL	SL	
Organik madde, %	2,96	2,39	4,78	1,15	0,83	1,48	3,28	3,61	53
pH	7,76	7,75	7,75	8,04	7,68	7,77	8,03	7,99	2
Kireç, %	8,70	10,20	17,10	19,70	15,10	23,80	22,20	18,40	32
Elektriksel iletkenlik, dSm ⁻¹	0,36	0,36	0,38	0,21	0,81	0,60	0,37	0,31	44
Katyon değişim kapasitesi, cmol kg ⁻¹	24,30	25,80	32,60	18,00	26,90	29,00	28,70	31,80	17
Değişebilir katyonlar, cmol kg ⁻¹									
Na ⁺	0,64	0,67	0,74	0,56	0,63	0,83	0,80	0,93	17
K ⁺	0,65	0,48	0,44	0,52	0,39	0,95	0,41	0,37	37
Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	23,01	24,65	31,42	16,92	25,88	27,22	27,49	30,5	18
Tane yoğunluğu, g cm ⁻³	2,64	2,52	2,48	2,65	2,68	2,63	2,56	2,55	7



Şekil 6. Araştırma konusu toprak örneklerinin tekstür üçgeni üzerindeki konumları

Hacim Ağırlığı ve Toplam Porozite

Toprak örneklerinin hacim ağırlığı ve toplam porozite değerleri Tablo 9’da verilmiştir. Toprakların hacim ağırlığının 1,18 ile 1,47 g cm⁻³ toplam porozite değerlerinin de %44,7 ile %53,6 arasında olduğu tespit edilmiştir. Hacim ağırlığı ve toplam porozitenin varyasyon katsayıları da sırasıyla %8 ve %7 olup değişim aralığı düşük bulunmuştur.

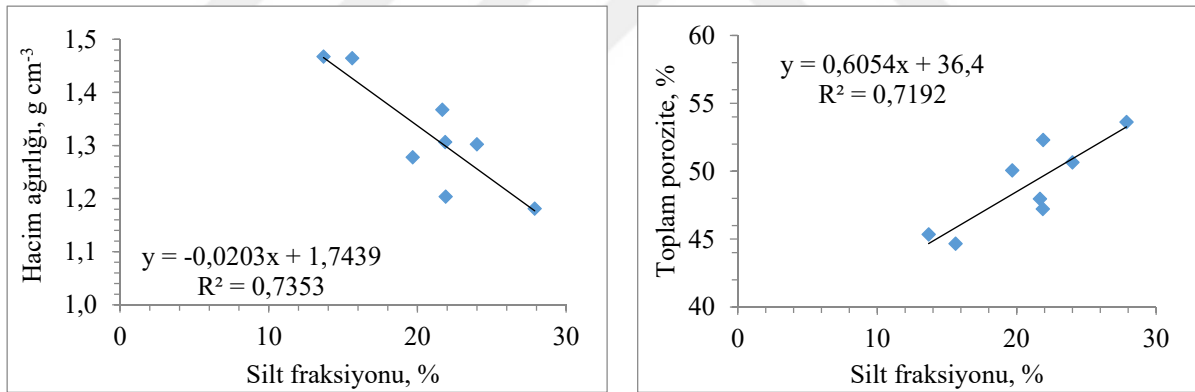
Yapılan çalışmada toprak örneklerinin hacim ağırlığı ile organik madde içeriği ve silt fraksiyonu arasında negatif ilişkiler sırasıyla $r = -0,693$ ve $r = -0,857^*$ ($p < 0,05$), kum ve kil fraksiyonu arasındaki pozitif ilişkiler sırasıyla $r = 0,381$ ve $r = 0,246$ olarak tespit edilmiştir. Örneklerin toplam porozite değerleri ile organik madde içeriği ve silt fraksiyonu arasında pozitif ilişkiler sırasıyla $r = 0,502$ ve $r = 0,848^*$ ($p < 0,05$), kum ve kil fraksiyonları arasında negatif yönlü ilişkiler sırasıyla $r = -0,463$ ve $r = -0,120$ belirlenmiştir. İncelenen konular içerisinde önemli ilişkiler sağlayan silt fraksiyonu ile hacim ağırlığı ve toplam porozite arasındaki ilişkilere ait regresyon eğrileri Şekil 7.’de verilmiştir.

Toprak organik maddesi, hacim ağırlığı üzerinde azaltıcı, toplam porozite üzerinde artırıcı bir etkiye sahiptir. Canbolat vd (1996), fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla kaba bünyeli toprağa uygulanan organik materyallerin inkübasyonu sonrasında hacim ağırlığının azaldığını, porozitenin arttığını ifade etmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada silt fraksiyonu organik maddenin etkisine paralel bir durum sergilemiştir. Kum fraksiyonu hacim ağırlığı üzerinde artırıcı, toplam porozite üzerinde azaltıcı etkiye sahiptir. Araştırma konusu topraklarda kil içeriği hacim ağırlığı ve toplam porozite üzerinde beklenen etkiyi ortaya koymamıştır. Bu durumda, organik madde ile birlikte kum içeriği kil fraksiyonundan beklenen etkiyi zayıflatmıştır. Toprak örnekleri üzerinde belirlenen hacim ağırlığı değerleri, bitki kök gelişimini sınırlayıcı hacim ağırlığı değerinin 1,70-1,75 g cm⁻³ (Reinert 2008), altındaki

değerlere sahip olup, araştırma alanı topraklarının mevcut durum yönünden bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkiler göstermeyeceği kaydedilmiştir.

Tablo 9. Toprakların Hacim Ağırlığı ve Toplam Porozite Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları (r)

Toprak no	Hacim ağırlığı, g cm ⁻³	Toplam porozite, %
1	1,30	50,7
2	1,20	52,3
3	1,31	47,2
4	1,46	44,7
5	1,47	45,3
6	1,37	48,0
7	1,28	50,1
8	1,18	53,6
Varyasyon katsayısı, %	8	7
Organik madde	-0,693	0,502
Kum	0,381	-0,463
Silt	-0,857*	0,848*
Kil	0,246	-0,120



Şekil 7. Silt fraksiyonu ile hacim ağırlığı ve toplam porozite arasındaki ilişkiler

Penetrasyon Direnci

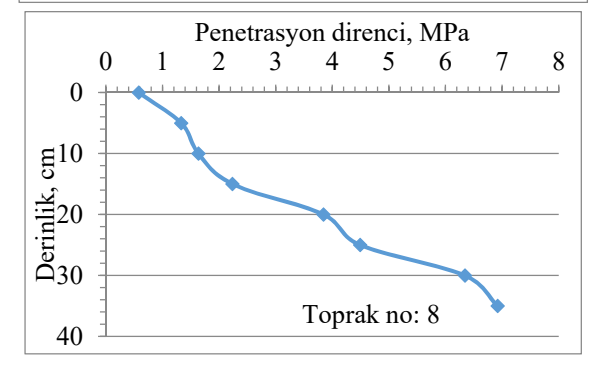
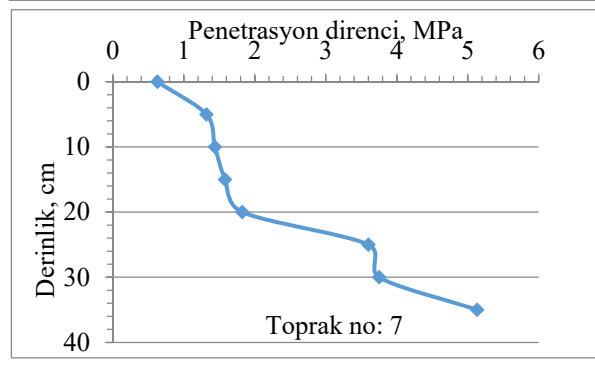
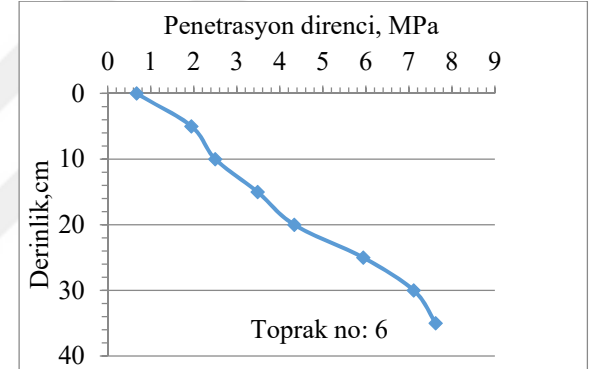
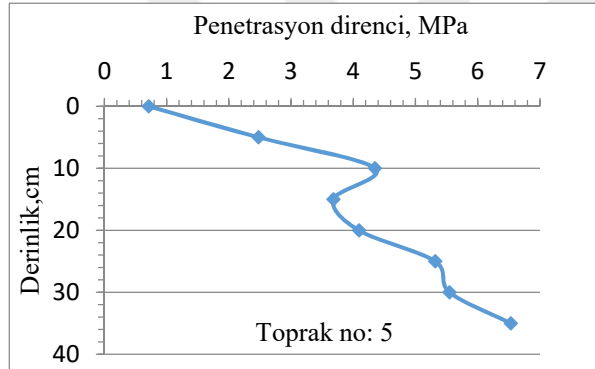
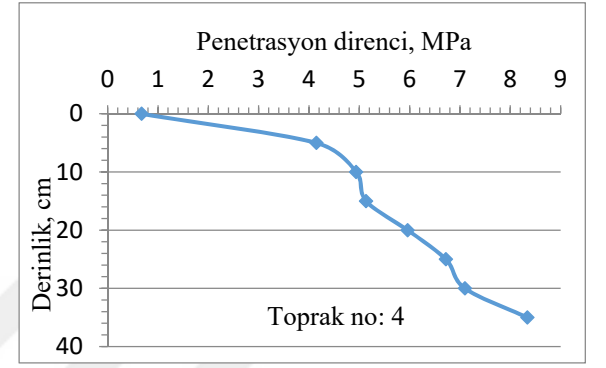
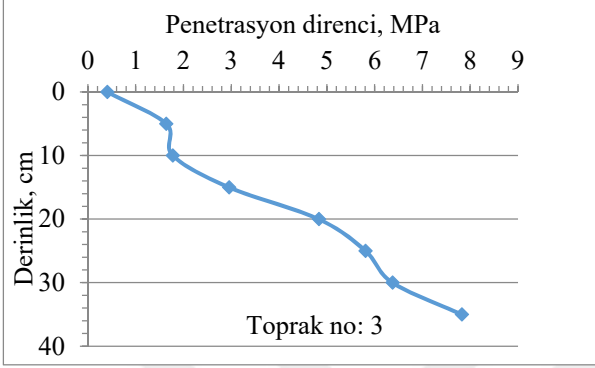
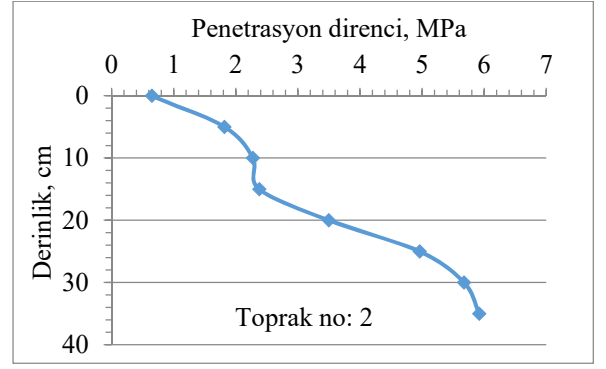
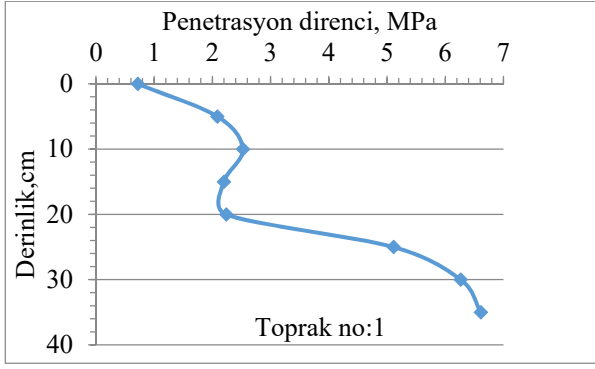
Araştırmada, penetrologer ölçüm sonuçlarından yararlanılarak 35 cm toprak derinliği için her 5 cm toprak derinliğinde kaydedilen direnç değerlerinden penetrasyon eğrileri hazırlanmıştır. (Şekil 8). Eğri üzerinden pulluk tabakası derinliği civarını değerlendirmek amacıyla 0-25 toprak derinliğinde her 5 cm'deki penetrasyon direnç değerleri ile toprak özelliklerinden organik madde içeriği, kum, silt ve kil fraksiyonları arasındaki ilişkiler belirlenmiştir (Tablo 10). Toprak derinliğinin artmasına bağlı olarak direnç değerleri de artmıştır. Buna göre, en düşük direnç değerleri toprak yüzeyinde 0,41-0,72 MPa, en yüksek değerler de 35 cm derinlikte 5,13-8,34 MPa olarak ölçülmüştür. Korelasyon analizinde 25 cm

ye kadar olan derinlik esas alınmıştır. Yapılan korelasyon analizinde farklı derinliklerde ölçülen penetrasyon direnç değerleri ile organik madde içeriği arasında negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Bu ilişkilerden yüzeyde ve 10 cm’de ölçülen değerler önemli ($p < 0,05$) negatif ilişkiler ($r = -0,803^*$ ve $r = -0,809^*$) vermiştir (Şekil 9). Farklı derinliklerde ölçülen penetrasyon direnci değerleri ile kum fraksiyonu arasında yüzey hariç pozitif yönlü ilişkiler ve silt fraksiyonu arasında da negatif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. Silt içeriği ile tespit edilen ilişki 10 cm derinlikte önemli bulunmuştur (Şekil 10). Kil içeriği, penetrasyon direnci üzerinde toprak yüzeyinde pozitif yönlü bir ilişkiye sahip olurken, toprak derinliğinin artışına paralel olarak homojen bir ilişki ortaya koymamıştır. Farklı derinliklerde ölçülen varyasyon katsayısı değerleri, yüzeyde ve 25 cm derinlikte sırasıyla 16 ve 18 MPa olup, diğer derinliklerde ölçülen penetrasyon değerlerine göre daha düşük değişim aralığı göstermişlerdir (Tablo 10). Toprak örneklerinin derinliğe bağlı ölçülen penetrasyon direnci ortalama değerleri, yüzeyde (0-5 cm) çok düşük, 5–20 cm derinlikte yüksek ve 25 derinlikte çok yüksek olarak belirlenmiştir.

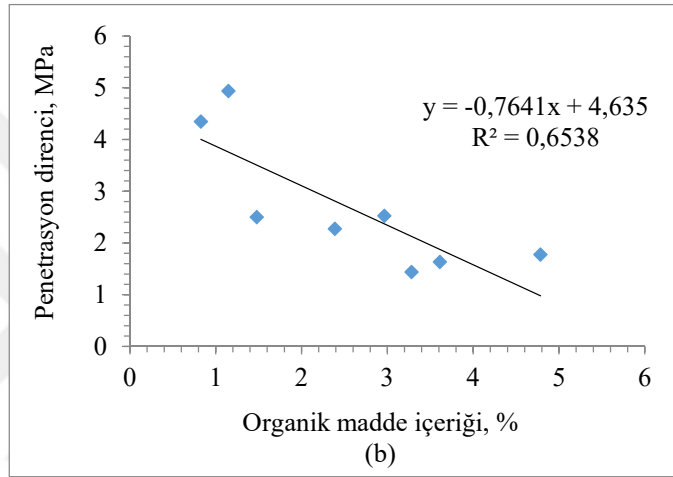
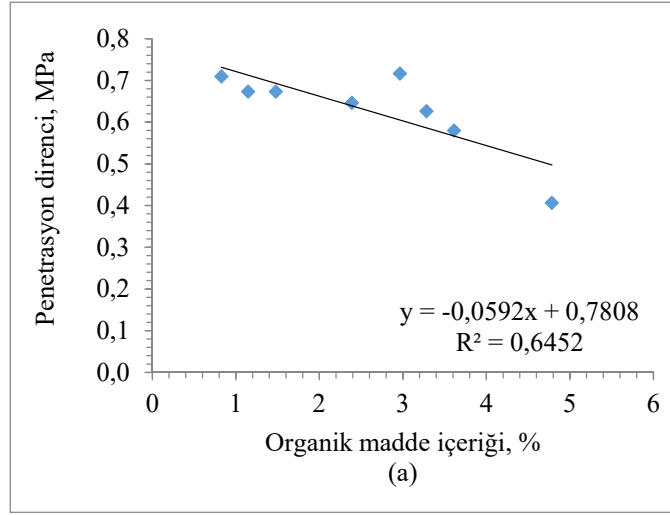
Toprak sıkışmasının kantitatif ifade yollarından olan penetrasyon direnci, toprak sıkışmasına da neden olan birçok özelliğe bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Grunwald *et al.* 2001). Yüzey toprağında gelişen penetrasyon direnci değerleri üzerine; toprak nem içeriği, toprak işleme uygulamaları ve organik maddenin varlığı etkili olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, penetrasyon direncini toprağın birçok özelliğinin yanında tane büyüklük dağılımından da etkilendiği (Witheley and Dexter, 1981; Şeker 1999), kum içeriğindeki artışın toprağın penetrasyon direncinin artışına katkı sağladığı (Barik 2004) vurgulanmıştır.

Tablo 10. Farklı Derinliklerinde Ölçülen Penetrasyon Direnci Değerleri İle Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları (r)

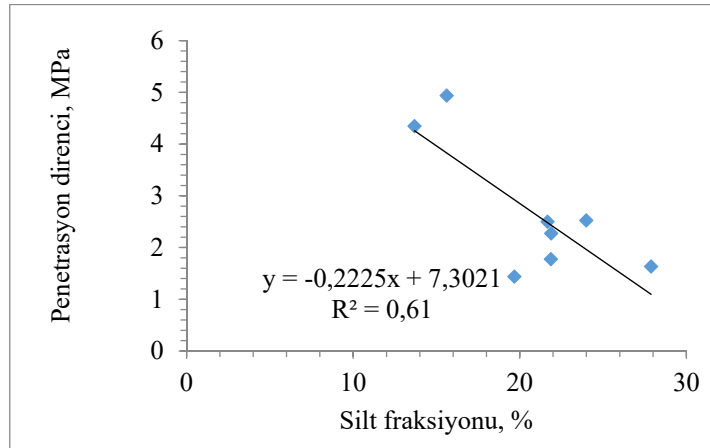
Toprak derinliği, cm	Penetrasyon Direnci, MPa					
	0	5	10	15	20	25
Toprak no						
1	0,72	2,08	2,52	2,20	2,24	5,11
2	0,65	1,82	2,27	2,38	3,50	4,96
3	0,41	1,64	1,78	2,96	4,83	5,81
4	0,67	4,15	4,94	5,13	5,96	6,72
5	0,71	2,48	4,35	3,68	4,09	5,32
6	0,67	1,95	2,50	3,48	4,34	5,94
7	0,63	1,32	1,44	1,58	1,82	3,60
8	0,58	1,33	1,63	2,23	3,84	4,49
Ortalama	0,63	2,10	2,68	2,96	3,83	5,24
Varyasyon katsayısı, %	16	44	48	38	35	18
Organik madde	-0,803*	-0,659	-0,809*	-0,641	-0,298	-0,408
Kum	-0,042	0,454	0,534	0,360	0,299	0,142
Silt	-0,332	-0,653	-0,781*	-0,637	-0,343	-0,372
Kil	0,364	-0,045	-0,041	0,073	-0,109	0,140



Şekil 8. Araştırma konusu toprak örneklemesinin yapıldığı noktalarda ölçümlenen penetrasyon direnci eğrileri



Şekil 9. Toprak yüzeyinde (a) ve 10 cm toprak derinliğinde (b) organik madde içeriği ile penetrasyon direnci arasındaki ilişkiler



Şekil 10. Toprağın 10 cm toprak derinliğinde silt içeriği ile penetrasyon direnci arasındaki ilişki

Sıkışma Eğrisi

Toprak örneklerinin standart Proctor yöntemi ile $592,7 \text{ kJ m}^{-3}$ sıkışma enerjisi uygulanarak farklı nem içeriklerinde sıkışma eğrileri hazırlanmıştır (Şekil 11). Sıkışma

eğrilerine ait indeks değerlerden optimum nem içeriği ve maksimum kuru kütle yoğunluğu değerleri Tablo 11’de verilmiştir. Örneklerin optimum nem içeriği değerleri %11 ile %23 arasında ve maksimum kuru kütle yoğunluğu değerleri de 1,57 ile 1,93 g cm⁻³ arasında değişmiştir. Yapılan çalışmada toprak örneklerinin maksimum kütle yoğunluğu ile organik madde içeriği ve silt fraksiyonu arasında negatif ilişkiler, kum ve kil fraksiyonu arasında da pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Örneklerin optimum nem içeriği ile organik madde içeriği ve silt fraksiyonu arasında pozitif yönlü ilişkiler olup, organik madde içeriği ile ilgili ilişki %5 düzeyinde önemli (r= 0,921*) bulunmuştur (Şekil 12). Optimum nem içeriği ile kum ve kil fraksiyonları arasında ise negatif yönlü ilişkiler belirlenmiştir. Örneklerin maksimum kütle yoğunluğu ve optimum nem içeriğine ait varyasyon katsayıları sırasıyla %7 ve %27 olarak bulunmuştur. Buna göre, iki parametre karşılaştırıldığında toprak örnekleri için maksimum kütle yoğunluğundaki değişkenliğin düşük, optimum nem içeriğindeki değişkenliğin ise orta seviyede olduğu kaydedilmiştir.

Tablo 11. Maksimum Kütle Yoğunluğu ve Optimum Nem Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları (r)

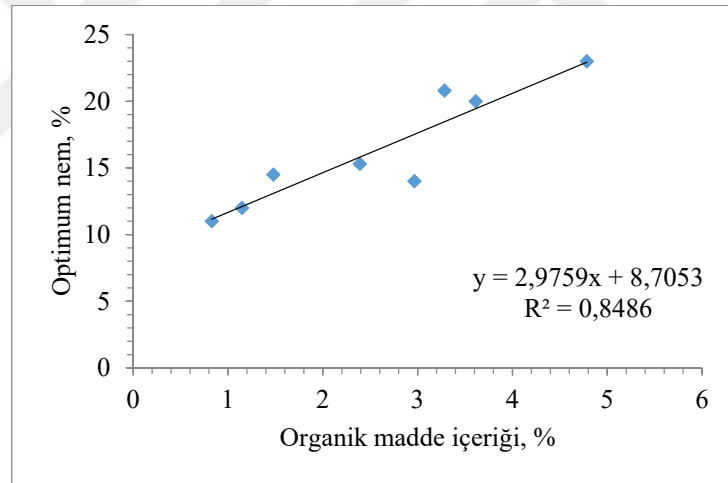
Toprak no	Mak. Kütle yoğunluğu, g cm ⁻³	Optimum nem, %
1	1,88	14,0
2	1,86	15,3
3	1,78	23,0
4	1,91	12,0
5	1,89	14,3
6	1,85	15,1
7	1,57	20,8
8	1,60	20
Varyasyon katsayısı, %	7	27
Organik madde	-0,540	0,921*
Kum	0,114	-0,218
Silt	-0,363	0,565
Kil	0,171	-0,210

Diaz Zorita *et al.* (2001) yapmış oldukları bir çalışmada kil içeriğinin artmasıyla maksimum kütle yoğunluğunun azaldığını, organik madde içeriğinin artması ile maksimum kütle yoğunluğu değerinin düştüğünü vurgulamışlardır. Ball *et al.* (2000) araştırmalarında maksimum kütle yoğunluğunun, kum içeriği ile pozitif, kil fraksiyonu ve organik madde içeriği ile negatif bir ilişki ortaya koyduğunu kaydetmişlerdir. Toprağın pulluk derinliğindeki kütle yoğunluğunun, maksimum kuru kütle yoğunluğu değerinin üzerine çıkması durumunda pulluk

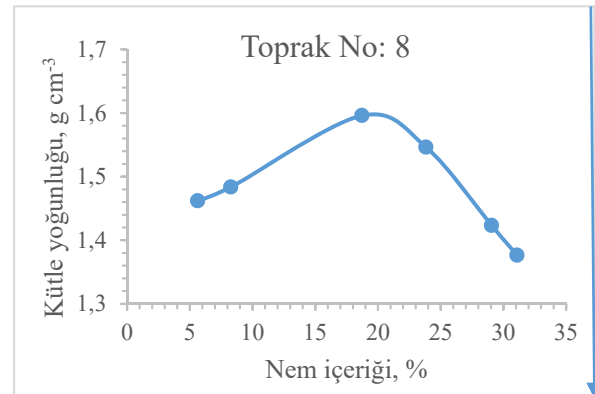
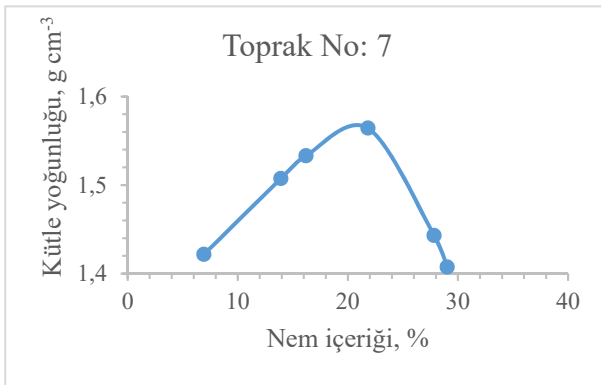
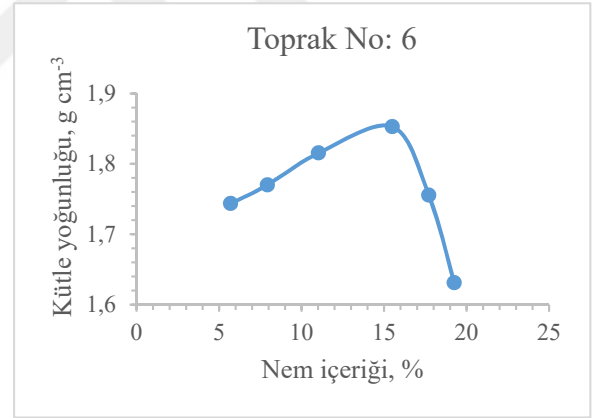
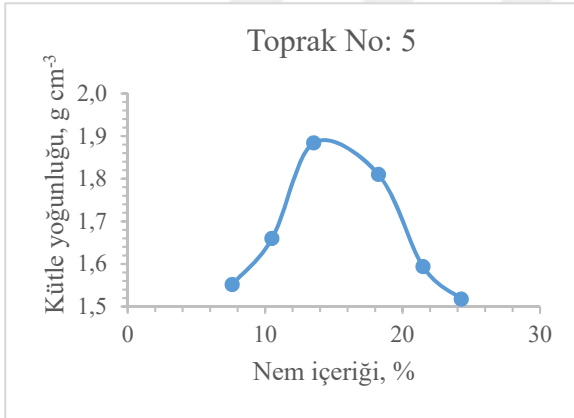
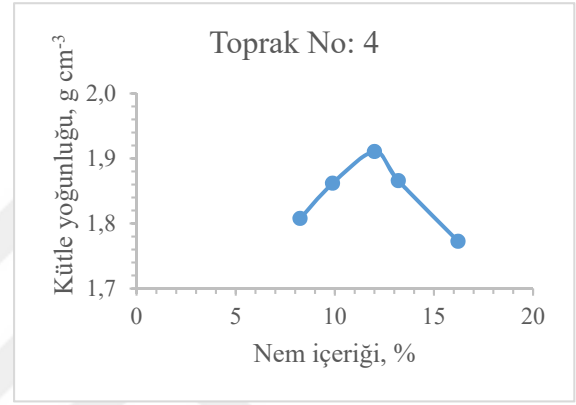
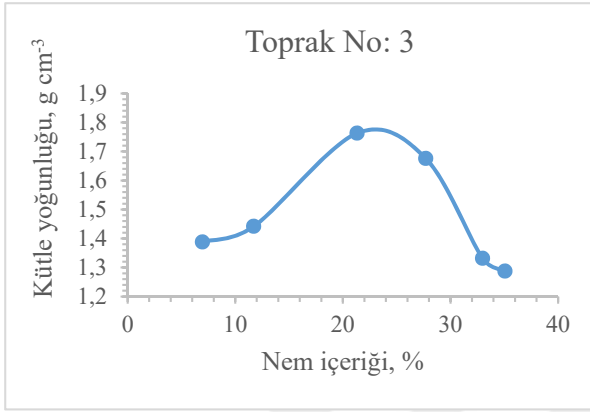
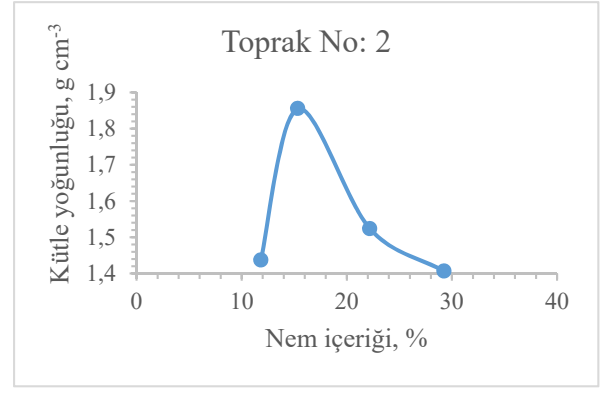
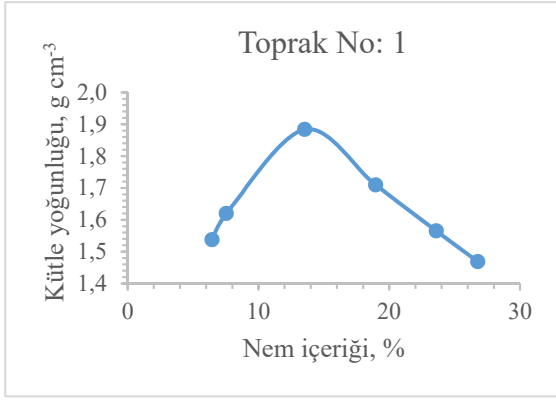
tabanı varlığından söz edilebilir (Barik 2004; Bertolino *et al.* 2010). Ishaq *et al.* (2001) pulluk derinliğinde kütle yoğunluğu değerlerinin $1,71 \text{ g m}^{-3}$ ile $1,81 \text{ g m}^{-3}$ arasında olması durumunda toprakta pulluk tabanının geliştiğini kaydetmiştir.

Toprak sıkışmasını etkileyen faktörler arasında toprak tane büyüklüğü, nem içeriği, organik madde içeriği, suya dayanıklı agregat miktarı, kil içeriği ve kil minerallerinin tipi sayılabilir. Toprak tane büyüklüğünün küçülmesi, organik madde içeriği ve suya dayanıklı agregatlar miktarının artması, maksimum kuru kütle yoğunluğunun azalmasına neden olarak toprak sıkışmasının etkinliğini zayıflatır. Toprak sıkışması üzerine tarım alet makine trafiği, toprak yönetim uygulamaları da etkili olan faktörlerdir.

Toprak sıkışmasını azaltmak için en iyi strateji, toprağı özellikle erken ilkbaharda fazla nemli durumda işlememektir. Ayrıca tekerlek basıncının düşürülmesi, dip kazan kullanımı, kültürel önlemlerin alınması, toprakta organik materyalin korunması ve sürekliliğin sağlanması, ikincil toprak işleminin azaltılması ve uzun yıllar içerisinde pulluk işleme derinliğinin değiştirilmesi toprak sıkışmasının azaltılmasındaki dikkat edilmesi gereken uygulamalardır.



Şekil 11. Organik madde içeriği ile optimum nem arasındaki ilişki



Şekil 12. Araştırma konusu topraklara ait sıkışma eğrileri

Kırılma değeri

Toprak örneklerinden hazırlanan briketler üzerinden kırılma değeri ölçümlenmiş, ölçüm sonuçları ve bu sonuçlarla ilişkilendirilen toprak özelliklerinden organik madde içeriği, kum, silt ve kil fraksiyonları arasındaki korelasyon analizi bulguları Tablo 12’de verilmiştir. Buna göre, kırılma değerleri 1,23-6,30 kPa arasında değişmiştir. Araştırma konusu toprak örneklerinin kırılma değerine ait varyasyon katsayısı %63 olarak bulunmuştur. Korelasyon analizinde kırılma değeri ile organik madde içeriği ve silt fraksiyonu arasında önemli ($p < 0,05$) negatif ilişki (sırasıyla $r = -0,874$ ve $r = -0,731$) belirlenmiştir (Şekil 13). Kum ve kil fraksiyonları ile kırılma değeri arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

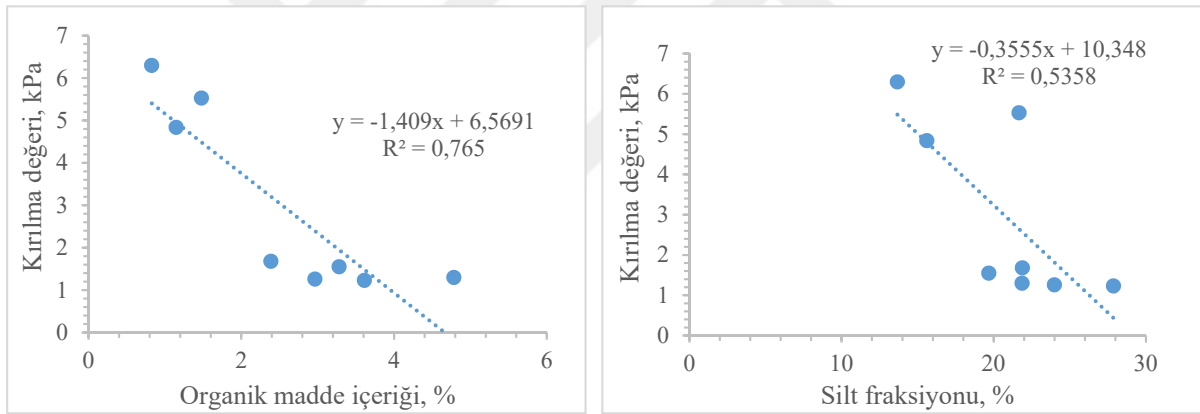
Araştırma konusu toprak örneklerinin mekanik analizine ilişkin veriler, örneklerde tane büyüklüğü fraksiyonlarının kum > silt > kil şeklinde olduğunu ortaya koymuştur. Kum ve kil fraksiyonlarının kırılma değeri üzerine etkileri belirlenen regresyon katsayılarına göre (sırasıyla $R^2 = 0,037$ ve $R^2 = 0,157$) düşük bulunmuştur. Örneklerin organik madde içeriği kırılma değeri üzerinde ortaya koyduğu $R^2 = 0,765$ regresyon katsayısı değeri ile önemli ölçüde kırılma değerini düşürmüştür. Araştırma konusu toprakların organik madde içeriklerinin toprak taneleri arasında gelişebilecek teması azaltmasından dolayı silt içeriğinin kırılma değeri üzerine olan artırıcı etkisi bu çalışmada ortaya çıkmamıştır. Örneklerin organik madde içeriği ile silt fraksiyonu arasındaki korelasyon katsayısı 0,632 olarak belirlenmiştir.

Serawat *et al.* (2020) toprakların kırılma değerinin, toprakların silt + kil içerikleri ile önemli pozitif ilişki ortaya koyduğunu vurgulamıştır. Kemper *et al.* (1987) toprakta silt+kil içeriğinin artmasının sonucu olarak taneler arası temasın arttığı bu durumda kırılma değerinin lineer olarak artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak kırılma değerindeki toprak özelliklerine bağlı olarak gelişen varyasyon geniş ölçüde diğer toprak özelliklerine de bağlı olduğu ifade edilebilir. Bu özelliklerin başında organik madde olup, artan organik madde içeriği kırılma değeri üzerinde negatif etki gösterebilmektedir. Bu özelliğin dışında, toprak tekstürü, Na içeriği gibi faktörler de kırılma değerini etkileyebilmektedir (Aylmore and Sills 1982).

Toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkileri araştıran Şeker ve Karakaplan (1999), toprak örneklerinden silt yüzdesi ve organik madde ile kırılma değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli pozitif ilişkiler; kum yüzdesi ile kırılma değerleri arasında ise önemli negatif ilişkiler saptanmıştır. Gillette *et al.* (1982), yüksek oranda değişebilir sodyumun kabuğun kırılma direncini güçlendirdiği, CaCO_3 'ün kil yüzdesi ile orantılı olarak kabuğun kırılma değerini artırdığını tespit edilmiştir.

Tablo 12. Toprakların Kırılma Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları (r)

Toprak no	Kırılma değeri, kPa
1	1,26
2	1,68
3	1,30
4	4,84
5	6,30
6	5,53
7	1,55
8	1,23
Varyasyon katsayısı, %	63
Organik madde	-0,874*
Kum	0,193
Silt	-0,731*
Kil	0,397



Şekil 13. Organik madde içeriği ve silt fraksiyonu ile kırılma değeri arasındaki ilişki

Toprak Nem Karakteristikleri

Toprak örneklerinin nem karakteristik parametrelerine ait değerler Tablo 13’de verilmiştir. Örneklerin nem karakteristik parametrelerinden tarla kapasitesi, %21,8-%38,8 devamlı solma noktası, %8,7-%16,1 ve yarıyıllı nem kapasitesi %10,9-%23,6 arasında değişmiştir. Tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarıyıllı nem kapasitesine ait varyasyon katsayıları sırasıyla %20, %19 ve %26’dır.

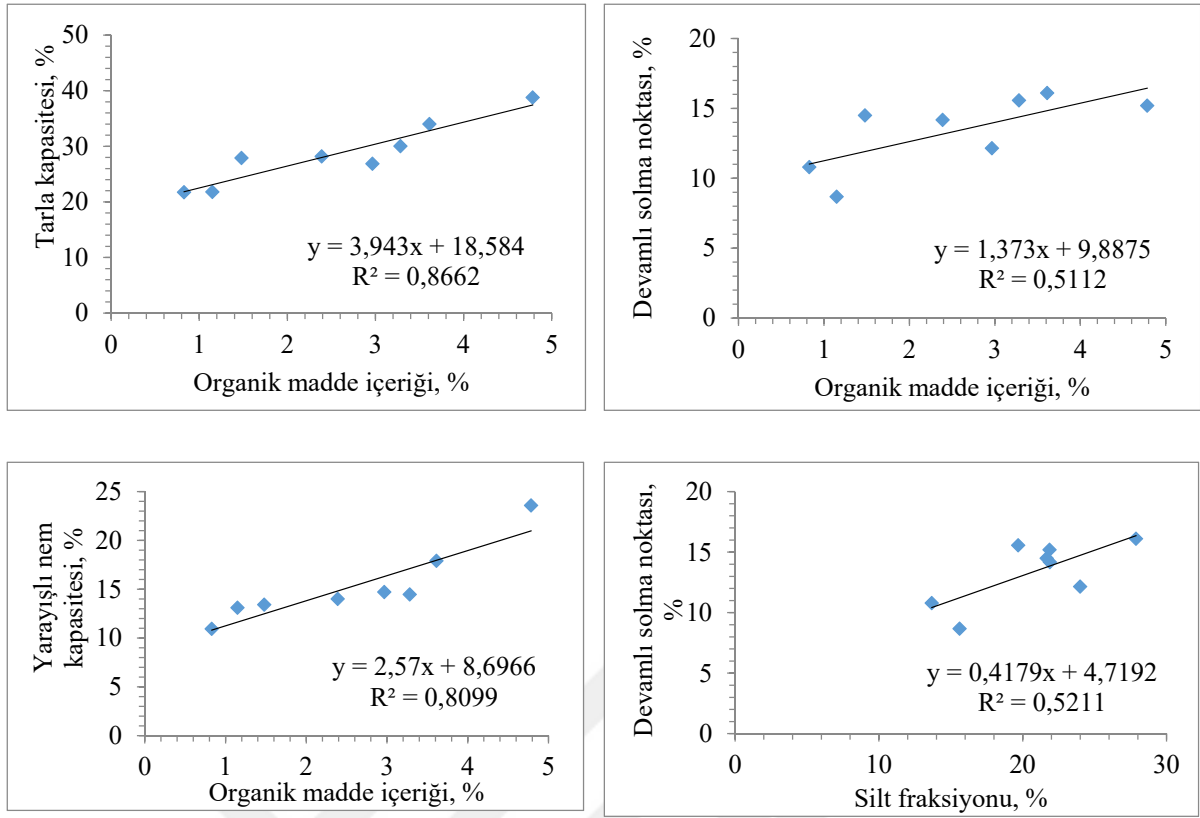
Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, toprak örneklerinin tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarıyıllı nem kapasitesi ile organik madde içeriği arasında önemli ($p < 0,05$) pozitif ilişkiler (sırasıyla $r = 0,931$; $r = 0,715$ ve $r = 0,900$) tespit edilmiştir (Şekil 14). Toprak örneklerinin nem karakteristik parametreleri ile kum negatif, silt fraksiyonu pozitif

ilişkiler göstermiş olup, devamlı solma noktası ile silt içeriği arasındaki ilişki ($r= 0,722$) %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 14).

Yapılan bir araştırmada, tarla kapasitesindeki su içeriğinin, toprağın hem su tutma özelliğinden hem de gözenek karakterinden etkilenmesinden dolayı, tarla kapasitesindeki değişimin devamlı solma noktasına göre daha yüksek olmasına neden olduğu vurgulanmıştır (Şenol 2017). Ghorbani *et al.* (2017), kum, silt, kil, hacim ağırlığı ve organik maddenin tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu, bu parametrelerin kullanılması iyi bir tahmin modeli geliştirmenin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir. Canbolat (1999), tane büyüklük fraksiyonlarından kum, tarla kapasitesi ve yarayışlı nem kapasitesini en fazla etkileyen değişken olduğunu, kil fraksiyonunun ise devamlı solma noktası üzerindeki etkisinin daha yüksek olduğunu, tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası ile kum fraksiyonu arasında önemli negatif, kil fraksiyonu ile de önemli pozitif ilişkiler geliştiğini ifade etmiştir. Ayrıca organik karbon içeriği ile tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesi arasında önemli pozitif ilişkiler olduğu araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Qiao *et al.* (2019), tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası parametrelerinin her ikisi için de silt, kil ve toprak organik karbonu ile önemli ve pozitif korelasyonlara sahip olduğunu, kum ile önemli bir negatif korelasyon gösterdiğini ifade etmiştir. Wang *et al.* (2012), tarla kapasitesinin silt, kil ve toprak organik karbonu ile önemli ve pozitif korelasyona sahip olduğunu, ancak kum ile anlamlı bir negatif korelasyona sahip olduğunu bildirmiştir.

Tablo. 13. Nem Karakteristik Parametreleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları (r)

Toprak no	Tarla kapasitesi,%	Devamlı solma noktası,%	Yarayışlı nem kapasitesi, %
1	26,9	12,2	14,7
2	28,2	14,2	14,0
3	38,8	15,2	23,6
4	21,8	8,7	13,1
5	21,8	10,8	10,9
6	27,9	14,5	13,4
7	30,1	15,6	14,5
8	34,0	16,1	17,9
Varyasyon katsayısı, %	20	19	26
Organik madde	0,931*	0,715*	0,900*
Kum	-0,332	-0,513	-0,148
Silt	0,689	0,722*	0,536
Kil	-0,160	0,066	-0,282



Şekil 14. Organik madde içeriği ile tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayırlı nem kapasitesi arasındaki ilişkilerle, silt fraksiyonu ile devamlı solma noktası arasındaki ilişki

Hidrolik İletkenlik

Toprak örneklerinin sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile doymuş hidrolik iletkenlik değerleri Tablo 14’de verilmiştir. Örneklerin hidrolik iletkenlik değerleri 16,4- ile 36,6 cm s⁻¹ arasında değişmiştir. Doymuş hidrolik iletkenlik değerlerine ait varyasyon katsayısı %26’dır. Yapılan çalışmada toprak örneklerinin hidrolik iletkenlik değerleri ile organik madde içeriği ve kum fraksiyonu ve pozitif ilişkiler, kil ve silt fraksiyonu arasında negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda, doymuş hidrolik iletkenlik üzerinde toprak özelliklerinden başta toprak tekstürünün yüksek tahminleme gücüne sahip olduğu vurgulanmıştır (Li *et al.* 2008; Musavi-jahro and Shiravand 2012; Turan 2019). Topraklarda doymuş hidrolik iletkenliğin kum içeriği ile daha yüksek ilişkiler verdiği farklı araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Ferre-Julia *et al.* 2004; Turan 2019). Ferrer Julià *et al.* (2004), kilin doymuş hidrolik iletkenlik değerlerini tahmin etmedeki etkisinin, Pearson'un korelasyon değeri için beklenenden düşük olduğunu vurgulamıştır. Ancak, kil içeriğinin, kumlu topraklar dışındaki toprak veri tabanlarında doymuş hidrolik iletkenlik ile korelasyon gösteren önde gelen bir tekstür parametresi olduğu Puckett *et al.* (1985) tarafından ifade edilmiştir. Rasoulzadeh (2010), organik madde içeriğinin doymuş hidrolik iletkenliğin tahmin edilmesindeki katkısının çok düşük olduğunu vurgulamıştır.

Toprakların doymun hidrolik iletkenliğini tahmin etmede tane büyüklüğü dağılımı önemli bir potansiyeldir. Doymun hidrolik iletkenlik ve toprak tane büyüklük dağılımı arasında bir ilişkinin kurularak geliştirilen modeller, söz konusu modelin belirlendiği sınırlar içerisinde yer alan ancak herhangi bir arazi ve laboratuvar ölçümü yapılmayan toprakların doymun hidrolik iletkenliğini tahmin etmede başvurulabilecek bir yöntemdir (Turan 2019).

Tablo 14. Doymun Hidrolik İletkenlik Değerleri ile Bazı Pedolojik Özellikler Arasındaki İlişkilere Ait Korelasyon Katsayıları (r)

Toprak no	Hidrolik iletkenlik, cm saat ⁻¹
1	33,4
2	35,9
3	35,3
4	27,7
5	36,5
6	16,4
7	36,6
8	20,1
Varyasyon katsayısı, %	26
Organik madde	0,173
Kum	0,704
Silt	-0,398
Kil	-0,634

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırma, kum içeriği %52 ile %72 arasında değişen biri kumlu killi tın (SCL) diğerleri kumlu tın (LS) olan toplam sekiz örnek üzerinde yürütülmüştür. Toprak örneklerinin kum fraksiyonu en düşük varyasyon katsayısına (%11) sahip olup bunu silt ve kil fraksiyonlarının varyasyon katsayıları (sırasıyla %22 ve %32) izlemiştir. Buna göre, örneklerin kum fraksiyonundaki değişkenlik düşük, kil fraksiyonundaki değişkenlik yüksek bulunmuştur.

Toprak örneklerinin organik madde içeriği “çok az” ve “yüksek”, elektriksel iletkenlik değerleri “düşük”, kireç içerikleri “orta” ve “fazla kireçli” sınıfında yer almıştır. Örnekler reaksiyonları bakımından hafif alkalın karakterlidir. Toprak örneklerinin katyon değişim kapasiteleri de 18-32,6 cmol kg⁻¹ arasında olup, varyasyon katsayısı %17’dir.

Toprakların hacim ağırlığının 1,18 ile 1,47 g cm⁻³ toplam porozite değerlerinin de %44,7 ile %53,6 arasında olduğu tespit edilmiştir. Hacim ağırlığı ve toplam porozitenin varyasyon katsayıları da sırasıyla %8 ve %7 olup değişim aralığı düşük bulunmuştur. Toprak organik maddesi ve silt içeriği hacim ağırlığı üzerinde azaltıcı, toplam porozite üzerinde artırıcı bir etkiye sahiptir. Kum ise hacim ağırlığını artıran, toplam poroziteyi ise azaltan yönde etki göstermiştir.

Araştırmada kaydedilen toprak penetrasyon direnci, toprak derinliğinin artmasına bağlı olarak artmıştır. Buna göre, en düşük direnç değerleri toprak yüzeyinde 0,41-0,72 MPa, en yüksek değerler de 35 cm derinlikte 5,13-8,34 MPa olarak ölçülmüştür.

Ölçülen direnç değerleri ile organik madde içeriği arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Farklı derinliklerde ölçümlenen penetrasyon direnci değerleri ile kum fraksiyonu arasında yüzey hariç pozitif yönlü ilişkiler ve silt fraksiyonu arasında da negatif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. Kil içeriği, penetrasyon direnci üzerinde toprak yüzeyinde pozitif yönlü bir ilişkiye sahip olurken, toprak derinliğinin artışına paralel olarak homojen bir ilişki ortaya koymamıştır.

Araştırmada toprak örneklerine ait sıkışma eğrilerinden optimum nem içeriği ve maksimum kuru kütle yoğunluğu değerleri elde edilmiştir. Örneklerin optimum nem içeriği değerleri %11 ile %23 arasında ve maksimum kuru kütle yoğunluğu değerleri de 1,57 ile 1,93 g cm⁻³ arasında değişmiştir. Yapılan çalışmada toprak örneklerinin maksimum kütle yoğunluğu ile organik madde içeriği, kum ve silt fraksiyonu arasında pozitif ilişkiler, kil fraksiyonu arasında da önemli negatif ilişki tespit edilmiştir. Örneklerin optimum nem içeriği ile organik

madde içeriği ve kum fraksiyonu arasında pozitif ilişki, silt ve kil fraksiyonları arasında negatif yönlü ilişkiler belirlenmiştir.

Toprak örneklerinden hazırlanan briketler üzerinden kırılma 1,23-6,30 kPa arasında değişmiştir. Kırılma değeri ile organik madde içeriği ve silt fraksiyonu arasında önemli negatif ilişki belirlenmiştir. Kum ve kil fraksiyonları ile kırılma değeri arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Araştırma konusu toprakların organik madde içeriklerinin toprak taneleri arasında gelişebilecek teması azaltmasından dolayı silt içeriğinin kırılma değeri üzerine olan artırıcı etkisi bu çalışmada ortaya çıkmamıştır.

Toprak örneklerinin nem karakteristik parametrelerinden tarla kapasitesi, %21,8-%38,8 devamlı solma noktası, % 8,7-%16,1 ve yarayışlı nem kapasitesi %10,9-%23,6 arasında değişmiştir.

Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, toprak örneklerinin tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve yarayışlı nem kapasitesi ile organik madde içeriği arasında önemli pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin nem karakteristik parametreleri ile kum negatif, silt fraksiyonu pozitif ilişkiler göstermiştir. Araştırmada kil fraksiyonu ile nem karakteristik parametreleri arasında önemli bir ilişki belirlenememiştir.

Toprak örneklerinin doygun hidrolik iletkenlik değerleri 16,4- ile 36,6 cm s⁻¹ arasında değişmiştir. Yapılan çalışmada toprak örneklerinin hidrolik iletkenlik değerleri ile organik madde içeriği ve kum fraksiyonu ve pozitif ilişkiler, kil ve silt fraksiyonu arasında negatif ilişkiler tespit edilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü Uzundere vadisi tarım alanlarının az eğimli yerleri meyve ve sebze bahçeleri bunların dışında kalan kesimler ise otlak alanlar olarak değerlendirilmektedir. Yörede topografyadan dolayı erozyon yoğun olarak yaşanmakta, ince fraksiyonların uzaklaşması toprakta kaba fraksiyonların artışına neden olmaktadır. Bu nedenle erozyonun azaltılması, toprak kalitesinin iyileştirilmesi, bitkisel üretimde sağlıklı ürünlerin yetiştirilmesi bakımından, toprak organik madde içeriğinin izlenmesi ve organik atıkların toprak düzenleyicisi olarak değerlendirilmesi önemlidir.

Bu uygulamalar, bitkisel üretim ortamı olarak değerlendirilen toprağın strüktürü, su tutma kapasitesi, besin elementi içeriği ve biyoçeşitliliği, üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Altun, M., 2019. Erzurum İli Uzundere İlçesinde Farklı Fizyografyaya Sahip Meyve ve Sebze Bahçesi Toprak Örneklerinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Bitki Besleme Bilim Dalı. Erzurum.
- Anonim, 2019. Tarımsal Yapı ve Dönüşüm Grubu Çalışma Belgesi. III. Tarım Orman Şûrası. 18-21 Kasım 2019 Ankara.
- Anonim, 2022 a. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Erzurum İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. <https://erzurum.tarimorman.gov.tr> (03.01.2022)
- Anonim, 2022 b. Uzundere ilçesi arazi varlığı. T.C. Uzundere Kaymakamlığı. Uzundere İlçe Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü, <http://www.uzundere.gov.tr/gida-tarim-ve-hayvancilik-mudurlugu1> (03.01.2022).
- Anonymus, 2022. Agricultural land <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2> (03.01.2022)
- Atalay, İ., 1988. The Geography of Tortum District (North-Eastern Anatolia), *Aegean Geographical Journal*, Volume: 4: 19-37, İzmir-Turkey.
- Atan, A. 2007. Farklı Kullanım Altındaki Toprakların Morfolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı. Tokat.
- Aydın, A. ve Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 174.
- Aylmore, L.A. G., and Sills, I.D. 1982. Characterization of soil structure and stability using modulus of rupture-exchangeable sodium percentage relationships. *Aust. J. Soil Res.*, 20, 213-24.
- Ball, B.C., Campbell, D.J. and Hunter. E.A., 2000. Soil compactibility in relation to physical and organic properties at 156 sites in UK. *Soil Tillage Res.* 57, 83–91.
- Barik, K., 2004. Erzurum İli Yukarı Pasin Ovası Topraklarının Sıkışma Durumlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Toprak Bilim Dalı. Erzurum.
- Bertolino, A.V.F.A., Fernandes, N.F., Miranda, J.P.L., Souza, A.P., Lopes, M.R.S., and Palmieri, F., 2010. Effects of plough pan development on surface hydrology and on soil physical properties in Southeastern Brazilian plateau. *Journal of Hydrology*, 393(1–2), 94–104.
- Cambaztepe, A., 2018. Toprağın Kıvam Limitleri ve Sıkışabilirliği Üzerine Arıtma Çamurunun Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Toprak Bilim Dalı. Erzurum.
- Canbolat, M. ve Demiralay, İ. 1995. Organik Materyal İlave Edilmiş Toprakların Agregat Stabilitesi, Briket Hacim Ağırlığı ve Kırılma Değeri Arasındaki İlişkiler. Türkiye Toprak İlmi Derneği Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt II. Yayın No: 7, ss: A-116 A-124, Ankara.

- Canbolat, M. Hanay, A. ve Anapalı, Ö. 1996. Aralık ilçesi rüzgar erozyon alanı sorunlu topraklarına organik atık materyal uygulamasının etkileri. Atatürk Üni. Zir. Fak. Der, (27), 3.
- Canbolat, M.Y., 1990. Iğdır Yöresi Topraklarında Kaymak Sertliği (Kırılma Değeri) İle İlgili Araştırmalar. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Canbolat, M.Y., 1999. Bazı toprak nem karakteristiklerinin tane büyüklük dağılımı ve organik karbon içeriğinden tahmin edilmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 30 (2), 113-119.
- Demiralay, İ., 2013. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniv. Yayın. No:143. Erzurum.
- Diaz-Zorita, M., Grove, J.H. and Perfect, E., 2001. Laboratory compaction of soil using a small mold procedure. Soil Sci. Soc. Amer. J. 65,1593–1598.
- Ditzler, C., Scheffe, K., and Monger, H.C., 2017. Soil Survey Manual: Soil Science Division Staff. United States Department of Agriculture Handbook No. 18. Government Printing Office: Washington, DC, USA.
- Dowdy, S., Weardın, S., 1983. Statistics for Research. John Wiley and Sons I. New York, USA.
- DSİ, 2022. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> (03.01.2022)
- FAO., 2019. Sürdürülebilir Toprak Yönetimi Gönüllü Kılavuz İlkeleri. Roma.
- FAO., 2022. Saline Soils and Their Management. <https://www.fao.org/3/x5871e/x5871e04.htm#3.1%20Characteristics> (03.01.2022).
- Ferrer-Julià M., Monreal, T.E., Jiménez, A.S.C. and Meléndez, E.G., 2004. Constructing a saturated hydraulic conductivity map of Spain using pedotransfer functions and spatial prediction. Geoderma, 123, 275-277.
- Gao, W., Watts, C.W., Ren, T. and Whalley, W.R., 2012. The effects of compaction and soil drying on penetrometer resistance. Soil and Tillage Research, 125, 14–22.
- Ghorbani, M.A., Shamshirband, S., Zare Haghi, D., Azani, A., Bonakdari, H. and Ebtehaj, I., 2017. Application of firefly algorithm-based support vector machines for prediction of field capacity and permanent wilting point. Soil and Tillage Research, 172, 32–38.
- Gillette, D.A., Adams, J., Muhs, D.R., Kihl, R. and Muhs, D., 1982. Threshold friction velocities and rupture moduli for crusted desert soils for the input of soil particles into the air. Journal of Geophysical Research, 87 (C11), 9003-9015.
- Grunwald, S., Lowery, B., Rooney, D.J., McSweeney, K., 2001. Profile cone penetrometer data used to distinguish between soil materials. Soil and Tillage Research, 62, 27-40.
- Hardy, N., Shainberg, I., Gal, M. and Keren, R., 1983. The effect of water quality and storm sequence upon infiltration rate and crust formation. Journal of Soil Science, 34(4), 665–676.
- Harmancıoğlu, N.B., Gül, A. ve Fıstıkoğlu, O., 2002/3. Entegre Su Kaynakları Yönetimi. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri.
- Hassan, A.A., 2015. Uzundere'nin (Erzurum) İklim Özellikleri ve İklimin Ana Çizgileriyle Çevresel Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Head, K.H., 1984. Manual of Soil Laboratory Testing. Volum1: Soil Classification and Compaction Tests. ISBN, 0-7273-1302-9. Biddles Ltd, Guildford, Surrey.
- Hillel, D., 2013. Fundamentals of Soil Physics. Academic press,
- Ishaq, M., Hassan, A., Saeed, M., Ibrahim, M., Lal, R., 2001 Sub soil compaction effects on

- crops in Punjab, Pakistan. I. Soil physical properties and crop yield. – *Soil Till. Res.* 59, 57-65.
- İmamoğlu, A., Dengiz, O., 2018. Toprak kabuk oluşumunun farklı arazi kullanımları ile ilişkisi, Samsun İli örneği. TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu 3-6 Ekim 2018, Ankara.
- Karaca, S., Gülser, F. and Selçuk, R., 2018. Relationships between soil properties, topography and land use in the van lake basin, Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7 (2), 115–120.
- Karahan, G., and Erşahin, S., 2016. Predicting saturated hydraulic conductivity using soil morphological properties. *Eurasian J. of Soil Sci.*, 5 (1), 30.
- Kayabali, K., Asadi, R., Fener, M., Dikmen, O., Habibzadeh, F. and Aktürk, Ö., 2020. Estimation of the compaction characteristics of soils using the static compaction method. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 162, 75–82.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C. and Dexter, A.R., 1987. Cohesion development in disrupted soils as affected by clay and organic matter content and temperature. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 51, 860–867.
- Kurun, F. ve Özdemir, N., 1999. Çarşamba ovası topraklarının erozyona uğrama eğilimi üzerine etkili olan toprak bileşenlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)* 14 (3), 1-14.
- Kutay, M., 2019. Yalova İlinde Farklı Arazi Kullanım Alanlarının Toprak Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Toprak Bilimi Bilim Dalı, Erzurum.
- Li, X.L., Chen, X.M., Zhou, L.C., Fang, K., 2008. Soil saturated hydraulic conductivity and its influential factors in Southwest Karst region of China. *J Irri Drain*, 27, 74–76.
- Lowery, B. and Morrison, J.E., 2002. Soil Penetrometers and Penetrability. *Methods of Soil Analysis, Part 4. Physical Methods*. In: Ed: J.H. Dane and G.C. Topp, *Soil Sci. Soc. of Amer. Inc.*, Madison, Wisconsin, 363-385.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Ed: A.L. Page. *Soil Sci. Soc. of Amer. Inc.*, Madison, Wisconsin, 199-224.
- MGM, 2021. Meteoroloji 12. Bölge Müdürlüğü. <https://erzurum.mgm.gov.tr/...>(10.10.2021)
- Musavi-jahro, S.H. and Shiravand, R., 2012. Determination of hydraulic conductivity applying empirical formulae and physical modeling. *Archives Des Sciences*, 65 (5), 15–21.
- Negiş, H., ve Şeker, C., 2019. Çumra Ovası, Çumra serisinin toprak kalite indislerinin belirlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Konya.
- Nelson, D.W. and Sommer. L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Ed: A.L. Page. *Soil Sci. Soc. of Amer. Inc.*, Madison, Wisconsin, 539-579.
- Odong, J., 2008. Evaluation of empirical formulae for determination of hydraulic conductivity based on grain-size analysis. *The Journal of American Science*, 4 (1), 1-6.
- Özdemir, N, Aşkın, T., Kurun, F. 2000. Toprakların bazı mekaniksel davranışlarını etkileyen bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin path analizi kullanılarak irdelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 31 (2), 83 – 89.
- Patil, N.G., Singh S. K., 2016. Pedotransfer functions for estimating soil hydraulic properties:

- A Review. *Pedosphere*, 26(4), 417–430.
- Polat, B., Öztürkmen, A.R. 2019. Bazalt ana materyal kökenli topraklardaki farklı arazi kullanımının toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Toprak Bilim Dalı. Şanlıurfa.
- Puckett, W.E., Dane, J.H. and Hajek, B.F., 1985. Physical and mineralogical data to determine soil hydraulic properties. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 49 (4), 831-836.
- Qiao, J., Zhu, Y., Jia, X., Huang, L. and Shao, M. (2019). Pedotransfer functions for estimating the field capacity and permanent wilting point in the critical zone of the Loess Plateau, China. *Journal of Soils and Sediments*, 19 (1), 140–147.
- Rab, M. A., Chandra, S., Fisher, P.D., Robinson, N.J., Kitching, M., Aumann, C.D. and Imhof, M. 2011. Modelling and prediction of soil water contents at field capacity and permanent wilting point of dryland cropping soils. *Soil Research*, 49 (5), 389–407.
- Rasoulzadeh, A., 2010. Estimating Hydraulic Conductivity Using Pedotransfer Functions. *Hydraulic Conductivity - Issues, Determination and Applications*, Ed: Lakshmanan Elango, 146-164.
- Reinert, D.J., Albuquerque, J.A., Reicher, J.M., Aita, C. and Andrada, M.C., 2008. Bulk density critical limits for normal root growth of cover crops. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32 (5), 1805-1816.
- Rhoades, J.D., 1982. Cation Exchange Capacity. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., Ed: A.L. Page. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc., Madison, Wisconsin, 149-157.
- Rosas, J., Lopez, O., Missimer, T.M., Coulibaly, K.M., Dehwah, A.H.A., Sesler, K., Lujan, L.R., Mantilla, D., 2014. Determination of hydraulic conductivity from grain-size distribution for different depositional environments. *Groundwater*, 52 (3), 399–413.
- Salarashayeri, A.F. and Siosemarde, M., 2012. Prediction of soil hydraulic conductivity from particle-size distribution. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 6(1), 16-20.
- Salih, R.O. and Maulood, A.O. 1988. Influence of temperature and cycles of wetting and drying on modulus of rupture. *Soil and Tillage Research*, 11 (1), 73–80.
- Sarki, A., Mirjat, M.S., Mahessar, A.A., Kori, S.M. and Qureshi, A.L., 2014. Determination of saturated hydraulic conductivity of different soil texture materials, 7 (12), 56-62.
- Saxton, K.E., and Rawls, W.J., 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Sci. Soc. of Amer. J.*, 70 (5), 1569.
- Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E.C., 2012. *Soil Survey Staff. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version, 3.* Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- Serawat, M., Phogat, V.K., Serawat, A., and Kapoor, A., 2020. Evaluation of the effect of different physico-chemical properties of soil on modulus of rupture (MOR). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9 (3), 1049–1056.
- Şeker, C. Karakaplan, S. 1999. Konya ovasında toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. 23, 183-190.
- Şeker, C., 1999. Penetrasyon direnci ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (3), 583-588.
- Şenol, N.D. 2017. Erzurum-Şenkaya-Gaziler Yöresi Toprak Özelliklerinin Yersel

- Değişkenliğinin Haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Toprak Bilimi Bilim Dalı. Erzurum.
- Turan, İ.E., 2019. Toprak Özellikleri ile Doygun Hidrolik İletkenlik Arasındaki İlişkilerin Pedotransfer Fonksiyonlarla Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Toprak Bilimi Bilim Dalı. Erzurum.
- Turgut, B. ve Öztaş, T., 2012. Bazı toprak özelliklerine ait yersel değişimin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fak. Derg., 7 (2), 10-22.
- Turgut, B., Aksakal, E.L., Öztaş, T. Babagil, G.E., 2008. Penetrasyon direncine etki eden toprak özelliklerine ait etki katsayılarının çoklu regresyon analizi ile belirlenmesi.. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 39 (1), 115–121.
- Turgut, B., Öztaş, T. ve Aksakal, E.L., 2010. Bazı toprak özelliklerinin penetrasyon direnç değerlerine doğrudan ve dolaylı etkileri. Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fak. Derg., 5 (2), 45-53.
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ülgen, N., ve Yurtsever, N., 1995. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, 230, Ankara.
- Valentin, C., 2005. Surface crusts of semi-arid sandy soils : types, functions and management. International Water Management Institute, National Agriculture and Forestry Research Institute, Vientiane, Laos, 4, 182-188.
- Wang, Y.G., Li, Y. and Xiao, D.N., 2008. Catchment scale spatial variability of soil salt content in agricultural oasis, Northwest China. Environ. Geol., 56 (2), 439–446.
- Wang, Y.Q., Shao, M.A. and Liu, Z.P., 2012 Pedotransfer functions for predicting soil hydraulic properties of the Chinese Loess Plateau. Soil Sci., 177, 424–432
- Whiteley, G.M. and Dexter, A.R., 1981. The dependence of soil penetrometer pressure on penetrometer size. Journal of Agricultural Engineering 26, 467-476.
- Yılmaz, O., 1991. Tortum Çayı Havzasının Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası. Doktora Tezi, Atatürk Üni., Sosyal Bilimler Enst. Coğrafya Anabilim Dalı, Erzurum.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Muhammet Mesut BAYKAL
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	