ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ARAZİ KULLANIMLARINDA İNFİLTRASYON HIZI İLE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yavuz Şuayip YALIM

TARIM VE YAŞAM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yavuz Şuayip YALIM tarafından hazırlanan **"Farklı Arazi Kullanımlarında İnfiltrasyon Hızı İle Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Değerlendirilmesi"** adlı tez çalışması 27/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Gülay KARAHAN

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN
Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Ankara Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Gülay KARAHAN
Bitki Materyali ve Yetiştiriciliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Farklı arazi kullanımlarında infiltrasyon hızı ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı" ile tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (27/09/2021).

Yavuz Şuayip YALIM

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından OF210621L18 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ARAZİ KULLANIMLARINDA İNFİLTRASYON HIZI İLE BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yavuz Şuayip YALIM

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülay KARAHAN

İnfiltrasyon araştırmalarında en iyi performansın sağlandığı tüm koşullar için en etkili faktörler toprak özellikleri ve arazi kulanım türüdür. Toprak infiltrasyon kapasitesi önemli bir parametredir ve aynı zamanda toprak kalitesi ve toprak verimliliğinin iyi bir göstergesidir. Bu nedenle farklı arazi kullanım altındaki topraklar için infiltrasyon özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde anlaşılması gerekir. Bu çalışmada, bazı farklı arazi kullanımı altındaki toprakların infiltrasyon hızı ile temel toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ankara ili Çubuk ilçesi sınırları içinde kalan 3 farklı bölgeden (mera, nadas ve meyve bahçesi) GPS ile belirlenen 30 noktadan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinde infiltrasyon hızı (Minidisk infiltrometre ile) ve hacim ağırlığı ölçülmüş, hidrolik iletkenlik ve sorptivite değerleri infiltrasyon ölçümlerinden elde edilmiştir. Bozulmuş toprak örneklerinde temel fiziksel ve kimyasal toprak analizleri ile morfolojik tanımlamalar yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre en yüksek ortalama infiltrasyon hızı değerleri meyve bahçesi örneklerinde, en düşük değerler ise mera alanından alınan örneklerde kaydedilmiştir. Farklı arazi kullanımlarında ölçülen toprak değişkenleri ile infiltrasyon hızı arasındaki ilişkileri değerlendirmek için korelasyon analizi, tek yönlü ANOVA ve faktör analizleri kullanılmıştır. İnfiltrasyon hızı sırasıyla merada sorptivite (0,72), nadasta kum (0,69) ve meyve bahçesinde hidrolik iletkenlik (0,86) özellikleri ile en yüksek korelasyonu göstermiştir. Ortalama infiltrasyon hızları bu topraklarda farklı bulunmuştur. Ayrıca farklı arazi kullanımlarındaki infiltrasyon hızları farklı toprak değişkenleri ile aynı faktörlere yüklenmiştir. Farklı arazi yönetimi uygulamaları nedeniyle, arazi kullanımı ve arazi yönetimi değişikliklerinin tarımsal faaliyetlerde olabilecek etkilerinin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için bu tür ek ölçümlerin yapılması gerekir.

2021, 72 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: İnfiltrasyon hızı, Arazi koşulları, Morfoloji, Faktör analiz

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN INFILTRATION RATE AND SOME SOIL PROPERTIES IN DIFFERENT LAND USE

Yavuz Şuayip YALIM

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture and Life Science

Advisor: Asst. Prof. Dr. Gülay KARAHAN

The most influential factors for all conditions where the best performance in infiltration surveys is achieved are soil properties and land use type. Soil infiltration capacity is an important soil parameter and also a good indicator of soil quality and soil fertility. Therefore, a detailed understanding of infiltration properties is required for soils under different land use complexes. In this study, the effect of soil properties under different land uses on infiltration values was investigated. Disturbed and undisturbed soil samples were taken from 30 points determined by GPS from 3 different regions (pasture, fallow and orchard) within the borders of Çubuk district of Ankara province. Infiltration rate (with Minidisk infiltrometer) and bulk density were measured in undisturbed soil samples and hydraulic conductivity and sorptivity values were obtained from infiltration measurements. Basic physical and chemical soil analyzes and morphological descriptions were made in disturbed soil samples. In order to digitize the morphological features, the coding system created with the help of land soil identification cards was used.According to the measurement results, the highest infiltration rate values were recorded in the orchard samples and the lowest values were recorded in the samples taken from the pasture area. Correlation analysis, one-way ANOVA and factor analyzes were used to evaluate the relationships between soil variables measured in different land uses and infiltration rate. Infiltration rate showed the highest correlation with sorptivity (0.72), sand (0.69), and hydraulic conductivity (0.86) in pasture, fallow and orchard, respectively. Average infiltration rates were found different in these soils. In addition, infiltration rates in different land uses were loaded on the same factors with different soil variables. Due to different land management practices, such additional measurements need to be made in order to accurately assess the potential impacts of land use and land management changes on agricultural activities.

2021, 72 pages

Keywords: Infiltration rate, Land conditions, Morphology, Factor analysis

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmanın başından sonuna tüm aşamasında sabır ve hoşgörü ile her zaman destek olan, bilgi ve tecrübeleri ile bana hep yol gösteren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülay KARAHAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Ders aşamasında ve laboratuvar çalışmalarımda engin bilgilerini esirgemeyen tez jüri üyesi Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji ABD Öğretim Üyesi Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN'e ve laboratuvar çalışmalarımda desteğini ve bilgilerini esirgemeyen tez jüri üyesi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Hasan Sabri ÖZTÜRK'e değerli katkıları için çok teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımda ve analizlerde yardımcı olan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma Görevlileri Dr. Muhittin Onur AKÇA, Çağla TEMİZ, Dr. Hanife AKÇA, Dr. Mehmet Burak TAŞKIN ve Bölüm Teknisyeni Özlem GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Ayrıca her zaman ve her koşulda benden desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Yavuz Şuayip YALIM

Çankırı, Eylül 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
3. MATERYAL VE METOT **10**
3.1 Araştırma Alanının Genel Tanıtımı **10**
3.1.1 Jeoloji ve topoğrafya **10**
3.1.2 İklim **11**
3.1.3 Topraklar **12**
3.1.4 Bitki örtüsü **13**
3.2 Yöntem **14**
3.2.1 Toprak örnekleme **14**
3.2.2 Toprak fiziksel analizleri **17**
3.2.3 Toprak kimyasal analizleri **23**
3.2.4 Toprak morfolojik tanımlamaları **25**
3.2.5 İstatistiksel analizler **32**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **34**
4.1 Toprak Örneklerinin Tanımsal İstatistikleri **34**
4.2 Toprak Örneklerinin İnfiltrasyon Hızları **39**
4.3 Toprak Değişkenlerine Ait Faktör Analizleri **44**
4.3.1 Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi **45**
4.3.2 Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi **48**
4.3.3 Meyve bahçesi alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi **51**
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **56**

KAYNAKLAR 57
EKLER..... 68
ÖZGEÇMİŞ..... 72

SİMGELER DİZİNİ

cm	Santimetre
cm^3	Santimetreküp
dS	Desisiemens
g	Gram
ha	Hektar
km	Kilometre
km^2	Kilometrekare
lt	Litre
m	Metre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
mg	Miligram
mm	Milimetre
mol	Mol
sn	Saniye

KISALTMALAR DİZİNİ

AO	Aritmetik ortalama
ASI	Agregat stabilite indeksi
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
CO_2	Karbondioksit
COLE	Toprak doğrusal uzama katsayısı
EC	Elektriksel iletkenlik
GB	Gözenek büyüklüğü
GM	Gözenek miktarı
GPS	Küresel konumlama sistemi
HA	Hacim ağırlığı
HKT	Hava kuru toprak ağırlığı
IH	İnfiltrasyon hızı
K	Hidrolik iletkenlik
KB	Kök büyüklüğü
KM	Kök miktarı
L	Toprak kolonu uzunluğu
Ld	Kuru çubuğun uzunluğu
LL	Likit limit
Lm	Nemli çubuğun uzunluğu
M	Mera alanı
Mak.	Maksimum
MDI	Minidisk infiltrometre
Min.	Minimum
N	Nadas alanı
OM	Organik madde
PD	Penetrasyon direnci
pH	Toprak reaksiyonu
PI	Plastiklik Limiti
S	Sorptivite
SN	Solma noktası
SS	Standart sapma
TK	Tarla kapasitesi
VK	Varyasyon katsayısı
Y	Meyve bahçesi
YB	Yapı büyüklüğü
YD	Yapı derecesi
YS	Yapı sınıfı
YT	Yapı tipi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnfiltrasyon hızı ve birikimli (kümülatif) infiltrasyonun zamanla değişimi 3
Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu 10
Şekil 3.2 Çubuk ilçesi jeoloji haritası 11
Şekil 3.3 Çubuk ilçesi arazisinin niteliklerine göre dağılımı 13
Şekil 3.4 Mera alanında bulunan bitki örtüsü 13
Şekil 3.5 Toprak örnekleme noktalarının çalışma sahasındaki dağılımı..... 14
Şekil 3.6a Toprak örneklerinin alındığı nadas alanından görüntüler 15
Şekil 3.6b Toprak örneklerinin alındığı mera alanından görüntüler 15
Şekil 3.6c Toprak örneklerinin alındığı meyve bahçesinden görüntüler 15
Şekil 3.7 İnfiltrasyon ve hacim ağırlığı ölçümü için alınan toprak örnekleri 16
Şekil 3.8 Mera alanından alınan bozulmuş toprak örnekleri..... 16
Şekil 3.9 Nadas alanından alınan bozulmuş toprak örnekleri 16
Şekil 3.10 Meyve bahçesinden alınan bozulmuş toprak örnekleri..... 17
Şekil 3.11 Arazide kullanılan penetrometre..... 17
Şekil 3.12 İnfiltrometre aleti 18
Şekil 3.13 Toprak örneklerinin analizlere hazırlanması 20
Şekil 3.14 Toprak bünyesi analizi..... 21
Şekil 3.15 Tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri..... 21
Şekil 3.16 Agregat stabilitesi analizi..... 22
Şekil 3.17 Toprak örneklerinde uzama katsayısının belirlenmesi 23
Şekil 3.18 Toprak organik madde analizi 24
Şekil 3.19 Toprak kireç analizi 24
Şekil 3.20 Toprak renkleri için kullanılan munsell skalası 25
Şekil 3.21 Toprak örneklerinin renk görünümü 25
Şekil 3.22 Toprak yapı örnekleri..... 27
Şekil 3.23 Toprak örneklerinin kıvam (consistence) tanımlaması..... 29
Şekil 3.24 Toprak örneklerinin yapışkanlığının belirlenmesi 30
Şekil 3.25 Toprak örneklerinde plastiklik ölçümü 31
Şekil 3.26 Toprak örneklerinde köklerin görünümü 31
Şekil 4.1 Mera alanı (M) toprak örneklerine ait infiltrasyon hız grafikleri 40
Şekil 4.2 Nadas alanı (N) toprak örneklerine ait infiltrasyon hız grafikleri..... 41
Şekil 4.3 Meyve bahçesi (Y) toprak örneklerine ait infiltrasyon hız grafikleri 42
Şekil 4.4 Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiği 45
Şekil 4.5 Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiği 48
Şekil 4.6 Meyve bahçesi alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiği 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Ankara ili Çubuk ilçesinin belirli iklim özelliklerine ait değerler 12
Çizelge 3.2 Toprak penetrasyon direnci sınıflama değerleri 17
Çizelge 3.3 2,25 cm disk yarıçapı ve 0,5 ila 6 cm. arasında değişen emme değerleri için A değerleri 19
Çizelge 3.4 Hacim ağırlığı sınıflama değerleri 20
Çizelge 3.5 Toprak örneklerinin renklerine göre oluşturulan kodlar 26
Çizelge 3.6 Toprak yapısının tip bakımından tanımlanmasında kullanılan kriterler 26
Çizelge 3.7 Toprak yapısının büyüklük tanımlanmasında kullanılan kriterler 26
Çizelge 3.8 Toprak yapısının sınıf bakımından tanımlanmasında kullanılan kriterler 27
Çizelge 3.9 Toprak gözenekliliğinin miktar ve büyüklük bakımından sınıflandırılması . 28
Çizelge 3.10 Toprak gözeneklerinin (porlar) tip bakımından sınıflanması 28
Çizelge 3.11 Toprak gözeneklerinin (porlar) şekil olarak sınıflanması 28
Çizelge 3.12 Toprak kıvamı (consistence) sınıflandırılmasında kullanılan kriterler 29
Çizelge 3.13 Toprak yapışkanlığının sınıflandırılmasında kullanılan kriterler 30
Çizelge 3.14 Toprak plastikliğinin tanımlanmasında kullanılan kriterler 31
Çizelge 3.15 Toprak örneklerinde köklerin tanımlanmasında kullanılan kriterler 32
Çizelge 3.16 Toprak örneklerinde benekliliği belirlemede kullanılan kriterler 32
Çizelge 4.1 Toprak değişkenlerinin mera alanında tanımsal istatistikleri 34
Çizelge 4.2 Toprak değişkenlerinin nadas alanında tanımsal istatistikleri 35
Çizelge 4.3 Toprak değişkenlerinin meyve bahçesinde tanımsal istatistikleri 36
Çizelge 4.4 İnfiltrasyon hızı sınıfları 38
Çizelge 4.5 Toprak özelliklerinin değişkenliği ve çarpıklık durumu 38
Çizelge 4.6 Mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarındaki ortalama infiltrasyon hızı ve ortalama sorptivite değerleri için tek yönlü varyans analizi 44
Çizelge 4.7 Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamaları 46
Çizelge 4.8 Mera alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ait faktör analizi sonuçları 47
Çizelge 4.9 Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamaları 49
Çizelge 4.10 Nadas alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ait faktör analizi sonuçları 50
Çizelge 4.11 Meyve bahçesi toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımları 52
Çizelge 4.12 Meyve bahçesinde toprak parametrik ve morfolojik örneklerine ait faktör analizi sonuçları 53

1. GİRİŞ

Gelecekteki bazı araştırmacılar için hidroloji biliminin şimdiki dönemini infiltrasyon (sızma) dönemi olarak adlandırmak muhtemelen cazip gelecektir (Cook 1946). Bu benzetimden önce, infiltrasyon, yağmur veya sulama suyunun toprak yüzeyinden toprak profiline doğru sızması olarak tanımlanmıştır (Horton 1933).

Sıvılar, kuru gözenekli bir ortam ile temas ettiğinde, kılcallık nedeniyle gözenekli malzemede akış oluşur. Bu hareket yerçekimi kuvvetlerinin yokluğunda meydana geldiğinde (örneğin yatay akışta olduğu gibi) sorpsiyon süreci, yerçekimi etkisi altında meydana geldiğinde ise infiltrasyon süreci olarak kabul edilir (Assouline 2013). İnfiltrasyon, toprak profili içindeki suyun potansiyel enerjisindeki farklılıklar nedeniyle meydana gelmektedir. Su daha büyük potansiyel enerjiye sahip bir noktadan daha düşük potansiyel enerjiye sahip noktaya akar (Easton and Bock 2016). Toprak taneleri ıslandıktan sonra fazla su aşağıya doğru hareket eder (Dagadu and Nimbalkar 2012). Brutsaert (2005), infiltrasyonu kısaca suyun toprak yüzeyine girişi ve ardından toprak profili boyunca dikey hareketi olarak tanımlamıştır.

İnfiltrasyon, toprak-bitki-atmosfer sisteminde su akışını, depolanmasını ve yeraltı suyunun beslenmesini kontrol eden başlıca süreçlerden biridir (Marshall *et al.*1996, Brutsaert 2005) ve çok sayıda faktöre bağlı karmaşık bir süreçtir. Bu faktörler; su temin oranı, su uygulaması için geçen süre, toprak ve suyun kimyasal bileşimleri, toprağın fiziksel ve morfolojik özellikleri, toprak hidrolik özelliklerinin mekansal değişkenliği ve dağılımı, başlangıç ve sınır koşulları, topoğrafya, sıcaklık, biyolojik ve mikrobiyolojik faaliyetlerdir. Bu nedenle, infiltrasyon, suyun toprak profili içerisindeki makro ölçekli davranışını etkileyen bir dizi mikro ölçekli süreci içeren bir olgudur (Assouline 2013). Bir toprağın infiltrasyon kapasitesi veya potansiyel infiltrasyon hızı ise toprak yüzeyinin suyu emebildiği maksimum hızdır (Horton 1940). Toprağın sızma kapasitesi, akış için mevcut olan yağış fazlasının miktarını ve zaman dağılımını belirlediği için (Venkata *et al*. 2008), su kaynağı infiltrasyon kapasitesini aştığında, suyun yalnızca bir kısmı sızar

ve kalan kısmı toprak yüzeyinde göllenir veya yerel topoğrafyaya göre akış haline geçer (Assouline, 2013).

İnfiltrasyon, arazi-yüzey ve yeraltı hidrolojisindeki ve tarımsal sulamadaki temel rolü nedeniyle uzun süredir tarım ve su araştırmalarının odak noktası olmuştur (Milla and Kish 2006). Bu nedenle geçmişte infiltrasyon sürecinin farklı yönleri hakkında birçok inceleme yapılmış (Gardner 1960, Philip 1969, Skaggs 1982, Parlange *et al*. 1999, Raats *et al*. 2002, Hopmans *et al*. 2007), kitaplar (Childs 1969, Bear 1972, Chow *et al*. 1988, Hillel 1998, Warrick 2003, Brutsaert 2005, Delleur 2007) yazılmış ve eşitlikler (Darcy 1856, Buckingham 1907, Richard 1931) geliştirilmiştir.

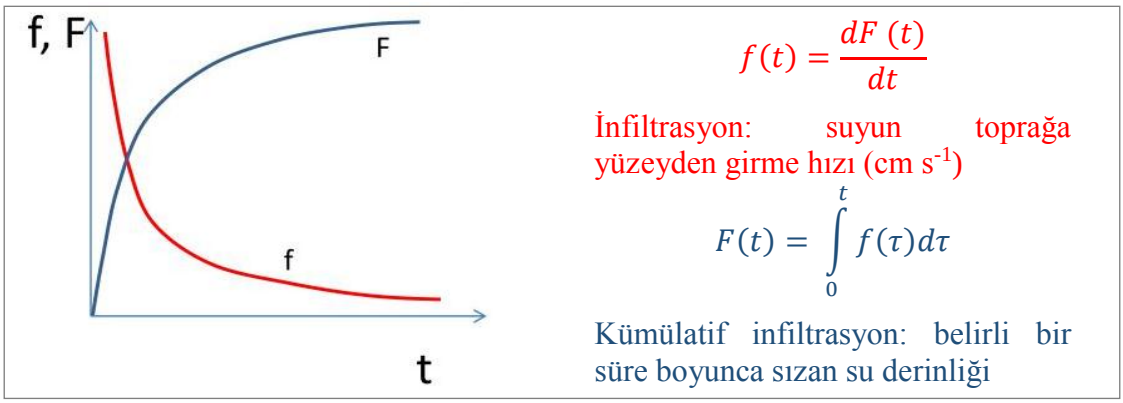
Philip (1957a,b, ve 1969)'in Richards denkleminin ilk analitik çözümünü sunduğu çalışmada infiltrasyon, tanımı gereği, yerçekiminin yalnızca küçük bir rol oynadığı nispeten kuru bir toprak profiline sızmanın ilk aşamaları olarak belirtilmiştir (Eş.1).

$$I = St^{0.5} + At \qquad (1.1)$$

Eşitlikte I: kümülatif infiltrasyon (cm s^{-1}), S: sorptivite (cm $s^{-1/2}$), t: zaman (dak), tek boyutlu dikey sızma için A, toprağın doymuş hidrolik iletkenliği (K) ile orantılıdır.

İnfiltrasyon, kümülatif infiltrasyon ve infiltrasyon hızı dahil olmak üzere birçok yolla ölçülebilir. Kümülatif infiltrasyon, toprağa belirli bir süre boyunca sızan toplam su miktarıdır (Chu 1978)(Şekil 1.1). İnfiltrasyon hızı ölçümü, sulama ve drenajın etkinliğinin, bitki gelişimi ve metabolizması için su mevcudiyetinin optimize edilmesinin, ürün verimini artırmanın ve erozyonun düşürülmesi açısından önemlidir (Adeniji *et al.* 2013). Sulama sistemlerinin başarılı şekilde projelendirilmesi, tasarımı, işletimi, yönetimi ve hidrolik değerlendirmesi öncelikle toprakların infiltrasyon özelliklerinin bilinmesine bağlıdır (Delibaş ve Okuroğlu 1980), çünkü toprağın infiltrasyon davranışı uygulama süresi ve sızma derinliği gibi temel değişkenleri doğrudan belirler (Adeniji *et al.* 2013, Sarmadian and Mehrjardi 2014). Bu nedenle suyun verimli bir şekilde yönetimi infiltrasyonun doğru bir şekilde kontrol edilmesini

gerektirmektedir (Patle *et al.* 2019). Kontrollü infiltrasyon, arazi taşkınları, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi, azalan su tablaları, tarım arazilerinin verimsiz sulanması ve faydalı suyun israfı gibi geniş kapsamlı sorunların çözülmesine yardımcı olmaktadır (Rashidi *et al.* 2014).



Şekil 1.1 İnfiltrasyon hızı ve birikimli (kümülatif) infiltrasyonun zamanla değişimi (Anonyoumus, 2014)

Toprak infiltrasyon hızı, suyu yüzeyden toprak profiline dağıtan ve transfer mekanizması nedeniyle yüzey sulama homojenliğini, verimliliğini (Rashidi *et al.* 2014), gübreleme verimini, çevresel kaliteyi ve koruma konularını etkileyen en önemli süreçtir (Assouline, 2013). Bir toprağın infiltrasyon hızı, toprak yüzeyinin başlangıç koşulları, toprağın yapısı ve mekanik davranışı, toprağın tipi, yoğunluğu, dokusu, sıcaklığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Angelaki *et al.* 2013). Kısaca, toprak özellikleri, sızma oranını yöneten önemli parametrelerdendir (Patle *et al.* 2019). Toprak özelliklerinin dinamikleri dolayısıyla toprak infiltrasyonu üzerinde dikkate değer etkilere sahip diğer bir faktör ise arazi kullanımıdır (Biro *et al.* 2013).

Arazi kullanımı ve yönetiminin zamansal değişimi veya günlük ve mevsimsel değişiklikler gibi doğal rahatsızlıklar ve döngüler, infiltrasyon gibi toprak hidrolik özelliklerini etkiler. İnfiltrasyon farklı arazi koşullarına bağlı olarak toprak, yağış veya sulama özelliklerine, bitki örtüsü ve türüne ve ürün ve arazi yönetimine göre değişmektedir (Vereecken *et al.* 2019). Örneğin, tarım makinelerinin hareketi nedeniyle sıkıştırılmış topraklar, akış oluşumuna yatkın olan düşük bir infiltrasyon oranına sahiptir (Dagadu and Nimbalkar 2012). Özellikle ormandan otlaklara ve ekili alanlara arazi

kullanımı değişikliği, infiltrasyon hızının azalmasına neden olan organik madde kaybı ve artan hacim ağırlığı (Mwendera and Saleem 2010) dahil olmak üzere toprak özelliklerinde dikkate değer değişikliklere neden olmaktadır (Lepsch *et al*. 2010).

İnfiltrasyon, toprağın hidrolik özellikleri, yapısı, hacim ağırlığı gibi birçok özelliği toprak sınıflandırması aynı olsa bile arazi kullanımı ve yönetiminden güçlü bir şekilde etkilenir (Zhou *et al*. 2008). Toprak hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, gözeneklilik, yüzeye yakın hidrolik iletkenlik (Lal 1996, Zimmermann *et al.* 2006), sızabilirlik ve doymuş hidrolik iletkenlikteki (Scheffler *et al.* 2011, Horel *et al.* 2015) değişiklikler, arazi kullanımı değişikliğinin olası sonuçları olarak tanımlanmaktadır. Arazi kullanım şeklinin toprağın fiziksel özelliklerinde önemli bir değişikliğe neden olabildiği ve dolayısıyla toprak infiltrasyon oranını etkilediği birçok çalışmada belirtilmiştir (Fu *et al.* 2000, Shukla *et al.* 2003, Yimer *et al.* 2008). Ancak önceki çalışmalarda, bitki ve toprak sisteminin karmaşıklığı nedeniyle arazi kullanım değişikliğinin infiltrasyon kapasitesi üzerindeki etkileriyle ilgili genel sonuçlar tam olarak çıkarılamamıştır.

Arazi kullanım şeklinin infiltrasyonu etkileyen ana faktörlerden birisi olarak kabul edilmesine rağmen, toprağın infiltrasyon kapasitesindeki farklılıklar çok net değildir (Sun *et al.* 2018). Oysa toprakların farklı arazi kullanımlarına dönüştürülmesinden sonra toprak yönetimi ile ilgili ihtiyaç duyulan bilgilere ulaşmak önemlidir. Bir toprağın infiltrasyon hızı hakkında yeterli bilgi, toprak ve su ile ilgili çevresel tehlikelerin güvenilir şekilde tahmin edilmesi ve kontrolü içinde esastır (Patle *et al.* 2019). Bu çalışmanın amacı, farklı arazi kullanımları altındaki (mera, nadas ve meyve bahçesi) toprakların infiltrasyon hızları ile bazı fiziksel, kimyasal ve morfolojik toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesidir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Suyun toprağa infiltrasyonu, su döngüsündeki anahtar süreçtir. Su yönetimi için infiltrasyonu anlamanın ve tahmin etmenin önemi nedeniyle bu konu ile ilgili literatür oldukça geniştir. Ancak bu literatürün hepsinin tam olarak incelenmesi mümkün değildir. Ayrıca bu literatürlerde çalışma sonuçları ile ilgili tartışmalardayer almaktadır. Bununla birlikte akış olaylarını değiştiren bir faktör olarak infiltrasyon kavramı hala nispeten yenidir (Beven, 2021).

Önceki çalışmalar, toprak infiltrasyon kapasitesinin temel olarak hem bitki örtüsü özellikleri hem de toprak fiziksel özellikleri tarafından kontrol edildiğini göstermiştir (Tromble *et al.* 1974, Wood and Blackburn 1981, Jimenez *et al.* 2006, Fischer *et al.* 2014, Leung *et al.* 2015). İnfiltrasyon hızını etkileyen önemli değişkenlerden bazıları; toprağın ve toprak yüzeyi kaplayıcıların fiziksel karakteristikleri, eğim, yağmur şiddeti, toprak işleme yöntemi, kaymak tabakası varlığı ve özellikleri, profilin katman sayısı ve durumu, toprak yüzeyinin durumu, toprağın sıcaklığı, toprak yapısı, gözenekliliği ve toprak su içeriği, toprak nem seviyesi farkı vekillerin yapısı olarak belirtilebilir (Hillel 1982).

Bir topraktaki kil yüzdesi arttıkça, daha küçük kil parçacıkları su akışını kısıtlayan nispeten daha küçük toprak gözenekleri oluşturduğundan infiltrasyon azalma eğilimindedir. Ayrıca, toprağın kil fraksiyonunu oluşturan kil tipi sızmayı etkileyebilir. Kuruyunca büzülen, ıslanınca şişen killere büzülerek kabaran killer denir. Büzülme-şişme killeri için geniş ölçüde değişen sızma oranları meydana gelebilir. Büzülme-şişme killeri kuruduğunda, kristalin kil yapısı çöker veya büzülür, bu da toprakta büyük kanallar gibi davranan çatlakların oluşmasına, bu nedenle o toprağın sızma oranının büyük ölçüde artmasına neden olur. Bununla birlikte, ıslanıp yeniden hidrate olduktan sonra, kristalli kil yapısı genişler veya şişer, bu da çatlakların kapanmasına ve infiltrasyonun büyük ölçüde azalmasına veya tamamen durmasına neden olur (USDA NRCS 2014b).

Toprağın doku ve kil tipine benzer şekilde, başlangıçtaki toprak nemi infiltrasyonu büyük ölçüde etkileyebilir. Kuru veya doygunluk su içeriğine sahip toprakların infiltrasyon hızı, tarla kapasitesi civarındaki nem içeriğindeki topraklara nazaran düşüktür. Genel olarak, bir toprağın nem içeriği arttıkça toprağın hidrolik iletkenliği de artar. Bu nedenle kuru (örneğin hava kuru topraklar) topraklar genellikle suyu iyi iletmezler ve dolayısıyla sızma oranları düşüktür. Tersine, doygunluğa yakın nem içeriğine sahip topraklar, sızan suyu depolamak için çok az gözenek alanına sahiptir, bu da düşük infiltrasyona yol açar (Harper *et al.* 2008).

Toprağın hacim ağırlığı infitrasyonu önemli ölçüde etkileyebilir (Patel and Singh 1981). Toprağın hacim ağırlığı arttıkça, toprak gözenekliği azalır. Bu durum, toprağın suyu yeterince hızlı iletememesine ve infiltrasyon hızının azalmasına neden olur (USDA-NRCS 2014b, Sajjadi *et al.* 2016).

Hidrolik iletkenlik ve toprak infiltrasyon hızı arasında önemli pozitif ilişki bulunmuştur (r=0,836) (Çimen 2019). Özdemir (1998)'e göre, toprak hidrolik özellikleri toprakların strüktürü ve strüktür stabilitesi hakkında bilgi verir. Smith (1949) strüktürde meydana gelen ufak değişikliklerin bile infiltrasyon hızında önemli değişikliklere neden olduğunu belirtmiştir. Çimen (2019) sırrın serisinde yaptığı bir çalışmada infiltrasyon hızının en yüksek olduğu noktada strüktür stabilitesinin oldukça yüksek olduğunu kaydetmiştir.

Benzer şekilde toprak organik maddesi toprak strüktür stabilite indeksini artırma özelliği ile toprağın fiziksel özelliklerini iyileştiren ve infiltrasyon süreci üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip bir faktördür. Çimen (2019) toprak organik maddesi ve toprak infiltrasyon hızı arasında önemli derecede pozitif bir ilişki (r=0,892) bulunduğunu bildirmiştir. Mineral toprağın parçacık yoğunluğu organik maddenin yoğunluğundan çok daha fazla olduğu için, toprakta daha fazla miktarda organik madde, toprağın hacim ağırlığının azalmasına neden olabilir, bu da daha büyük gözenek boşluğuna neden olur ve genellikle daha fazla infiltrasyona yol açar (Franzluebbers 2002). Ek olarak, toprağın su tutma ve depolama kabiliyeti, toprak organik maddesi içeriği arttığında artma eğilimi gösterir ve bu da toprakta artan infiltrasyon ile sonuçlanabilir (USDA-NRCS 2014).

Toprak organik maddesi toprak taneciklerinin bir araya gelerek agregat oluşturmasını sağlar. Toprak agregasyonu genellikle büyük ve bağlantılı makro gözeneklerin varlığını ifade ettiğinden infiltrasyon üzerinde önemli bir faktördür ve özellikle kabuk oluşumunun ve sıkıştırmanın yüzeyi kapatabileceği toprak yüzeyine yakın yerlerde suyun hareketini büyük ölçüde kontrol eder (Morin *et al.* 1989, Cerda 1996).

Toprak su tutma kapasitesi, infiltrasyon, geçirgenlik ve sorptivite gibi toprak hidrolik özellikleri üzerinde etkili bir faktör toprak işlemedir. Çalışmalar, toprak işlemenin, infiltrasyon hızı ve sorptivitenin üzerindeki etkisinin, toprak agregasyonu, gözenekliliği, gözenek boyutu dağılımı ve infiltrasyon üzerinde güçlü kontrollere sahip olan toprak yapısı üzerindeki düzenleyici etkisiyle olduğunu göstermiştir (Elliott *et al.* 1999, Lipiec *et al.* 2009, Stavi *et al.* 2011).

Lipiec *et al.* (2009) sıkıştırılmamış ve sıkıştırılmış topraklarda farklı boyutlu agregatlar için farklı infiltrasyon hızı ve sorptivite değerleri bildirmiştir. Ayrıca, Shukla *et al.* (2003), makro veya biyogözenekler dahil olmak üzere gözenek sürekliliği ve düzenindeki farklılıkların, sorptivitedeki değişkenliğin temel nedeni olabileceğini kaydetmiştir.

Ancak, arazi kullanımı ve infiltrasyon hızı ilişkileri hakkında bildirilen çelişkili sonuçlar mevcuttur. Li *et al.* (2021), arazi kullanımı değişikliğinin genellikle toprak makro gözeneklerini azalttığını, ancak mikro gözenekleri artırdığını (Eynard *et al.* 2004), dolayısıyla toprağın hidrolik iletkenliğini azalttığını belirtmiştir (Osunbitan *et al.* 2005, Scheffler *et al.* 2011). Dexter (2004) ise toprak işlemenin topraktaki makro gözenekleri arttırdığını ve toprağın suyu tutabilme yeteneğini değiştirdiğini belirtmiştir. Makro gözeneklerin su iletimine etkisinde önemli olan süreklilik gösterme durumlarıdır. Edwards (1982) makro gözenekler toprak yüzeyi ile bağlantılı olduğunda, suyun iletiminin bu gözeneklerin orijinleri, şekilleri, yapısı ve bükümlülükleri tarafından belirlendiğini kaydetmiştir. Bu durumda işlenmeyen toprakların infitrasyon hızları daha yüksek olacaktır. Çünkü işlenmeyen toprakların makro-gözenek ağlarının toprak yüzeyine kadar süreklilik gösterebildiği bildirilmiştir (Erşahin 2001). İnfiltrasyon hızı, hacim ağırlığındaki artışla ve hava dolu gözeneklerde azalma ile azalmaktadır. Bu

nedenle, toprakta büyük miktarlarda makro gözeneklerin olması infiltrasyon hızını arttırmaktadır.

Genel olarak, süreklilik gösteren makro gözeneklerin (Hagen *et al.* 2002) ve solucan aktivitelerinin varlığından dolayı (Willoughby *et al.* 1997) korumalı toprak işleme için geleneksel toprak işlemeden daha yüksek infiltrasyon hızı değerleri rapor edilmiştir (Shukla *et al.* 2003, Lipiec *et al.* 2006, Shaver *et al.* 2013). Ayrıca, solucan kanalları, çürümüş kök kanalları ve çatlaklar gibi yapısal makro gözenekler, infiltrasyon hızı üzerinde önemli bir kontrole sahip olabilir. Toprak işleme, toprak yüzeyine açık olan biyolojik ve yapısal kökenli sürekli olan bu makro gözenekleri tahrip ederken, agregatlar arası boşlukları arttırır. Jarvis *et al.* (1987), geniş büzülme çatlaklarının, büzülme-şişme davranışına sahip killi topraklarda su iletimine önemli ölçüde katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Toprak profili içerisinde yarık ve çatlakların bulunması durumunda infiltrasyon hızı oldukça yüksek seviyelere çıkabilmektedir (Ertuğrul ve Apan 1979). Bununla birlikte, toprak profilinde sıkışmış tabakanın bulunmasıda suyun derine iletilmesini yani infiltrasyon hızını azaltmaktadır. İnfiltrasyon hızı, aynı zamanda en düşük doygun hidrolik iletkenliğe sahip toprak tabakası tarafından kontrol edilmektedir (Hillel 1982).

Li *et al.* (2001), kalıntı örtüsü ile infiltrasyon hızı arasında anlamlı bir ilişki (r=0.98) bulmuş ve kararlı durum infiltrasyon hızının kalıntı örtüsü miktarı ile orantılı olarak arttığını belirtmişlerdir. Shaver *et al.* (2013)'a göre bitki kalıntısı infiltrasyon hızını teşvik etmektedir. Bu çalışmada artan kalıntı ilavelerinin, toprak yapısını ve toprak agregasyonunu güçlendiren toprak organik maddesini artırma potansiyeline sahip olduğunu ve böylece toprağın su tutma potansiyelini artırdığı kaydedilmiştir. Baumhardt and Lascano (1996) kümülatif infiltrasyonun çıplak toprakta en düşük (28.7 mm) olduğunu ve toprak yüzeyinde artan kalıntı miktarlarıyla eğrisel olarak arttığını kaydetmiştir. Çoğunlukla, geleneksel işlenen topraklara kıyasla, işlenmeyen topraklar için daha yüksek infiltrasyon hız değerleri rapor edilirken, bazı durumlarda ise yüzey örtüsü bulunan toprakların sürülmesinin infiltrasyonu önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Edwards 1982).

Omuto (2008) tarafından arazi kullanımının meralardan ekili alanlara kaydırılmasının infiltrasyon hızında önemli bir düşüşe yol açtığını bildirmiştir. Çünkü, ot kökleri ve solucan aktivitelerinin tercihi su akışını teşvik etme potansiyeline sahip olması nedeniyle mera alanlarında daha büyük infiltrasyon hızı beklenir (Lichner *et al.* 2011).

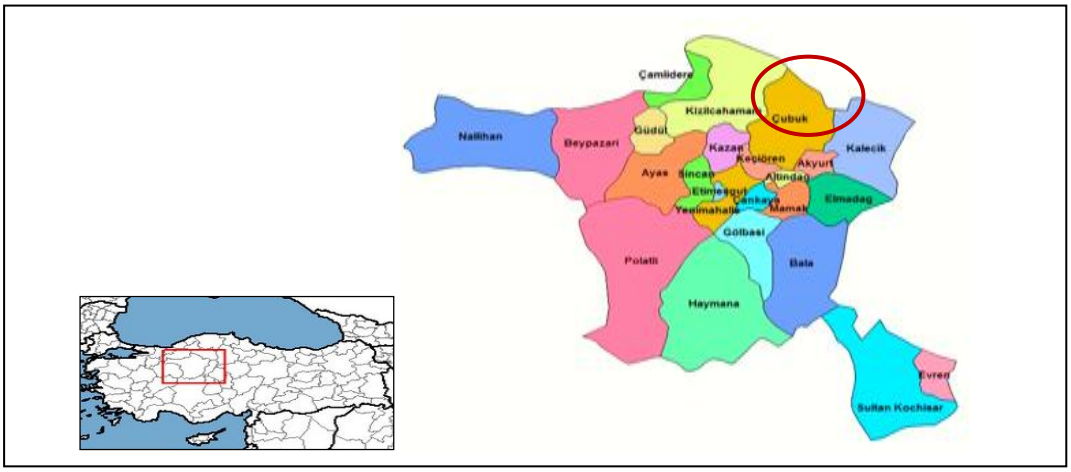
Benzer şekilde, Agnihotri and Yadav (2009), mera alanları için tarım topraklarına kıyasla altı kat daha yüksek infiltrasyon değerleri kaydetmiş ve bu sonucu meralardaki kök sistemi tarafından su ileten minyatür kanalların oluşumuna bağlamışlardır. Bununla birlikte sıkıştırma, toprak su akışı üzerinde kritik bir etkiye sahip olan toprak gözenek yapısını değiştirebilir (Lipiec *et al.* 2009). Bu nedenle mera alanlarında otlatma veya araç trafiği gibi nedenler ile toprak sıkışmasının artabileceği ve dolayısıyla infiltrasyon oranının azalacağı bildirilmektedir.

Arazi kullanımı değişikliği ve toprak yönetimi, toprak özelliklerinin çoğunu etkiler ve sızma koşullarını ve yeraltı suyu deşarjını değiştirebilir. Dolayısıyla toprak özelliklerindeki yerel değişiklikler daha geniş alanların hidrolojik koşullarını da etkileyebilir. Etkili ve sürdürülebilir bir toprak yönetimi için farklı arazi kullanımı ve toprak koşulları altındaki toprakların hidrolik özelliklerinin işleyişinin tam olarak anlaşılması gerekir. Toprak suyunun davranışı üzerinde toprağın dinamik özellikleri (doymuş ve doymamış hidrolik iletkenlik, tarla kapasitesi ve solma noktası su içeriği, infiltrasyon hızı) doğrudan etkili iken; toprak statik özellikleri olan toprak tekstürü, strüktürü ve toprak sıkışması gibi özellikler dolaylı olarak etkilidir. Özellikle arazi kullanımlarında toprak suyu davranışının anlaşılabilmesi için bu statik ve dinamik özellikler arasındaki etkileşimlerin iyi bilinmesi gerekmektedir (Erşahin, 2001).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Araştırma Alanının Genel Tanıtımı

Araştırma Ankara'nın Çubuk ilçesinde (Şekil 3.1) üç farklı arazide yapılmıştır. İlçe İç Anadolu Bölgesi Yukarı Sakarya bölümündeki Ankara İl Merkezinin kuzeyinde 40 00 ile 40 18 enlemleriyle 33 08 boylam daireleri arasında yer almakta olup, il merkezine 40 km uzaklıkta ve deniz seviyesinden 1100 m yüksektedir (Sarıdemir 2010, Anonim 2017). Araştırma sahası mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarından oluşmaktadır. Mera alanı ilçe merkezinin 6 km kuzeyindeve 0,6 ha genişliğinde, nadas alanı ilçe merkezinin 5 km doğusundave 1,2 ha genişliğinde, meyve bahçesi ise ilçe merkezinin 4 km doğusundave 0,1 ha genişliğindedir.

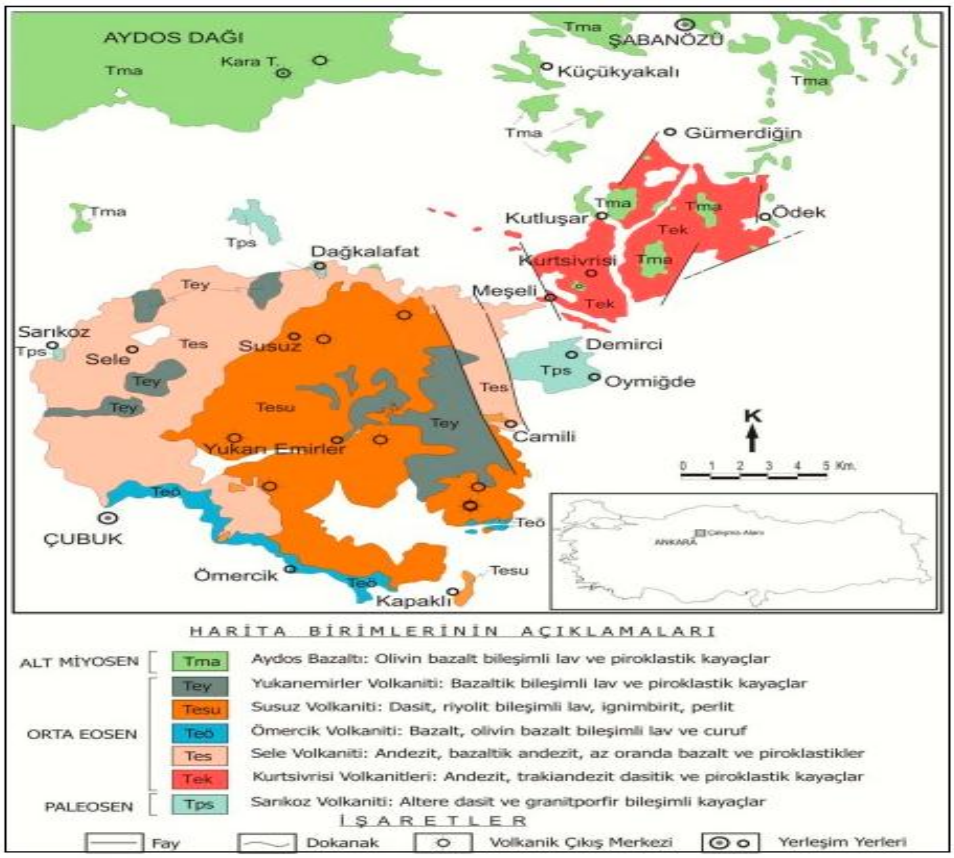


Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu (Anonim 2021)

3.1.1 Jeoloji ve topoğrafya

Araştırma sahasının yüzey şekilleri genellikle ova, aşınım yüzeyleri, dağ ve tepelerden oluşturmakta, kuzeye doğru engebe artmaktadır. İlçenin en yüksek dağı İdris Dağı'dır (1.985 m). İlçede bulunan volkanik ve tortul kayaçlar birbiri içine girmiş vaziyettedir. Bölgedeki en eski formasyonlar Paleozoik yaşlı şist, grovak ve kalkerlerdir. Çubuk Ovası ile aynı senklinal içinde bulunan Ankara-Etimesgut Ovasını volkanik eşikler birbirinden ayırmaktadır. Ova düzlüğü genellikle akarsuların meydana getirdiği 20-25

metre kalınlığındaki alüvyon tortular ile oldukça kalın Neojen yaşlı killi, marnlı ve kalkerli formasyonlar tarafından doldurulmuştur (Şekil 3.2) (Çinkaya ve Yüksel 1996).



Şekil 3.2 Çubuk ilçesi jeoloji haritası (Sarıdemir, 2010)

Araştırma sahasındaki ova hidrolojik unsurları; Karagöl, Çubuk II Barajı ile Kızılcakaya, Kızık, Kösrelik, Yıldırım Elören, Yıldırım Aydoğan, Yıldırım Evci ve Yukarı Çavundur göl ve göletleri oluşturmaktadır. İlçe merkezinin ortasından geçen ve ilçeyi ikiye ayıran Çubuk Çayı; Kocadere ve Ova Çayı'nın birleşmesiyle oluşmuştur. Uzunluğu 84 km olup, Çubuk II ve Çubuk I barajlarını besler (Sarıdemir 2010).

3.1.2 İklim

Araştırma sahası İç Anadolu Bölgesinin iklim özelliklerini taşımakta olup, genellikle karasal iklim hâkimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçer. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Araştırma sahasında ortalama sıcaklık

10,2ºC'dir. Aylık ortalama sıcaklık eğrisinin yıl içindeki yapısı incelendiğinde en soğuk ayın -1,2 ºC ile Ocak ay, en sıcak ayın ise 21,1 ºC ile Temmuz ayı olduğu görülür. Yıllık yağış miktarı 447,8 mm dir. En çok yağış alan ay 62 mm ile Aralık ve yağışın en düşük olduğu ay ise 11,2 mm ile Ağustos ayıdır. Yağışın mevsimlere göre dağılımında en fazla yağış 164,6 mm ile kış mevsiminde (%36,7), en az yağış ise 63,2 mm ile yaz mevsiminde (%14,1) görülmektedir. Yağışlar kışın genelde kar; ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsiminde ise yağmur şeklindedir. İlçede yağan yağmurların büyük bir kısmı ilkbahar mevsiminde görülür. Bu yağışlar, genelde sağanak şeklinde olup dolu olaylarına da rastlanabilmektedir (Sarıdemir 2010) (Çizelge 3.1).

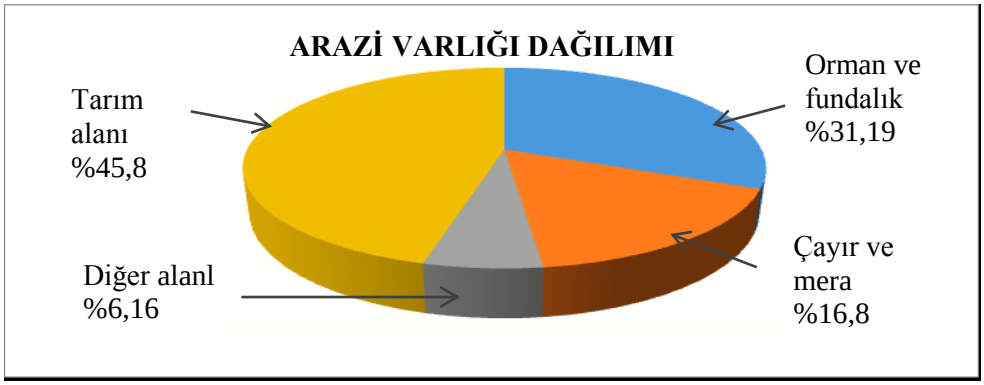
Çizelge 3.1 Ankara ili Çubuk ilçesinin belirli iklim özelliklerine ait değerler (1975-2005) (Sarıdemir 2010)

Aylar	**O**	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**
Ortalama Sıcaklık(°C)	-1,2	0,6	5,2	10,3	14,5	18,2	21,1	20,5	16,5	10,8	5,3	1,2
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	3,0	5,2	10,7	16,2	20,8	24,8	28,0	28,0	24,6	18,6	11,6	5,1
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	-5,5	-4,2	-0,2	3,8	7,3	10,3	13,0	12,7	8,8	4,1	-0,7	-2,5
Ortalama Yağış(8mm)	57,5	45,1	40,2	40,3	57,7	36,6	15,4	11,2	18,3	27,4	36,1	62,0
Ortalamagüneşlenme süresi (saat)	2,3	3,5	5,1	6,1	8,3	10,3	11,3	11,0	9,1	6,3	4,2	2,1

3.1.3 Topraklar

Araştırma sahası genel anlamda kahverengi topraklardan oluşmaktadır. Mera toprakları az kireçli, organik maddesi yüksek, pH değeri nötr, tuzsuz ve genel olarak killidir. Toprak işleme söz konusu olmayıp, büyükbaş ve küçükbaş hayvan otlatmasında kullanılmaktadır. Nadas alanı toprakları hafif alkali, organik maddesi orta, az kireçli, tuzsuz ve killidir. Toprak işlemesi geleneksel yöntemle yapılmaktadır. Üzerinde buğday ve arpa bitkileri yetiştirilmekte olup, son 1 yıldır toprak dinlenmesi için boş

bırakılmıştır. Meyve bahçesi toprakları az kireçli, hafif alkali, genel anlamda organik madde içeriği bakımından zayıf, tuzsuz ve killidir. Toprak işlemesi geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Araştırma sahası ile birlikte genel olarak ilçenin arazi kullanım türü dağılımı Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Çubuk ilçesi arazisinin niteliklerine göre dağılımı (Sarıdemir 2010)

3.1.4 Bitki örtüsü

Araştırma sahası mera alanı bitki örtüsü diken, çalı, koyun yumağı ve bazı tek yıllık bitkilerden oluşmaktadır (Şekil 3.4). Meyve bahçesi elma, armut, erik. kiraz, vişne, kayısı ve şeftali ağaçlarından oluşmaktadır. Nadas alanı bitki örtüsü ayrık otu, bazı tek yıllık bitkiler ve toprakta kalan buğday tohumlarından çıkan buğday bitkisidir.



Şekil 3.4 Mera alanında bulunan bitki örtüsü

3.2 Yöntem

3.2.1 Toprak örnekleme

Çalışma alanları içerisinde toprak örneklerinin alındığı koordinatlar rastgele seçilmiştir. Toprak örnekleri için GPS (Global Positioning System) ile üç farklı arazi kullanımı altındaki her alandan 10 adet örnek olmak üzere toplamda 30 adet örnek noktası belirlenmiştir (Şekil 3.5). Çalışma arazileri görünümleri Şekil 3.6a, Şekil 3.6b ve Şekil 3.6c'de verilmiştir.



Şekil 3.5 Toprak örnekleme noktalarının çalışma sahasındaki dağılımı



Şekil 3.6a Toprak örneklerinin alındığı nadas alanından görüntüler



Şekil 3.6b Toprak örneklerinin alındığı mera alanından görüntüler

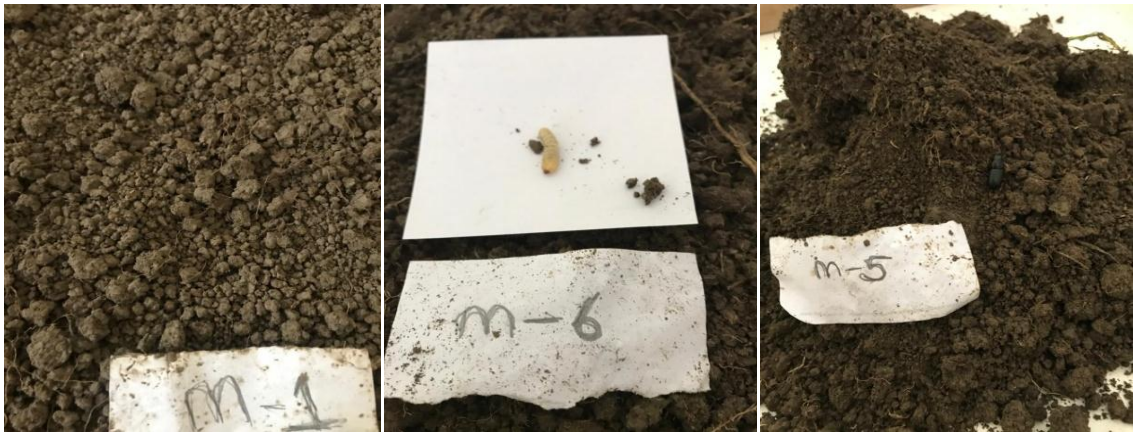


Şekil 3.6c Toprak örneklerinin alındığı meyve bahçesinden görüntüler

Toprak infiltrasyon ölçümleri ve hacim ağırlığı için mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarından 10'ar adet olmak üzere toprak üst yüzeyi temizlendikten sonra örnekleme silindiri (100 cm^3) ile toplam 60 adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.7). Aynı noktalardan 0-10 cm derinliğinden temel toprak analizleri için 30 adet bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10).



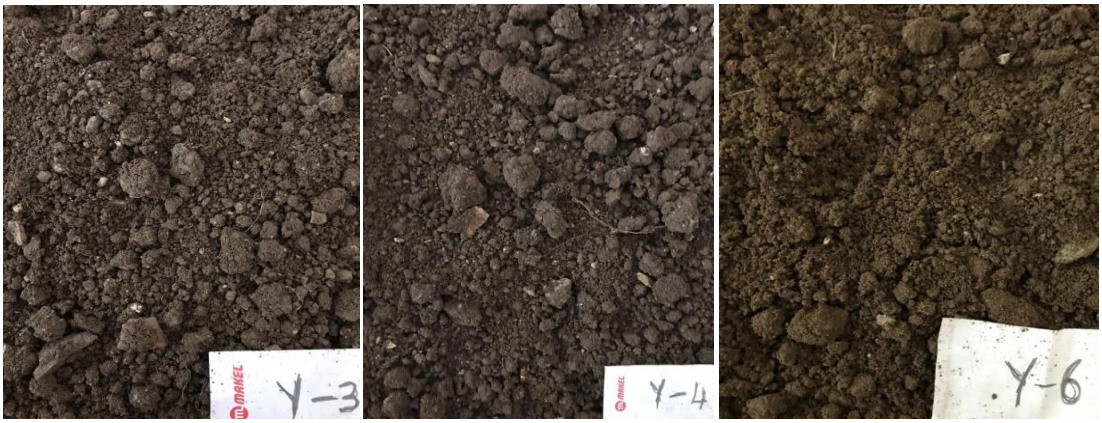
Şekil 3.7 İnfiltrasyon ve hacim ağırlığı ölçümü için alınan toprak örnekleri



Şekil 3.8 Mera alanından alınan bozulmuş toprak örnekleri



Şekil 3.9 Nadas alanından alınan bozulmuş toprak örnekleri



Şekil 3.10 Meyve bahçesinden alınan bozulmuş toprak örnekleri

3.2.2 Toprak fiziksel analizleri

Toprak penetrasyon direnci ölçümleri penetrometre aleti ile örnekleme noktalarının yanından ölçülmüştür (Şekil 3.11). Genel olarak penetrasyon direnci için sınıf aralıkları Çizelge 3.2'te verilmiştir.

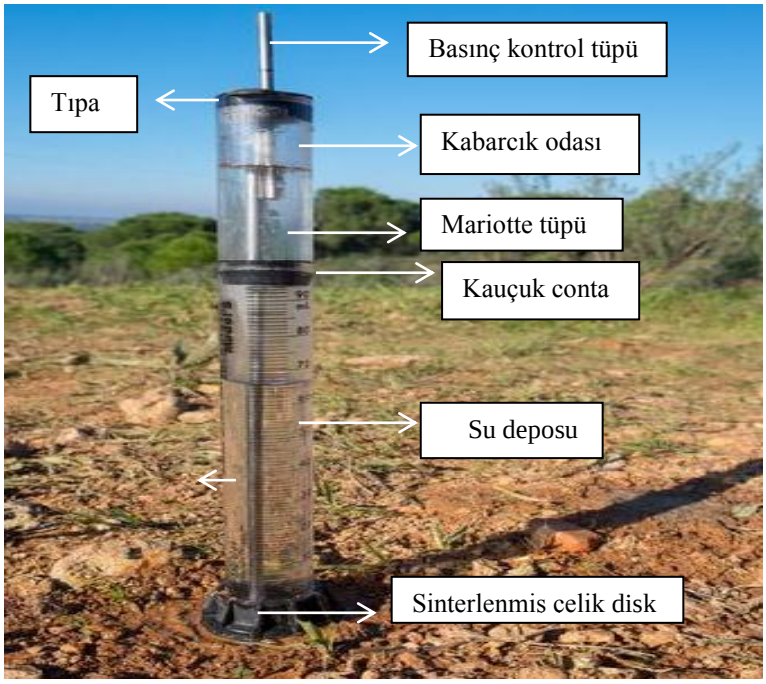


Şekil 3.11 Arazide kullanılan penetrometre

Çizelge 3.2 Toprak penetrasyon direnci sınıflama değerleri (Schoeneberger *et al.* 2002)

Penetrasyon Direnci (KPa)	**Sınıf**	**Penetrasyon Direnci (KPa)**	**Sınıf**
(0-50)	Çok düşük	(151-200)	Yüksek
(51-100)	Düşük	(201-250)	Çok yüksek
(101-150)	Orta	(251-300)	Oldukça yüksek

Toprak örneklerine ilişkin infiltrasyon ölçümü, örnekleme silindirleri (100 cm^3) ile alınan örnekler üzerinde minidisk infiltrometre (MDI) (Şekil 3.12) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümden önce infiltrometrenin toprakla tam olarak temasını sağlamak amacı ile çok az miktarda ince taneli kum kullanılmıştır (Şekil 3.12). İnfiltrasyon ölçümleri, Decagon Devices, Inc. (2014) "genellikle çoğu toprak için 2 cm'lik bir emme oranının yeterlidir." şeklinde ifade ettiğinden bu seviyede yapılmıştır. MDI'nin bazı çalışmalarda hidrodinamik özellikleri tahmin etmek için klasik gerilim infiltrometresine pratik bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır (Alagna *et al.* 2016). MDI toprak yüzeyini bozmaz (White and Perroux 1987) ve infiltrasyon ölçümleri sırasında uygulanan negatif potansiyel nedeniyle makro gözenek akışını engeller (Minasny and George 1999).



Şekil 3.12 İnfiltrometre aleti

İnfiltrasyon değerleri hesaplaması için, kuru topraklarda yaygın kullanılan ve Zhang (1997) tarafından önerilen basit yöntem kullanılmıştır. Yöntem zamana karşı kümülatif infiltrasyonu ölçmeyi gerektirmektedir (Eşitlik 3.1).

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t} \qquad \text{(Eşitlik 3.1)}$$

Eşitlik 3.1'de, C_1 (m dak^{-1}) ve C_2 (m dak$^{-1/2}$) parametrelerdir. C_1 hidrolik iletkenlik (k) ile ilgilidir (Eşitlik 3.2), C_2 ise toprak sorptivite değerine karşılık gelir.

$$k = \frac{C_1}{A} \quad \text{(Eşitlik 3.2)}$$

Eşitlik 3.2'de k: hidrolik iletkenlik, C_1: zamanın karekökünе karşı kümülatif sızma eğrisinin eğimidir. A değeri, belirli bir toprak tipi için van Genuchten parametrelerini infiltrometre diskinin emme hızı ve yarıçapı ile ilişkilendiren bir değerdir (Decagon Devices Inc. 2014).

Hidrolik iletkenlik değerleri infiltrasyon grafiklerinden elde edilen C_1 değerleri ve Çizelge 3.2'ten alınan A değerleri kullanılarak Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır. A değerleri için siltli kil (6.36) ve kil (4.30) sınıfına karşılık gelen -2 basınç değerindeki değerler kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 2,25 cm disk yarıçapı ve 0,5 ila 6 cm arasında değişen emme değerleri için A değerleri

			h_0						
			-0,5	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Tekstür		n	A						
Kum	0,145	2,68	2,84	2,40	1,73	1,24	0,89	0,64	0,46
Tınlı kum	0,124	2,28	2,99	2,79	2,43	2,12	1,84	1,61	1,40
Kumlu tın	0,075	1,89	3,88	3,89	3,91	3,93	3,95	3,98	4,00
Tın	0,036	1,56	5,46	5,72	6,27	6,87	7,53	8,25	9,05
Silt	0,016	1,37	7,92	8,18	8,71	9,29	9,90	10,55	11,24
Siltli tın	0,020	1,41	7,10	7,37	7,93	8,53	9,19	9,89	10,64
Kumlu killi tın	0,059	1,48	3,21	3,52	4,24	5,11	6,15	7,41	8,92
Killi tın	0,019	1,31	5,86	6,11	6,64	7,23	7,86	8,55	9,30
Siltli killi tın	0,010	1,23	7,89	8,09	8,51	8,95	9,41	9,90	10,41
Kumlu kil	0,027	1,23	3,34	3,57	4,09	4,68	5,36	6,14	7,04
Siltli kil	0,005	1,09	6,08	6,17	6,36	6,56	6,76	6,97	7,18
Kil	0,008	1,09	4,00	4,10	4,30	4,51	4,74	4,98	5,22

Sorptivite değerleri için; kümülatif infiltrasyon (I), Philip (1957a) denklemine göre zamanın karekökünün bir fonksiyonu olarak çizilmiş ve her örneğin sorptivite değeri,

sonuçtaki regresyon denkleminin eğimi olarak hesaplanmıştır (Cook and Broen 1994, Baranian Kabir *et al*. 2020).

Toprakların hacim ağırlıkları, hacim ağırlığı silindirleri ile alınan örneklerin hacim ağırlıkları Blake and Hartge (1986) tarafından önerildiği şekilde belirlenmiştir. Çizelge 3.4'te toprak bünyesine göre hacim ağırlığı değerleri verilmiştir. Mera, nadas ve meyve bahçesinden 0-10 cm toprak derinliklerinden alınan toplam 30 adet bozulmuş toprak örnekleri bir odada kurutulmuş, 2 mm elekten geçirilerek toprak analizlerine hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.13).

Çizelge 3.4 Hacim ağırlığı sınıflama değerleri (Schoeneberger *et al.*, 2002)

	Hacim ağırlığı (gr cm^{-3})	**Hacim ağırlığı değer aralığı**
Killi	1.25	1.20-1.30
Siltli kil	1.30	1.30-1.40
Killi tın	1.35	1.30-1.40
Silt	1.40	1.35-1.5
Kumlu tın	1.50	1.40-1.60
Kum	1.65	1.55-1.80



Şekil 3.13 Toprak örneklerinin analizlere hazırlanması

Toprak bünyesi, 40 gr toprak örneği kullanılarak disperse edilen örneklerde hidrometre yardımıyla "Bouyoucos Hidrometre" yöntemine göre (Gee and Bauder 1986) ve tekstür üçgeni (Soil Survey Staff 1993) yardımı ile belirlenmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Toprak bünyesi analizi

Tarla kapasitesi, seramik levhalar üzerine yerleştirilen plastik halkalara doldurulan 2 mm elekten geçirilen ve seramik levhanın tabanına verilen saf su ile 24 saat bekletilerek doygun hale getirilen örnekler üzerine 0.33 bar'lık basınç uygulaması ile belirlenmiştir (Klute, 1986) (Şekil 3.15). Daimi solma noktası seramik levhalar üzerine yerleştirilen plastik halkalara doldurulan 2 mm elekten geçirilen ve seramik levhanın tabanına verilen saf su ile 24 saat bekletilerek doygun hale getirilen örnekler üzerine 0.15 bar'lık basınç uygulaması ile belirlenmiştir (Klute, 1986) (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri

Toprakların agregat dayanıklılık indeksi (Kemper and Rosenau 1986) tarafından önerilen, tek elek çapı ile değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.16).



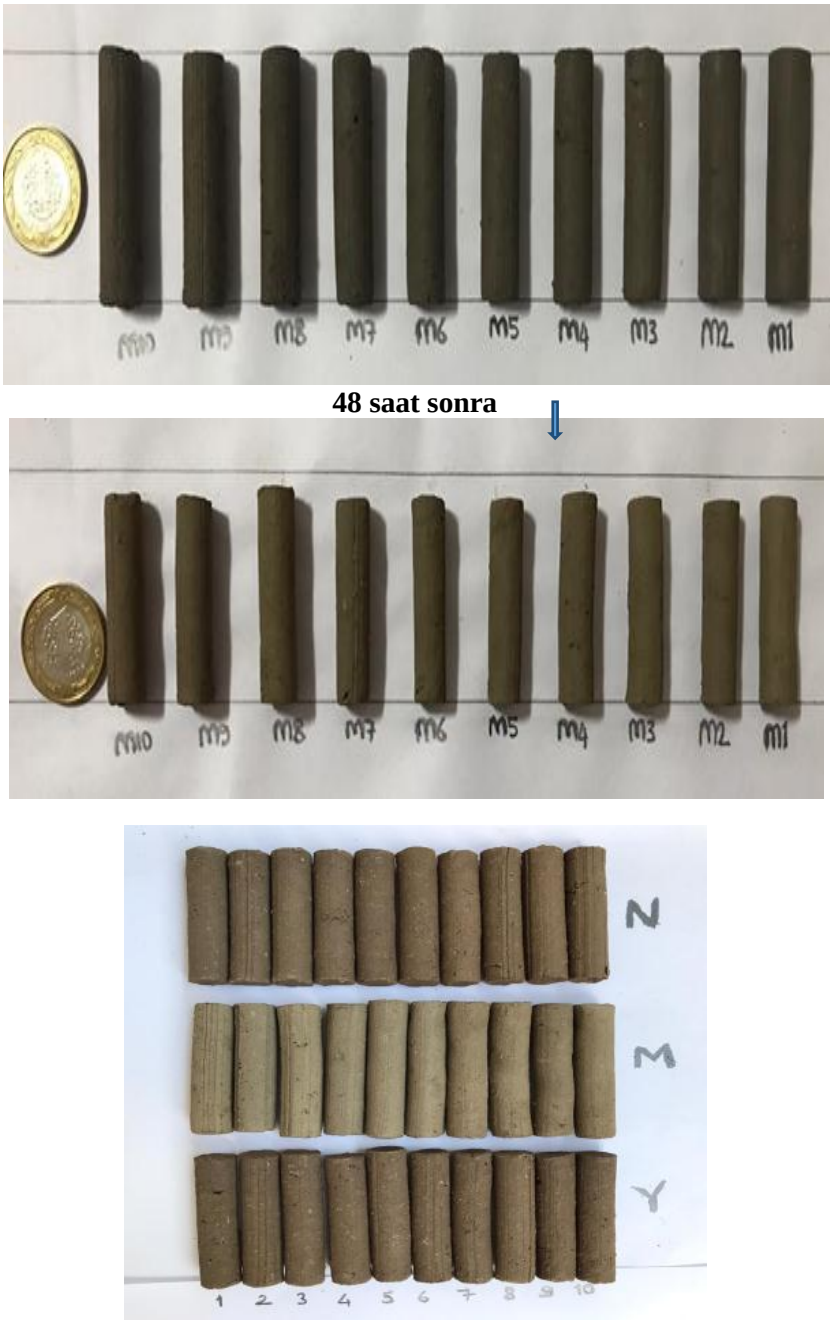
Şekil 3.16 Agregat stabilitesi analizi

Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE), doygunluktan biraz daha kuru nem düzeyinde çamur haline getirilen topraktan bir şırınga yardımıyla elde edilen 1 cm çapında ve 6-10 cm uzunluğundaki çubukların 48 saat süreyle havada kurutulduktan sonra (Şekil 3.17) uzunluklarının ölçülmesiyle ve Eşitlik 3.3 kullanılarak belirlenmiştir (Schafer and Singer 1976).

$$COLE = ((L_m - L_d) / L_d)) \quad (3.3)$$

L_m:Nemli çubuğun uzunluğu (cm)

Ld: Kuru çubuğun uzunluğu (cm)



Şekil 3.17 Toprak örneklerinde uzama katsayısının belirlenmesi

3.2.3 Toprak kimyasal analizleri

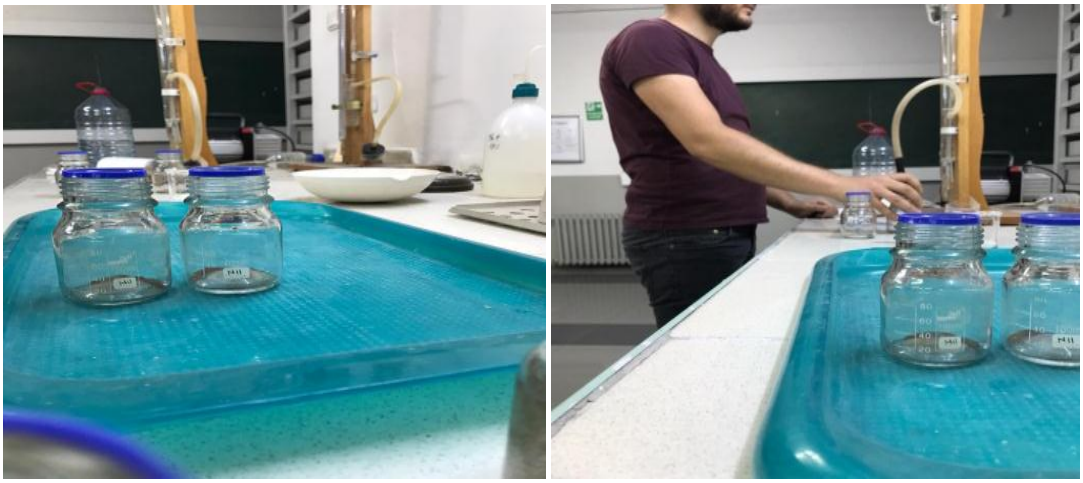
Toprak örneklerinde organik madde içeriği Wakley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye şekli ile belirlenmiştir (Page *et al*. 1982) (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Toprak organik madde analizi

Toprak reaksiyonu, cam elektrotlu Orion 420 A dijital pH metresi ile 1/2.5 oranındaki toprak saf su süspansiyonunda ölçülmüştür (Page *et al.* 1982). Toprak örneklerinin elektriksel iletkenliği saturasyon çamurunda ve ekstraktında kondaktivimetre aleti ile belirlenmiştir (Model 3200 Conductivity Instrument) (Rhoades, 1982).

Toprak örneklerinde kireç ($CaCO_3$) miktarının belirlenmesi, Scheibler kalsimetresiyle kapalı sistemde asit ile karıştırılan toprak örneğinden kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) çözünmesi sonucu açığa çıkan karbondioksit (CO_2) gazının standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas alınarak belirlenmiştir (Page *et al.* 1982) (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Toprak kireç analizi

3.2.4 Toprak morfolojik tanımlamaları

Toprak morfolojik özelliklerinin sayısallaştırılması için kodlama sistemi uygulanmıştır. (Schoeneberger *et al.* 2012). Toprak tanımlama kartlarındaki kriterlere göre kodlama yapılırken toprak morfolojik özelliklerinin infiltrasyon hızı ile ilişkisi dikkate alınmıştır.

Toprak örneklerinin farklı renkleri Munsell Skalası kullanılarak tanımlanmıştır (Şekil 3.20). Tanımlanan renkler ile toprak örneklerinin suyu iletme özelliğine bağlı olarak koyu renkten açık renge doğru artan sınıf aralıkları oluşturulmuş ve her sınıf için ayrı ayrı kod numaraları verilmiştir (Şekil 3.21) (Çizelge 3.5).



Şekil 3.20 Toprak renkleri için kullanılan munsell skalası



Şekil 3.21 Toprak örneklerinin renk görünümü

Çizelge 3.5 Toprak örneklerinin renklerine göre oluşturulan kodlar

Toprak rengi	Kod	Toprak rengi	Kod	Toprak rengi	Kod
Gley	1	7.5 YR 4/2	3	7.5 YR 5/3	4
7.5 YR 3/2	2	7.5 YR 4/3	3	7.5 YR 5/4	4
7.5 YR 3/3	2	7.5 YR 4/4	3	7.5 YR 6/2	5
7.5 YR 3/4	2	7.5 YR 5/2	4	7.5 YR 6/3	5

Toprak örneklerinin strüktürü (yapısı) (Şekil 3.22) toprak profil tanımlama kartları yardımıyla tip, büyüklük ve sınıf (Çizelge 3.6, Çizelge 3.7, Çizelge 3.8) bakımından sınıflandırılmış ve kod numaraları verilmiştir (Schoeneberger *et al.* 2012).

Çizelge 3.6 Toprak yapısının tip bakımından tanımlanmasında kullanılan kriterler

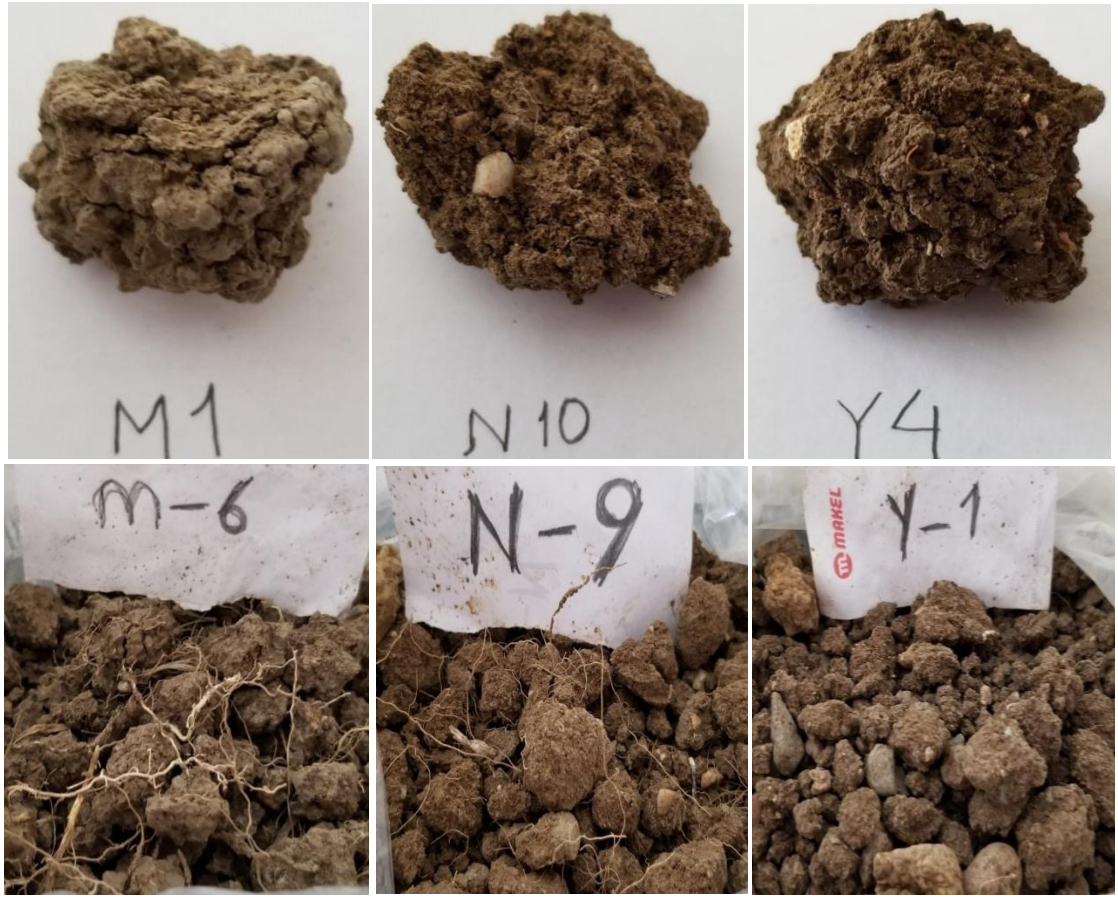
Tip		Kod	Tanımlama
Yapısız	Masif	1	Toprak zerreleri birbirlerini tutarlar. Yapışık olurlar. Bu durum daha çok henüz oluşmamış, genç, ince bünyeli, bozuk drenajlı, havasız topraklarda görülür.
	Teksel		Toprak zerreleri birbirlerini tutmazlar. Bağlantısız olurlar. Bu durum kumul (eksibe) ve kumlu topraklarda görülür.
Levha (pul)		2	Bu topraklarda geçirgenlik çok yavaştır. Topraktaki su, yapının şekline bağlı olarak yatay dilinimler arasında hareket ettiğinden toprak profilinden uzaklaşması uzun zaman alır.
Prizma	Prizmatik Sütunvari	3	Zayıf oluşmuş kaba prizmatik yapılı topraklarda geçirgenlik orta derecededir. Prizmaların küçük ve kuvvetli olması halinde ise porozite azaldığından geçirgenlik yavaş olur.
Blok	Köşeli Blok Yuvarlak Köşeli Blok	4 5	Bu yapıya sahip topraklarda su akışı nispeten daha hızlıdır.
Küre	Granüler Kırıntı	6	Bu yapının egemen olduğu topraklarda su hareketi hızlıdır. Su küresel yapılar arasında bulunan ve birbirleriyle bağlantılı olan gözeneklerde hızla hareket eder.

Çizelge 3.7 Toprak yapısının büyüklük tanımlanmasında kullanılan kriterler

Büyüklük	Kod	Küresel ve levhaması (mm)	Bloksu (mm)	Prizmaması (mm)
Çok ince	1	< 1	< 5	< 10
İnce	2	1 - 2	5 – 10	10 – 20
Orta	3	2 – 5	10 – 20	20 – 50
Kaba	4	5 – 10	20 – 50	50 – 100
Çok kaba	5	10	50	100-500
Ekstra kaba	6	-	-	500

Çizelge 3.8 Toprak yapısının sınıf bakımından tanımlanmasında kullanılan kriterler

Derece	**Kod**	**Tanımlama**
Yapısız	1	Pedler arasında bağlantı yoktur, ayrı birimler gözlenmez.
Zayıf	2	Agregasyon az olduğundan, yapı hafif temasla bozulur. Ped'ler iyi oluşmadığından zor belirlenir.
Orta	3	Ped'ler iyi oluşmuştur ve kolayca belirlenir
Güçlü	4	Ped'ler çok iyi oluştuğundan, net olarak görülür ve birbirinden zor ayrılır.



Şekil 3.22 Toprak yapı örnekleri

Toprak gözenekliliği miktar, büyüklük (çap), tip ve şekil (süreklilik, oryantasyon, dağılım) bakımından sınıflandırılarak kodlandırılmıştır (Schoeneberger *et al.* 2012) (Çizelge 3.9, Çizelge 3.10, Çizelge 3.11).

Çizelge 3.9 Toprak gözenekliliğinin miktar ve büyüklük bakımından sınıflandırılması

Miktar	Kod	Adet	Büyüklük	Kod	Çap(mm)
Seyrek	3	<1	Mikro	1	< 0.075
Olağan	2	1-5	Çok ince	2	0.075-1
Çok	1	≥5	İnce	3	1-2
			Orta	4	2-5
			Kaba	5	5-10
			Çok kaba	6	≥10

Çizelge 3.10 Toprak gözeneklerinin (porlar) tip bakımından sınıflanması

Tip	Kod	Tanımlama
Düzensiz (İrregular)	1	Toprak mikroorganizmaları tarafından oluşturulan boşluklar
Vesiküler	2	Şekil olarak yaklaşık küresel veya elipsoiddir.
Dendritic	3	Porlar terk edilmiş kök kanalları gibi dallanmıştır.
Tübüler	4	Porlar tek borucuk halindedir
İnterstisyel	5	İçeriye kıvrık yüzeylerle şekil olarak düzensizdir. Birincil paket boşluklar (kaya parçaları veya kum)

Çizelge 3.11 Toprak gözeneklerinin (porlar) şekil olarak sınıflanması

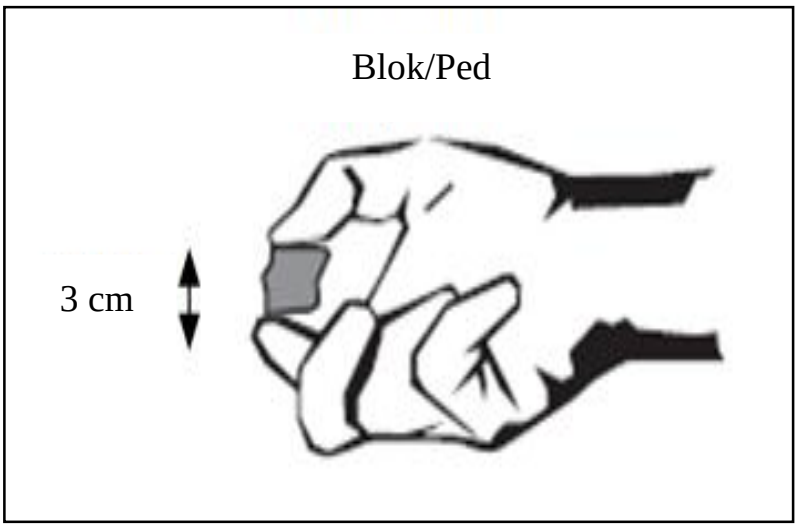
Gözenek Şekli		
Süreklilik	**Kod**	**Tanımlama**
Sürekli	1	Porlar horizon içinde uzanır.
Süreksiz	2	Porlar horizon içinde tamamen uzanmaz
Düzen		**Tanımlama**
Düşey	1	Porların çoğu düşey olarak veya diagonalden ziyade düşeye yakın düzenlenmiştir.
Yatay	2	Porların çoğu yatay olarak veya diagonalden ziyade yataya yakın düzenlenmiştir.
Eğik	3	Porların çoğu düşey ile 45º'lik açı yapacak şekilde yatay veya düşeyden ziyade diagonale yakın düzenlenmiştir.
Gelişigüzel	4	Porlar bütün yönlerde rastgele düzenlenmiştir.
Dağılım		**Tanımlama**
Ped içi	1	Porların çoğu pedlerin içindedir.
Ped dışı	2	Porların çoğu pedlerin yüzeyleri arasındadır.

Toprak örnekleri kuru iken kıvam değerleri beş derece ile belirlenmiştir (Anonim, 2014) (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12 Toprak kıvamı (consistence) sınıflandırılmasında kullanılan kriterler

Kıvam	**Kod**	**Tanımlama**
Gevşek	1	Taneler arasında tutunma yoktur.
Yumuşak	2	Taneler arasında tutunma zayıftır, hafif basınçla toz hale gelir.
Hafif Sert	3	Hafif basınçta kırılıp ufalanır.
Sert	4	Basınca oldukça dayanıklıdır, parmaklar arasında zor kırılır, avuç içinde kırılıp ufalanabilir.
Çok Sert	5	Basınca çok dayanıklıdır. Parmaklar arasında kırılmaz, avuç içinde zor kırılır.

Toprak örneklerinden yaklaşık 3 cm büyüklüğünde toprak parçaları seçilmiş ve basınç uygulanarak dayanıklılığı değerlendirilmiştir (Schoeneberger *et al.* 2012) (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Toprak örneklerinin kıvam (consistence) tanımlaması

Toprak yapışkanlığı toprak nemi tarla kapasitesinin biraz üzerinde iken belirlenmiştir. Yapışkanlık, toprak başparmak ile işaret parmağı arasında sıkıldığında yapışma izlenmiş (Şekil 3.24) ve yapışma derecelerine göre sınıflandırılmışlardır (Anonim, 2014) (Çizelge 3.13).



Şekil 3.24 Toprak örneklerinin yapışkanlığının belirlenmesi

Çizelge 3.13 Toprak yapışkanlığının sınıflandırılmasında kullanılan kriterler

Yapışkanlık	**Kod**	**Tanımlama**
Yapışkan değil	1	Toprak parmaklar arasında sıkılıp bırakıldığında hiç yapışmaz.
Hafif yapışkan	2	Toprak yalnız bir parmağa yapışır.
Yapışkan	3	Toprak her iki parmağa yapışır ve parmaklar açılırken çamur biraz uzar.
Çok yapışkan	4	Toprak parmaklara kuvvetlice yapışır ve parmaklar açılırken çamur belirli şekilde uzar.

Plastiklik, toprak materyalinin uygulanan bir baskı etkisi altında şeklini sürekli olarak değiştirme ve baskı kalktığında aldığı şekli muhafaza etme yeteneğidir. Toprak plastikliği, toprak nemi tarla kapasitesinde iken farklı çaplarda rulolar haline getirilmiş, uçlarından tutulduğunda kendilerini destekleyebilme durumuna göre değerlendirilmiş (Şekil 3.25) ve plastiklik derecelerine göre sınıflandırılmışlardır (Schoeneberger *et al.* 2012) (Çizelge 3.14).

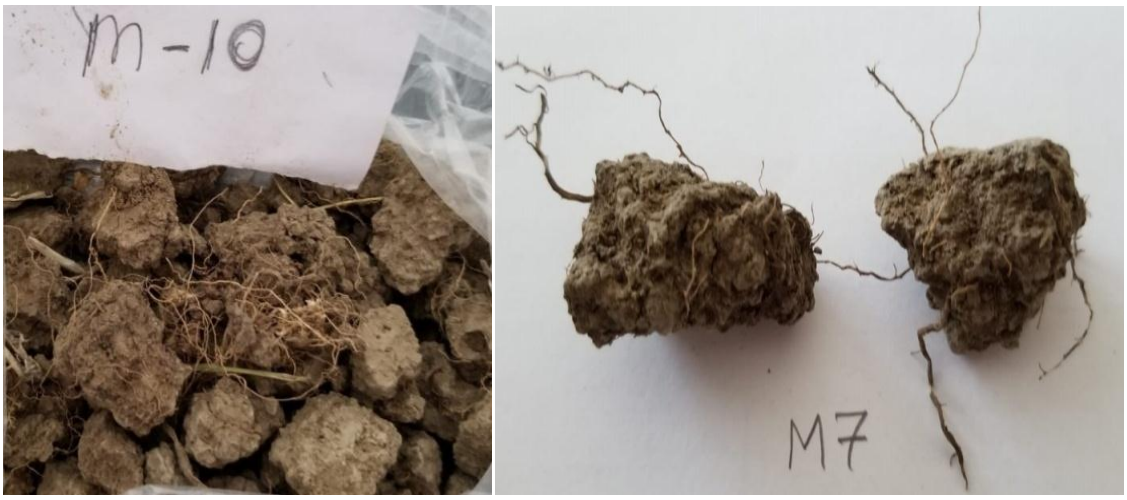


Şekil 3.25 Toprak örneklerinde plastiklik ölçümü

Çizelge 3.14 Toprak plastikliğinin tanımlanmasında kullanılan kriterler

Plastiklik	**Kod**	**Tanımlama**
Plastik değil	1	Toprak ip şeklini almaz
Hafif plastik	2	İp şeklini alır, fakat kolayca kopar, bozulur.
Plastik	3	İp şeklini alır ve orta basınçla kırılıp bozulur.
Çok plastik	4	İp şeklini alır ve kırılıp bozulmaya karşı dayanıklıdır.

Toprak örneklerinde kökler miktar, büyüklük ve bulundukları yer bakımından incelenmiş (Şekil 3.26) ve kod değerleri ile ifade edilmiştir (Schoeneberger *et al.* 2012) (Çizelge 3.15).



Şekil 3.26 Toprak örneklerinde köklerin görünümü

Çizelge 3.15 Toprak örneklerinde köklerin tanımlanmasında kullanılan kriterler

Miktar		**Kod**	**Büyüklük**		**Kod**	**Konum**	**Kod**
Az	<1	1	Çok ince	<1mm	1	Pedler arasında	P
Genel	1 – 5	2	İnce	1-2mm	2	Çatlaklarda	C
Çok	>5	3	Orta	2-5 mm	3	Profil boyunca	T
			Kaba	5-10 mm	4	Horizon yüzeyinde	M
			Çok kaba	>10 mm	5	Kaya parçaları etrafında	R

Toprak örneklerinde benek ve lekeler toprak yüzeyini kaplama yüzdesine göre değerlendirilmiş ve 3 sınıfta kodlanmıştır (Schoeneberger *et al.* 2012) (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16 Toprak örneklerinde benekliliği belirlemede kullanılan kriterler

Miktar	**Kod**	**Yüzeyi kaplama oranı (%)**
Yok veya çok az	1	%2
Genel	2	%2 - % 20

3.2.5 İstatistiksel analizler

Farklı arazi kullanımı altındaki toprak örneklerinin özelliklerini değerlendirmek için önce tanımsal istatistikler yapılmıştır. Toprağın morfolojik özelliklerini sayısal değerlere dönüştürebilmek için kodlama sistemi kullanılmıştır. Toprak parametrik (fiziksel ve kimyasal) ve morfolojik özelliklerine ait tanımsal istatistik değerleri için SPSS programı kullanılmıştır. Toprak örneklerinde infiltrasyon hızı ve toprak özellikleri arasındaki ilişkileri değerlendirmek için korelasyon analizi yapılmıştır. Değişken sayısının azaltılmasını sağlayarak daha anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler oluşturmak için ise faktör analizi (principal componenents) (SPSS 23) kullanılmıştır.

Faktör analizi, toprak değişkenliğine etki eden faktörlerin belirlenmesinde kullanılan, çok değişkenli istatistik tekniklerinden biridir (Sağlam, 2013). Faktör analizinde amaç, mevcut veri setinde boyut indirgemek ve daha anlamlı faktörler elde etmektir. Faktör (temel bileşen) analizi korelasyon matrisi kullanılarak değişkenler üzerinde faktör yükünün belirlenmesinde farklı ölçü birimlerinin etkisini ortadan kaldırmak için

kullanılmaktadır. Faktör yükleri toprak özellikleri ile her bir faktör arasındaki basit korelasyonu, öz değerler ise her bir faktör tarafından açıklanan değişkenlik miktarını ifade eder. Öz değeri 1'den büyük faktörler veri içerisinde her toprak özelliğinden daha fazla toplam değişkenliği açıklarken, öz değeri 1'den küçük olanlar her toprak özelliğine göre daha düşük toplam değişkenliği ifade eder (Çelik, 2012). Buna göre özdeğeri 1'den büyük olanlar dikkate alınır ve toprak özellikleri en yüksek öz değere sahip faktöre atanırlar (Olorunlana, 2015). Birkaç faktöre atanan değişkenin mutlak değeri hangi faktörde yüksek ise değişken o faktör ile ilişkilidir. Analizde düşük varyans olarak kabul edilen varyans değeri 0,5 değerinin altında olan değişkenler çıkarılarak (Hair *et al.* 1998) faktör sayısı azaltılmaktadır. Ayrıca, analizde birden fazla faktöre yüklenen değişken sayısının azaltılması için varimax rotasyonu uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Örneklerinin Tanımsal İstatistikleri

Toprak örnekleri için tanımsal istatistikler; Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1 Toprak değişkenlerinin mera alanında tanımsal istatistikleri

Toprak değişkenleri	Mak.	Min.	A.O	SS	VK%	Çarpıklık	Basıklık
IH (cm s^{-1})	0,0107	0,0013	0,0045	0,0030	66,78	1,0882	0,2001
Kil(%)	61,200	46,200	55,275	5,138	9,30	-0,910	-0,475
Kum(%)	20,500	5,500	10,625	5,118	48,20	1,064	0,163
Silt(%)	43,300	29,550	34,100	4,512	13,20	1,314	0,968
K(cm s^{-1})	0,003	$3x10^{-5}$	$43x10^{-5}$	$91x10^{-5}$	**213,90**	2,963	8,932
S (cm $s^{-1/2}$)	0,053	0,028	0,035	0,008	22,70	1,442	1,677
Nem (%)	6,332	5,202	5,817	0,401	6,90	-0,598	-1,105
TK(%)	45,494	37,538	41,327	2,624	6,30	-0,047	-1,172
SN(%)	32,067	25,072	28,211	2,173	7,70	0,353	-0,470
HA (grcm^{-3})	1,298	1,025	1,118	0,082	7,30	1,108	1,551
PD(KPa)	783,333	446,667	560,667	110,630	19,70	0,937	0,230
ASI (%)	0,610	0,392	0,490	0,076	15,60	0,187	-1,445
OM(%)	10,013	4,627	6,825	1,477	21,60	0,968	1,783
CaCO3(%)	2,634	1,918	2,192	0,208	9,50	1,022	1,081
pH	7,435	6,555	7,079	0,299	**4,20**	-0,903	-0,319
EC (dS m^{-1})	0,476	0,290	0,347	0,054	15,50	1,582	3,392
COLE(%)	0,183	0,144	0,165	0,014	8,70	-0,384	-1,665
Renk	4,000	2,000	2,800	0,919	32,80	0,473	-1,807
YT	5,000	4,000	4,400	2,348	53,40	0,609	-3,33
YB	3,000	2,000	2,200	0,422	19,20	1,779	1,406
YS	5,000	2,000	4,500	0,972	21,60	-2.270	5,356
GB	4,000	2,000	2,700	0,675	25,00	0,434	-0,283
GM	4,000	3,000	3,200	0,421	13,10	1,778	1,40
Kıvam	5,000	4,000	4,700	0,483	10,30	-1,035	-1,224
Yapışkanlık	2,900	2,500	2,790	0,145	**5,20**	-1,156	0,201
Plastiklik	3,700	3,200	3,500	0,183	**5,20**	-0,822	-0,450
KB	3,000	0,000	1,600	0,843	52,70	-0,389	0,370
KM	3,000	0,000	1,600	0,966	**60,40**	0,111	-0,623

Max.: Maksimum, Min.: Minimum, A.O.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı, IH: İnfiltrasyon hızı, K: Doygun hidrolik iletkenlik, S: Sorptivite, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, HA: Hacim ağırlığı, PD: Penetrasyon direnci, ASI; Agregat stabilite indeksi, OM; Organik madde, $CaCO_3$: Kireç, pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel iletkenlik, COLE: Toprak uzama katsayısı, YT: Yapı tipi, YB: Yapı büyüklüğü, YS: Yapı sınıfı, GB: Gözenek büyüklüğü, GM: Gözenek miktarı, KB: Kök büyüklüğü, KM: Kök miktarı

Çizelge 4.1'e göre mera topraklarında parametrik özelliklerde en fazla değişkenlik hidrolik iletkenlik (%213,9) ve en az değişkenlik pH (%4,2) için bulunurken morfolojik özelliklerde en fazla değişkenlik kök miktarı (%60,4) ve en az değişkenlik yapışkanlık-plastiklik (%5,2) için bulunmuştur.

Çizelge 4.2 Toprak değişkenlerinin nadas alanındatanımsal istatistikleri

Toprak değişkenleri	**Mak.**	**Min.**	**A.O**	**SS**	**VK%**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
IH (cm s^{-1})	0,0454	0,0040	0,0136	0,0123	**90,19**	2,2461	5,6480
Kil(%)	64,150	60,400	62,100	1,092	1,80	0,429	-0,002
Kum(%)	21,300	18,050	19,350	0,970	5,00	0,823	0,212
Silt(%)	19,550	17,800	18,550	0,577	3,10	1,083	0,265
K(cm s^{-1})	85x10^{-5}	5 x10^{-5}	44 x10^{-5}	26 x10^{-5}	58,60	-0,024	-0,989
S(cm $s^{-1/2}$)	0,165	0,083	0,127	0,023	18,10	-0,442	0,674
Nem(%)	8,191	7,900	8,045	0,101	**1,30**	-0,278	-1,202
TK(%)	41,372	37,023	39,023	1,289	3,30	-0,110	0,587
SN(%)	29,577	27,416	28,370	0,762	2,70	0,273	-1,373
HA (gr cm^{-3})	1,313	1,142	1,235	0,059	4,70	-0,398	-1,310
PD(KPa)	377,500	220,000	289,250	53,826	18,60	0,459	-1,224
ASI	0,656	0,414	0,514	0,090	17,60	0,448	-1,372
OM(%)	2,435	1,773	2,157	0,202	9,40	-0,636	-0,005
$CaCO_3$(%)	5,563	2,101	3,050	1,216	39,90	1,371	0,906
pH	8,050	7,505	7,731	0,161	2,10	0,487	0,558
EC (dS m^{-1})	0,214	0,168	0,191	0,014	7,10	0,101	0,041
COLE(%)	0,180	0,143	0,166	0,012	7,50	-0,745	-0,627
Renk	4,000	1,000	2,700	1,337	49,50	-0,362	-1,834
YT	5,000	4,000	4,800	2,547	53,10	-2,236	5,000
YB	4,000	2,000	3,100	0,568	18,30	0,091	1,498
YS	5,000	3,000	4,200	0,789	18,80	-0,407	-1,074
GB	4,000	2,000	3,000	0,667	22,20	0,000	0,080
GM	4,000	3,000	3,200	0,421	13,10	1,778	1,412
Kıvam	5,000	3,000	4,200	0,789	18,80	-0,407	-1,074
Yapışkanlık	2,600	2,300	2,410	0,120	5,00	0,738	-0,878
Plastiklik	3,200	3,000	3,050	0,085	**2,80**	1,358	0,107
KB	2,000	1,000	1,300	0,483	37,20	1,035	-1,224
KM	3,000	1,000	1,400	0,843	**60,20**	1,779	1,406

Max.: Maksimum, Min.: Minimum, A.O.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı, IH: İnfiltrasyon hızı, K: Doygun hidrolik iletkenlik, S: Sorptivite, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, HA: Hacim ağırlığı, PD: Penetrasyon direnci, ASI; Agregat stabilite indeksi, OM; Organik madde, $CaCO_3$: Kireç, pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel iletkenlik, COLE: Toprak uzama katsayısı, YT: Yapı tipi, YB: Yapı büyüklüğü, YS: Yapı sınıfı, GB: Gözenek büyüklüğü, GM: Gözenek miktarı, KB: Kök büyüklüğü, KM: Kök miktarı

Çizelge 4.2'ye göre nadas topraklarında parametrik özelliklerde en fazla değişkenlik infiltrasyon (%90,18) ve en az değişkenlik nem (%1,3) için; morfolojik özelliklerde en fazla değişkenlik kök miktarı (%60,2) ve en az değişkenlik plastiklik (%2,8) için

bulunmuştur. İnfiltrasyon hızı en düşük 0,0040 ve en yüksek 0,0454 arasında, nem ise en yüksek 8,19 ve en düşük 7,9 arasında değişen değerler almıştır.

Çizelge 4.3 Toprak değişkenlerinin meyve bahçesinde tanımsal istatistikleri

Toprak değişkenleri	**Mak.**	**Min.**	**A.O**	**SS**	**VK%**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
IH (cm s^{-1})	0,0734	0,0067	0,0323	0,0192	**59,43**	1,0287	1,2996
Kil (%)	66,200	60,700	64,525	1,882	2,90	-0,981	0,271
Kum (%)	20,500	13,000	17,250	2,058	11,90	-0,620	1,308
Silt (%)	20,800	15,800	18,225	1,390	7,60	0,108	0,667
K (cm s^{-1})	0,001	0,5x10^{-5}	72,7 x10^{-5}	34,1 x10^{-5}	46,90	-0,979	1,021
S (cm $s^{-1/2}$)	0,153	0,026	0,096	0,038	39,80	-0,385	-0,042
Nem %	9,372	7,225	8,335	0,534	6,40	-0,176	2,922
TK(%)	45,925	45,925	43,976	2,294	5,20	-2,392	6,572
SN(%)	32,704	27,133	31,077	1,477	4,80	-2,423	7,087
HA (gr cm^{-3})	1,199	1,007	1,107	0,056	5,00	-0,197	0,021
PD (KPa)	212,500	112,500	172,250	32,112	18,60	-0,733	0,047
ASI	0,666	0,400	0,531	0,075	14,10	0,090	0,388
OM (%)	2,842	1,406	1,920	0,381	19,90	1,579	3,946
CaCO3 (%)	3,131	1,956	2,289	0,404	17,70	1,142	0,506
pH	7,915	7,810	7,850	0,035	**0,40**	0,620	-0,488
EC (dS m^{-1})	0,209	0,167	0,191	0,015	7,90	-0,481	-1,515
COLE (%)	0,192	0,154	0,173	0,010	5,90	-0,305	1,146
Renk	4,000	2,000	3,800	1,337	35,20	-3,162	10,000
YT	5,000	4,000	4,667	2,547	54,60	-0,968	-1,875
YB	4,000	3,000	3,200	0,568	17,70	1,779	1,406
YS	5,000	3,000	3,700	0,789	21,30	0,434	-0,283
GB	4,000	3,000	3,300	0,667	20,20	1,035	-1,224
GM	4,000	3,000	3,200	0,421	13,20	0,778	1,406
Kıvam	5,000	3,000	4,300	0,789	18,30	-0,434	-0,283
Yapışkanlık	2,800	2,600	2,720	0,120	4,40	-0,407	-1,074
Plastiklik	3,200	3,000	3,110	0,085	**2,70**	-0,223	-1,734
KB	3,000	0,000	0,300	0,948	**316,20**	3,162	10,000
KM	1,000	0,000	0,100	0,316	**316,20**	3,162	10,000

Max.: Maksimum, Min.: Minimum, A.O.: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı, IH: İnfiltrasyon hızı, K: Doygun hidrolik iletkenlik, S: Sorptivite, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, HA: Hacim ağırlığı, PD: Penetrasyon direnci, ASI; Agregat stabilite indeksi, OM; Organik madde, $CaCO_3$: Kireç, pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel iletkenlik, COLE: Toprak uzama katsayısı, YT: Yapı tipi, YB: Yapı büyüklüğü, YS: Yapı sınıfı, GB: Gözenek büyüklüğü, GM: Gözenek miktarı, KB: Kök büyüklüğü, KM: Kök miktarı

Çizelge 4.3'e göre meyve bahçesinde parametrik özelliklerde en fazla değişkenlik infiltrasyon (%59,43) ve en az değişkenlik pH (%0,40) için bulunurken morfolojik özelliklerde en fazla değişkenlik kök miktar ve büyüklük (%316,2) ve en az değişkenlik plastiklik (%2,7) için bulunmuştur. İnfiltrasyon hızı en düşük 0,0067 ve en yüksek 0,0734 arasında, pH ise 7,91 ve 7,81 arasında değişen değerler almıştır. Morfolojik özellikler arasında en büyük değişkenliğe sahip olan kökler sayı olarak çok az veya yok

ve çoğunlukla incedir. Mera topraklarında kum içeriği yüksek değişkenlik gösterirken kil ve silt içerikleri ile birlikte parametrik ve morfolojik özelliklerin çoğu az değişkenlik göstemiştir. Mera topraklarının kum içeriği düşüktür, bir örnekleme noktasında maksimum olarak uç bir değerde kum içeriği ölçülmesi nedeniyle değişkenliğin yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu topraklarda tarımsal faaliyetlerin fazla olmaması nedeniyle toprak sıkışmasının neden olduğu etkiler dışında toprak özelliklerinde değişkenliğin yüksek olmadığı söylenebilir. Kum içeriği yanında infiltrasyon hızı, hidrolik iletkenlik, yapı tipi ve kök özelliklerinde yüksek değişkenlik görülmektedir. Mera alanında diğer alanlara göre köklerin sayı ve büyüklükleri daha fazla çeşitlilik göstermektedir. Mera örneklerinin toprak yapı tipi ise daha köşeli blok strüktür olarak kaydedilmiştir. Hidrolik iletkenlikteki yüksek değişkenlik ise bazı örnekleme noktalarına denk gelen toprak sıkışması ile hacim ağırlığının artışı ve otlatma nedenleriyle infiltrasyonda görülen değişkenliğe bağlanabilir. Nadas topraklarında hidrolik iletkenlik, renk, yapı tipi ve kök miktarı fazla değişken iken; tekstür bileşenleri ve çoğu parametrik özellikler az değişkenlik göstermiştir. Toprak yapı tipinin mera örneklerine göre daha yuvarlak olarak belirlenmesi hidrolik iletkenlikteki değişkenliğin azalmasına olmuştur. İki örnek dışında kök miktar ve büyüklüğü aynı olduğundan kök özelliklerindede değişkenkenlik yüksek çıkmıştır. Meyve bahçesi topraklarında parametrik özellikler çoğu az değişkenlik göstermiş, morfolojik özellikler az ve orta derece değişken olarak bulunmuşlardır. Kök özelliklerindeki yüksek değişkenlik yalnızaca 1 örnekte bir adet orta büyüklükte kök bulunması ile ilişkili olabilir. Genel olarak her 3 arazi kullanımında infiltrasyon, hidrolik iletkenlik, toprak strüktür tipi ve kök özellikleri çok değişken sınıfında yer almıştır.

En yüksek ortalama infiltrasyon değerleri meyve bahçesi örneklerinde, en küçük değerler ise mera toprakları örneklerindedir. Mera topraklarındaki daha düşük ortalama infiltrasyon değeri, otlayan hayvanların toprak sıkışmasına neden olmasıyla toprak özelliklerini etkilemesine bağlanabilir. Green and Woo (1994) tarafından otlatmanın yüzey topraklarını sıkıştırarak, toprak agregatlarını mekanik olarak bozduğu, toprak agrega stabilitesini ve bitki örtüsünü azalttığı ve infiltrasyon hızını azalttığı bildirilmiştir. Benzer şekilde Mbagwu (1997), sığır otlatılan sıkıştırılmış mera için oldukça düşük (<0,4 cm s^{-1}) infiltrasyon hız değeri bildirmiştir. Radke and Berry

(1993) otlayan hayvanların neden olduğu sıkıştırmanın toprak hacim ağırlığını arttırarak infiltrasyonu azalttığını bildirmiştir. Ayrıca, büyük ve küçükbaş otlatmasının görüldüğü mera alanında toprak sıkışmasının etkisi ile yüksek hacim ağırlığı değerlerinin bildirildiği çalışmalar mevcuttur (van den Pol-van Dasselaar *et al.* 1998, Flanagan and Johnson 2005, Kölbl*et al.* 2011, Sajjadi*et al.* 2016). Nadas alanında daha yüksek olması beklenen infiltrasyonun daha düşük olması klasik nadas uygulaması yapılmadığından pulluk etkisiyle toprakta keseklerin oluşmaması, bu nedenle makroporların sürekliliğinin bozulmaması ile açıklanabilir. Six *et al*. (2000) tarafından yapılan çalışmada da pullukla toprak işlemenin toprağın agregat yapısının bozulmasına neden olduğu bildirilmiştir. İnfiltrasyon hız sınıfları ise Çizelge 4.4'e göre mera, nadas ve meyve bahçesi toprak örneklerinde çok düşük sınıfında bulunmaktadır.Toprak özelliklerinin değişkenliği (Mulla and Mc Bratney, 2001) ve çarpıklık durumu (Webster 2001) ise Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 İnfiltrasyon hızı sınıfları (Kohnke 1968)

İnfiltrasyon sınıfı	İnfiltrasyon hızı (cm s^{-1})	İnfiltrasyon sınıfı	İnfiltrasyon hızı (cm s^{-1})
Çok düşük	<0,1	Orta yüksek	6,3-12,7
Düşük	0,1-0,5	Yüksek	12,7-25,4
Orta düşük	0,5-2	Çok yüksek	>25,4
Orta	2-6,3		

Çizelge 4.5 Toprak özelliklerinin değişkenliği ve çarpıklık durumu

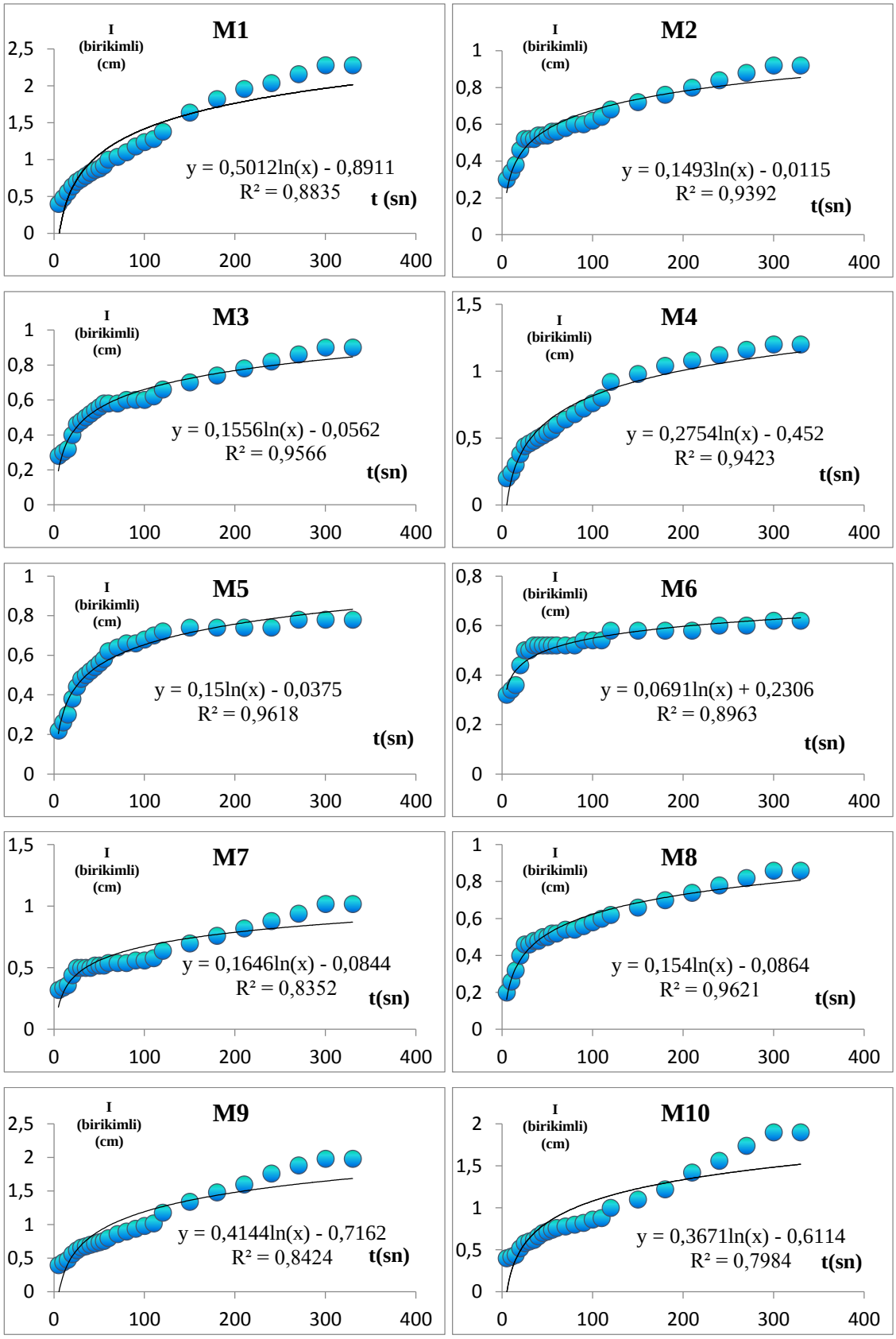
Toprak örneklerinin değişkenlik durumu (%VK)		Toprak örneklerinin çarpıklık durumu (Ç)	
<15	Az değişken	<0,5	Hafif çarpık
15-40	Orta değişken	0,5<Ç<1	Orta derece çarpık
>40	Çok değişken	>1	Kuvvetli çarpık

Mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarının hepsinde $CaCO_3$ içeriği ve tekstür bileşenleri (kum ve silt) kuvvetli derecede sağa çarpıklık gösterirken,nadas alanında infiltrasyon değeri diğer alanlara göre aşırı derecede sağa çarpık (2,25) olarak bulunmuştur. Kil içeriği ise mera ve meyve bahçesinde orta, nadas alanında düşük derecede sağa

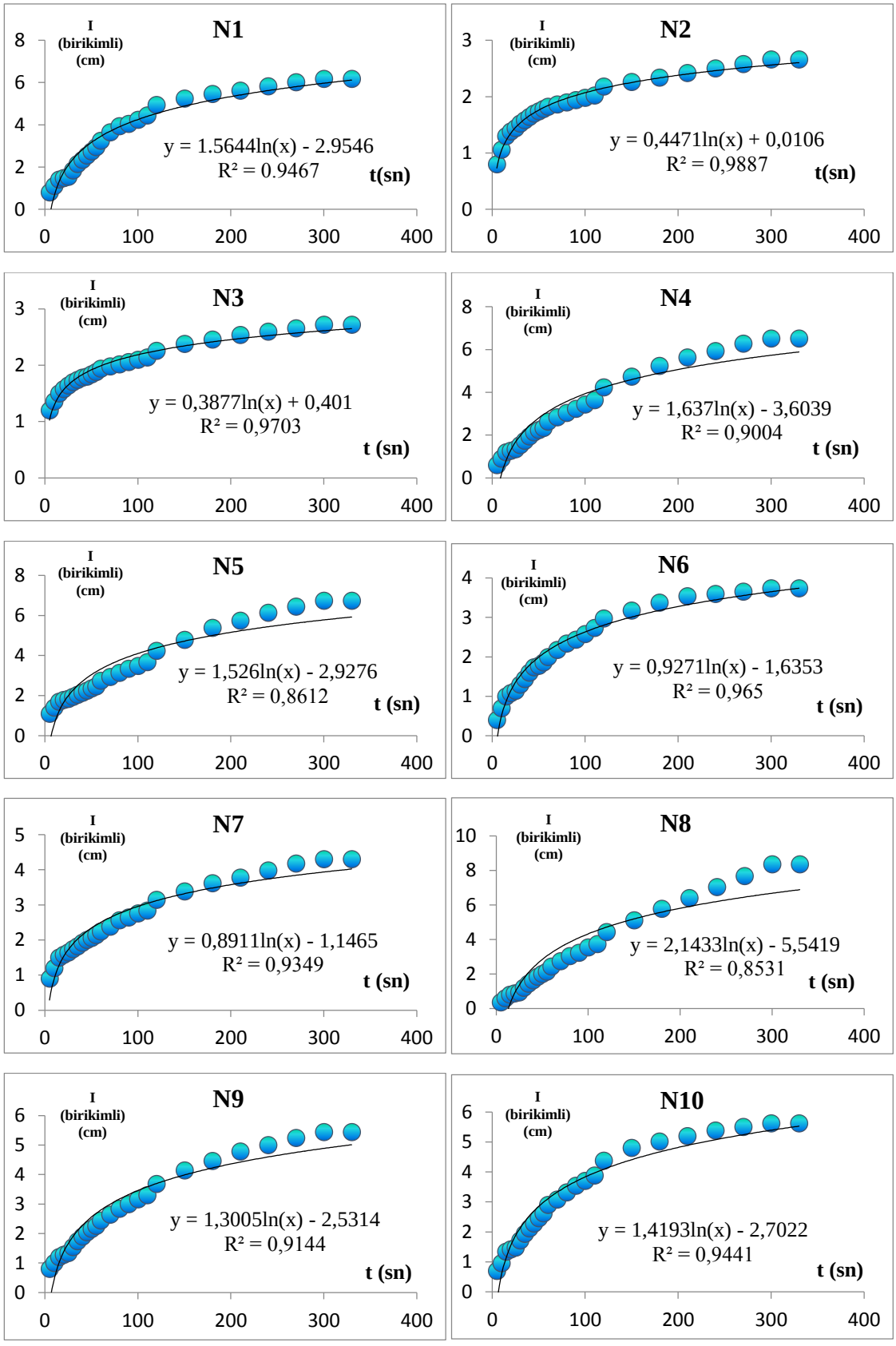
çarpıklık göstermiştir. İnfiltrasyon değerleri, tüm uygulamalarda pozitif olarak basık iken nadas topraklarında kuvvetli basık (5,6) olarak bulunmuştur.

4.2. Toprak Örneklerinin İnfiltrasyon Hızları

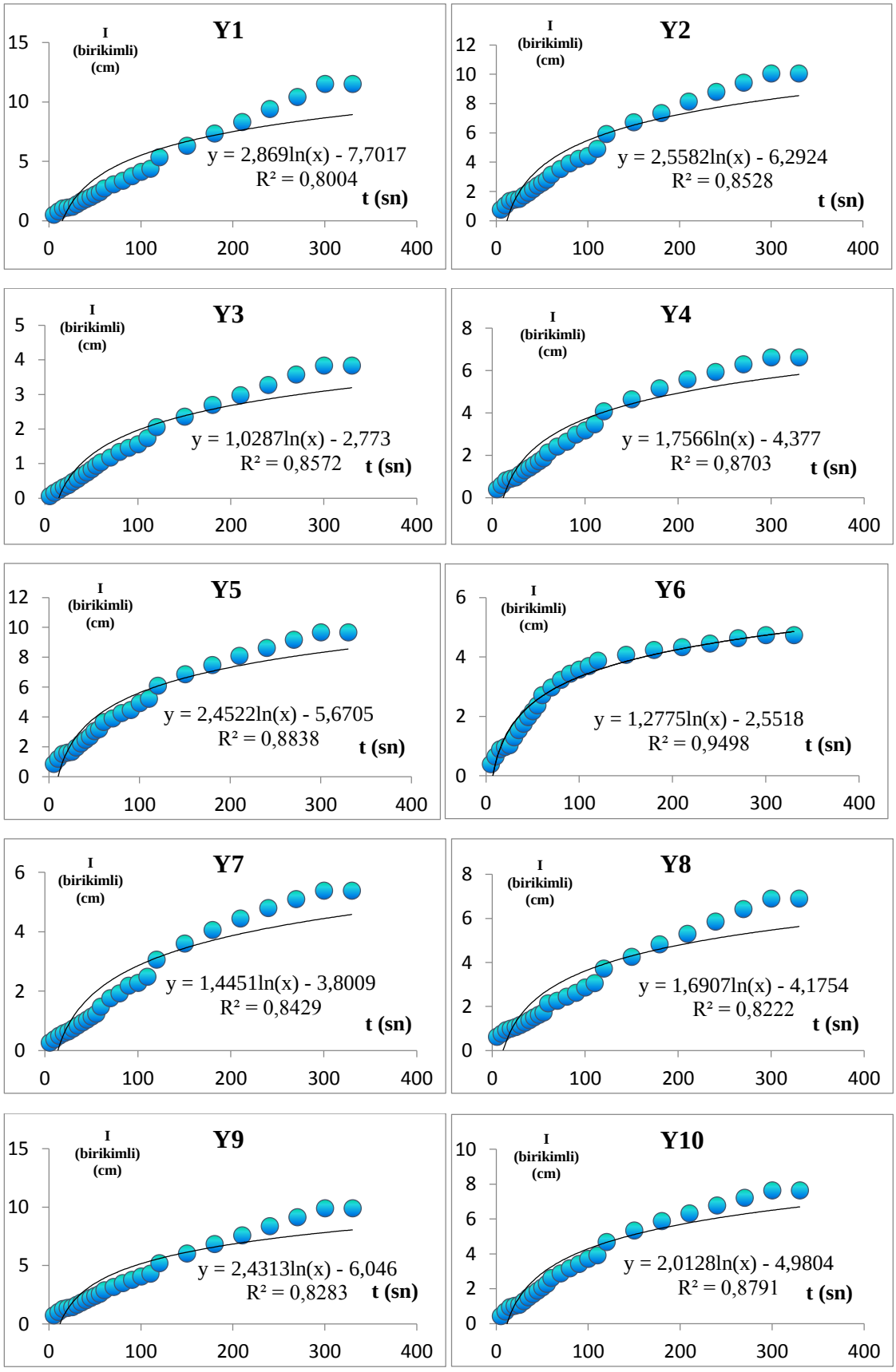
Toprak örneklerinin infiltrasyon hız grafikleri zamana karşı kümülatif infiltrasyon değerleri (Zhang, 1997) kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3).



Şekil 4.1 Mera alanı (M) toprak örneklerine ait infiltrasyon hız grafikleri



Şekil 4.2 Nadas alanı (N) toprak örneklerine ait infiltrasyon hız grafikleri



Şekil 4.3 Meyve bahçesi (Y) toprak örneklerine ait infiltrasyon hız grafikleri

Mera alanı toprak örneklerine ait infiltrasyon hızı ve zaman grafiklerinde en yüksek ilişki M8 (r=0,96), en düşük ilişki M10 (r=0,79) örneklerinde bulunmuştur. M8 numaralı toprak örneği, en yüksek EC değeri ile köşeli strüktür tipi ve zayıf strüktür sınıfı özellikleri gösteren ve kök bulunmayan toprak örneğidir. M8 toprak örneği, killi tekstür olarak belirlenen 30 örnek arasında siltli kil sınıfındaki iki örnekten biridir. Dolayısıyla en düşük kil yüzdesine sahip olan toprak örneğinde infiltrasyon ile ilişki yüksek çıkmış olabilir. M10 örneği ise yüksek yapışkanlık ve plastiklik değerleri ile birlikte en düşük hacim ağırlığı değerine sahip olduğundan infiltrasyon ile toprak özellikleri ilişkisi zayıf bulunmuştur.

Nadas alanı toprak örneklerine ait infiltrasyon hızı ve zaman grafiklerinde en yüksek ilişki N2 (r=0,98), en düşük ilişki N8 (r=0,85) örneklerinde bulunmuştur. N2 örneğinde silt yüzdesi diğer örneklere göre daha yüksek iken, nem, tarla kapasitesi ve solma noktası yüzdeleri düşüktür. Toprak örneği yarı yuvarlak strüktür tipine sahiptir. Miktar bakımından az ancak büyüklük bakımından yüksek kod değerine sahip kökler içeren toprak örneğinin kök ve strüktür tipi etkisi ile infiltrasyon ile ilişkisinin yüksek olduğu söylenebilir. N8 toprak örneği ise hidrolik iletkenlik ve tarla kapasitesi değerleri yüksek, güçlü strüktür sınıfı ve yarı köşeli strüktür tipi özelliği gösteren toprak örneğidir.

Meyve bahçesi toprak örneklerine ait infiltrasyon hızı ve zaman grafiklerinde en yüksek ilişki Y6 (r=0,95), en düşük ilişki Y1 (r=0,80) örneklerinde bulunmuştur. Y6 toprak örneği kök sayısı ve organik madde yönünden daha zayıf olmasına rağmen yüksek hacim ağırlığı değeri ve yarı yuvarlak strüktür tipi özellikleri ile infiltrasyonla daha kuvvetli ilişki göstermiş olabilir. Y1 toprak örneğinde ise kök bulunmazken, plastiklik özelliği, kil değerleri ve yarı köşeli strüktür tipi gibi infiltrasyonu azaltıcı faktörlerin yüksek değerde olması nedeniyle infiltrasyon ile ilişkisi zayıf olmuştur.

Mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarındaki ortalama infiltrasyon hızı ve ortalama sorptivite değerleri arasında olabilecek farkların anlamlılığı için tek yönlü varyans analizi (One way Anova) yapılmıştır (Çizelge 4.6). Çizelge 4.6'ya göre her üç arazi kullanımında ortalama infiltrasyon hızı ve sorptivite değerleri farklıdır.

Çizelge 4.6 Mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarındaki ortalama infiltrasyon hızı ve ortalama sorptivite değerleri için tek yönlü varyans analizi

Arazi kullanımı	Ortalama infiltrasyon hızı	Ortalama sorptivite
Mera	0,0045[a]	0,035[a]
Nadas	0,0136[b]	0,127[b]
Meyve bahçesi	0,0323[c]	0,096[c]

Aynı sütunda farklı harfler ile belirtilen ortalamalar=0,05 düzeyinde farklıdır.

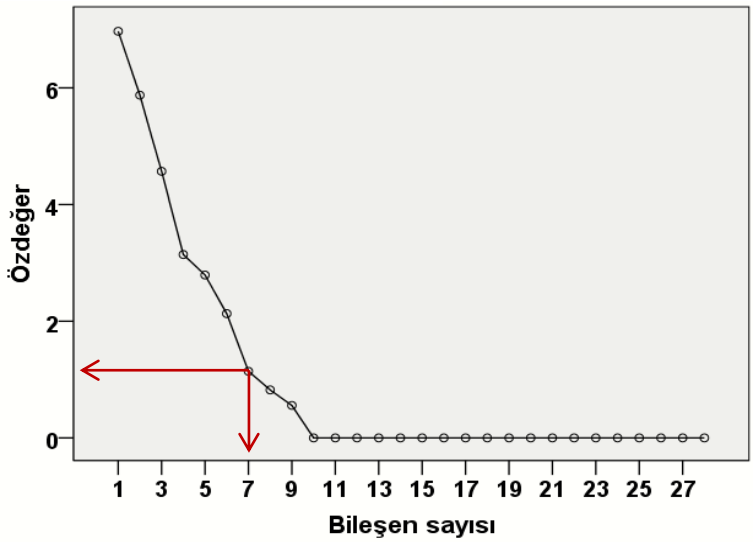
Mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarındaki toprak değişkenlerine ait korelasyon analizleri Ek 1, Ek 2 ve Ek 3'te verilmiştir. Mera alanı topraklarına ait korelasyon analizine göre infiltrasyon hızı ile en yüksek ilişki sorptivite değerleri arasında olmuştur (0,72). Sorptivite değişkenini kum içeriği (-0,68) ve plastiklik özelliği (0,61) takip etmiştir. Sorptivite infiltrasyonun ilk zamanlardaki hızından tahmin edildiği için erken infiltrasyon (early infiltration) olarak da tanımlanmaktadır. Bu nedenle infiltrasyon hızı ve sorptivite birbirleri ile pozitif yönde ilişkili özelliklerdir. Sorptivitenin kümülatif infiltrasyonu güçlü bir şekilde etkileyen önemli bir parametre olduğu bildirilmiştir (Angelaki*et al*. 2021). Kum içeriği ile infiltrasyon hızı arasında beklenildiği gibi pozitif yönlü 0,05 düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bir topraktaki kum yüzdesi arttıkça, toprak tanecikleri arasında en büyük boşluklara sahip olan kum parçacıkları nedeniyle infiltrasyon artacaktır (USDA NRCS, 2014b, Sajjadi *et al*. 2016). Ancak plastiklik kil içeriği ile orantılı toprak mekanik özelliklerindendir ve beklenilenin aksine mera alanında infiltrasyon ile doğru orantılı olarak bulunmuştur. Nadas alanı topraklarında infiltrasyon ile hidrolik iletkenlik, meyve bahçesi toprak örneklerinde ise infiltrasyon hızı, hidrolik iletkenlik, sorptivite, kum içeriği ve EC yüksek ilişkili bulunmuştur.

4.3 Toprak Değişkenlerine Ait Faktör Analizleri

Farklı arazi kullanımı altındaki topraklardan alınan örneklerin parametrik ve morfolojik özellikleri faktör analizi ile değerlendirilmiştir. Faktör analizi çizgi grafiğinde eğimin azaldığı noktaya karşılık gelen sayı faktör sayısı olarak alınır (Kalaycı 2010).

4.3.1 Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi

Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiğine göre özdeğeri 1 veya 1'den büyük olan 7 faktör seçilmiştir (Şekil 4.4). Faktörlere yüklenen toprak değişkenleri için kritik faktör yükü de 0,5 olarak alınmıştır.



Şekil 4.4 Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiği

Mera alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ait faktör analizi sonucuna göre en yüksek değerli toprak değişkeni yapı sınıf ve tip özelliği, en düşük değerli toprak değişkeni ise solma noktası olmuştur (Çizelge 4.10).

Faktör 1'de parametrik özelliklerden EC ve morfolojik özellikler (yapı sınıfı, büyüklüğü ve kök miktarı) varyansın %20,88'lik kısmını açıklamaktadır. Faktör 1'e çoğunlukla morfolojik özellikler yüklendiğinden bu faktör 'morfoloji ve EC faktörü' olarak adlandırılmıştır. Toprak yapı sınıfı ve büyüklüğü ve kıvam gibi değişkenler birbirleriyle pozitif ilişkili toprak özellikleridir. Faktör 2'ye kum ve kil, yapışkanlık ve COLE gibi değişkenler yüklenerek varyansın %15,10'luk kısmını tanımlamışlardır. Faktör 2, 'tekstür ve morfoloji faktörü' olarak adlandırılmıştır. Beklenildiği gibi kil, yapışkanlık ve COLE birbirleri ile pozitif ilişkili, kum ile negatif ilişkilidir. Yapışkanlık kil tipine bağlı olan bir özelliktir. Killi topraklar toplam gözeneklilik ve su tutma kapasitesi yönünden daha yüksek değerlere sahip olduğundan uzama katsayısı killi topraklarda

daha fazla çıkacaktır. Faktör 3'e, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve sorptivite değişkenleri atanmış, toprak suyu ile bağlantılı ve pozitif ilişkili bu değişkenler için Faktör 3 'toprak suyu faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %14,47'lik kısmını açıklamıştır. Hacim ağırlığı daha yüksek olan kumlu topraklarda hidrolik iletkenlik ve sorptivite değerleri daha yüksektir ve bu özellikler birbirleri ile pozitif ilişkilidir. Faktör 4, pH, ASI, $CaCO_3$, silt, nem, plastiklik ve infiltrasyon hızı ile yüklenmiş olup, 'parametrik ve plastisite faktörü' olarak adlandırılan faktör varyansın %14,13'lük kısmını tanımlamıştır. Faktör 5'e penetrasyon direnci, organik madde ile tarla kapasitesi ve solma noktası değişkenleri yüklenerek varyansın %12,15'lik kısmını tanımlamışlardır. Faktör 5, 'toprak suyu ve organik madde faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 6'ya, toprak yapı tipi, rengi ve kıvamı yüklenmiş, bu değişkenler için Faktör 6 'renk ve kıvam faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %11,09'luk kısmını açıklamıştır. Faktör 7'de gözenek miktarı yer aldığından 'gözeneklilik faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %7,23'lük kısmını açıklamıştır. Mera alanındaki toplam değişkenliğin %95,07'si bu faktörler tarafından açıklanmıştır. Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamaları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi sonuçları Çizelge 4.8'de özetlenmiştir. Çizelge 4.8'e göre infiltrasyon hızı ile ilişkili toprak değişkenleri Faktör 4'te toplanmıştır.

Çizelge 4.7 Mera alanı toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamaları

Faktör numarası	**Faktör tanımlaması**
1	Morfoloji ve EC faktörü
2	Tekstür ve morfoloji faktörü
3	Toprak suyu faktörü
4	**Parametrik ve plastisite faktörü**
5	Toprak suyu ve organik madde faktörü
6	Renk ve kıvam faktörü
7	Gözeneklilik faktörü

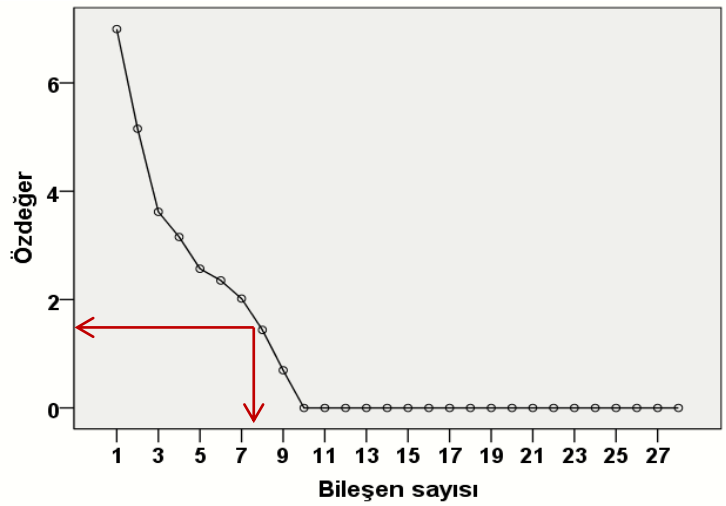
Çizelge 4.8 Mera alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ait faktör analizi sonuçları

	Faktör						
Toprak Değişkenleri	1	2	3	4	5	6	7
YS	0,989						
YB	0,989						
EC (dS m^{-1})	-0,822						
KM	0,746						
Kum,(%)		-0,943					
Yapışkanlık		0,846					
Kil(%)		0,735					
COLE		0,658					
HA (g cm^{-1})			0,932				
K (cm s^{-1})			0,893				
GB			0,850				
S (cm $s^{-1/2}$)			0,599				
pH				**0,814**			
ASI (%)				**0,778**			
$CaCO_3$(%)				**0,696**			
Silt (%)				**0,657**			
Nem (%)				**-0,651**			
IH (cm s^{-1})				**0,618**			
Plastiklik				**0,603**			
PD (KPa)					0,930		
OM (%)					0,807		
TK (%)					0,626		
SN (%)					0,559		
YT						0,926	
Renk						0,782	
Kıvam						0,719	
GM							0,899
% Varyans	20,88	15,10	14,47	14,13	12,15	11,09	7,23
Toplam % Varyans							95,07

YS: Yapı sınıfı, YB: Yapı büyüklüğü, $CaCO_3$: Kireç, KM: Kök miktarı, COLE: Toprak uzama katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, K: Hidrolik iletkenlik, S: Sorptivite, pH: Toprak Reaksiyonu, ASI: Agregat stabilite indeksi, IH: İnfiltrasyon hızı, PD: Penetrasyon direnci, OM: Organik madde, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, YT: Yapı tipi, GM: Gözenek miktarı

4.3.2 Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi

Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiğine göre özdeğeri 1 veya 1'den büyük olan 8 faktör seçilmiştir (Şekil 4.5). Faktörlere yüklenen toprak değişkenleri için kritik faktör yükü de 0,5 olarak alınmıştır.



Şekil 4.5 Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiği

Nadas alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ait faktör analizi sonucuna göre en yüksek değerli toprak değişkeni yapı büyüklüğü, en düşük değerli toprak değişkeni ise toprak uzama katsayısı olmuştur (Çizelge 4.12).

Faktör 1'de parametrik özelliklerden EC, $CaCO_3$ ve solma noktası; morfolojik özelliklerden yapı sınıfı, büyüklüğü ve tipi varyansın %19,34'lük kısmını açıklamaktadır. Faktör 1'e çoğunlukla morfolojik özellikler ve kimyasal özellikler yüklendiğinden bu faktör 'morfoloji ve kimya faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 2'ye kil, kum, sorptivite ve nem değişkenleri yüklenerek varyansın %13,54'lük kısmını tanımlamışlardır. Faktör 2, 'tekstür ve toprak suyu faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 3'e, hacim ağırlığı, silt ve pH değişkenleri atanmış; hacim ağırlığı tekstür sınıfının bir sonucu olduğu için Faktör 3 'hacim ağırlığı ve pH faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %13'lük kısmını açıklamıştır. Faktör 4, yapışkanlık, COLE ve gözenek büyüklük ve miktarı ile yüklenmiş olup, 'morfoloji faktörü' olarak

adlandırılan faktör varyansın %11,75'lik kısmını tanımlamıştır. Faktör 5'e penetrasyon direnci ile tarla kapasitesi değişkenleri yüklenerek varyansın %11,49'luk kısmını tanımlamışlardır. Faktör 5, 'direnç ve doygunluk faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 6'ya, infiltrasyon hızı ve hidrolik iletkenlik atanmış, 'iletkenlik faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %10,65'lik kısmını açıklamıştır. Faktör 7'ye plastiklik, organik madde ve kıvam atanmış, 'kıvam ve organik madde faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %10,65'lik kısmını açıklamıştır. Faktör 8 'stabilite faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %8,17'lik kısmını açıklamıştır. Nadas alanındaki toplam değişkenliğin %97,51'si bu faktörler tarafından açıklanmıştır. Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamaları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi sonuçları Çizelge 4.10'da özetlenmiştir. Çizelge 4.10'a göre infiltrasyon hızı ile ilişkili toprak değişkenleri Faktör 6'ya toplanmıştır.

Çizelge 4.9 Nadas alanı toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamaları

Faktör numarası	**Faktör tanımlaması**
1	Morfoloji ve kimya faktörü
2	Tekstür ve toprak suyu faktörü
3	Hacim ağırlığı ve pH faktörü
4	Morfoloji faktörü
5	Direnç ve doygunluk faktörü
6	**İletkenlik faktörü**
7	Kıvam ve organik madde faktörü
8	Stabilite faktörü

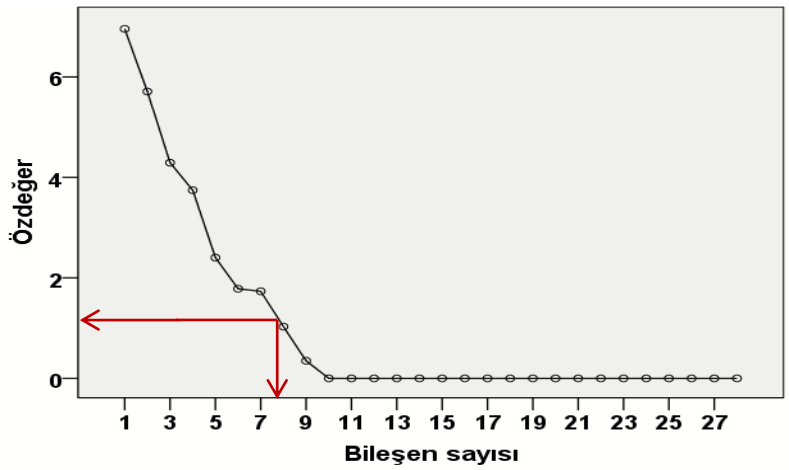
Çizelge 4.10 Nadas alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ait faktör analizi sonuçları

	Faktör							
Toprak Değişkeni	1	2	3	4	5	6	7	8
YB	0,929							
Renk	0,811							
$CaCO_3$ (%)	0,776							
SN (%)	0,761							
EC (dS/m)	-0,748							
YS	0,729							
YT	-0,581							
Kil (%)		-0,954						
Kum (%)		0,894						
S (cm $s^{-1/2}$)		-0,842						
Nem (%)		0,609						
pH			-0,898					
HA (cm g^{-1})			0,806					
Silt (%)			-0,632					
Yapışkanlık				0,901				
GM				0,892				
GB				-0,615				
COLE				0,543				
PD (KPa)					-0,911			
TK (%)					0,787			
IH (cm s^{-1})						**0,961**		
K (cm s^{-1})						**0,671**		
Plastiklik							0,949	
OM (%)							-0,641	
Kıvam							0,583	
ASI (%)								-0,920
% Varyans	19,34	13,54	13,00	11,75	11,49	10,65	9,54	8,17
Toplam % Varyasyon								97,51

YB: Yapı büyüklüğü, $CaCO_3$: Kireç, SN: Solma noktası, EC: Elektriksel iletkenlik, YS: Yapı sınıfı, YT: Yapı tipi, S: Sorptivite, pH: Toprak reaksiyonu, HA: Hacim ağırlığı, GM: Gözenek miktarı, GB: Gözenek büyüklüğü, COLE: Toprak uzama katsayısı, PD: Penetrasyon direnci, TK: Tarla kapasitesi, IH: Infiltrasyon hızı, k: Hidrolik iletkenlik, OM: Organik madde, ASI: Agregat stabilitesi indeksi

4.3.3 Meyve bahçesi alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi

Meyve bahçesi alanı örneklerine ait faktör analizi çizgi grafiğine göre özdeğeri 1 veya 1'den büyük olan 8 faktör seçilmiştir (Şekil 4.6). Faktörlere yüklenen toprak değişkenleri için kritik faktör yükü de 0,5 olarak alınmıştır.



Şekil 4.6 Meyve bahçesi alanı toprak değişkenlerine ait faktör analizi çizgi grafiği

Meyve bahçesi alanı toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ilişkin faktör analizi sonucuna göre en yüksek değerli toprak değişkeni renk özelliği, en düşük değerli toprak değişkeni ise EC olmuştur (Çizelge 4.14). Faktör 1'de parametrik özelliklerden solma noktası, tarla kapasitesi, nem, kil ve kireç; morfolojik özelliklerden renk ile birlikte varyansın %21,80'lik kısmını açıklamaktadır. Faktör 1'e çoğunlukla fiziksel özellikler yüklendiğinden 'toprak fiziksel faktörü' olarak adlandırılmıştır. Toprakta su iletimi ve ile kireç arasında negatif bir ilişki vardır, faktörde yüklenen diğer parametrik özellikler ile kireç arasında da negatif ilişki görülmektedir. Faktör 2'ye infiltrasyon hızı, hidrolik iletkenlik, sorptivite, kum ve EC gibi değişkenler yüklenerek varyansın %16,89'luk kısmını tanımlamışlardır. Faktör 2, 'toprak suyu ve EC faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 3'e, COLE, hacim ağırlığı, yapışkanlık, penetrasyon direnci ve plastiklik atanmış, bu değişkenler için Faktör 3 'hacim ağırlığı ve toprak mekaniği faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %13,47'lik kısmını açıklamıştır. Toprak yapışkanlık ve plastikliği kil içeriği ve kil tipi ile ilgili özelliklerdir. Toprak hacim ağırlığı da tekstür ile belirlenebilen bir özelliktir. Killi toprakların su tutma kapasitesi yüksek olduğundan

yapışkanlık ve plastiklik ile pozitif ilişkilidir. Faktör 4'e kök miktarı, yapı sınıfı ve kıvam atandığı için 'kök ve yapı faktörü' olarak adlandırılan faktör varyansın %11,52'lik kısmını tanımlamıştır. Faktör 5'e toprak yapı tipi ve gözenek miktarı atanmış, varyansın %10,57'lik kısmını tanımlamışlardır. Faktör 5, 'yapı ve gözeneklilik faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 6'da organik madde yer aldığından 'organik madde faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %8,79'luk kısmını açıklamıştır.

Faktör 7'ye, silt, pH ve gözenek büyüklüğü atanmış, bu değişkenler için Faktör 7 'gözeneklilik ve pH faktörü' olarak adlandırılmış ve varyansın %8,22'lik kısmını açıklamıştır. Faktör 8'e agregat stabilitesi ve yapı büyüklüğü atanmış, varyansın %7,47'lik kısmını tanımlamışlardır. Faktör 8, 'stabilite ve yapı faktörü' olarak adlandırılmıştır. Meyve bahçesindeki toplam değişkenliğin %98,75'i bu faktörler tarafından açıklanmıştır. Meyve bahçesi toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımlamalarıÇizelge 4.11'de verilmiştir. Meyve bahçesi toprak değişkenlerine ait faktör analizi sonuçları Çizelge 4.12'de özetlenmiştir. Çizelge 4.12'ye göre infiltrasyon hızı ile ilişkili toprak değişkenleri Faktör 2'ye toplanmıştır.

Çizelge 4.11 Meyve bahçesi toprak değişkenlerine ait faktör sayısı ve tanımları

Faktör numarası	**Faktör tanımlaması**
1	Toprak fizikselfaktörü
2	**Toprak suyu ve EC faktörü**
3	Hacim ağırlığı ve toprak mekaniği faktörü
4	Kök ve yapı faktörü
5	Yapı ve gözeneklilik faktörü
6	Organik madde faktörü
7	Gözeneklilik ve pH faktörü
8	Stabilite ve yapı faktörü

Çizelge 4.12 Meyve bahçesinde toprak parametrik ve morfolojik örneklerine ait faktör analizi sonuçları

	Faktör							
Toprak Değişkeni	1	2	3	4	5	6	7	8
Renk	0,982							
SN(%)	0,962							
TK(%)	0,932							
$CaCO_3$ (%)	-0,804							
Nem (%)	0,794							
Kil (%)	0,711							
IH (cm s^{-1})		**0,947**						
K (cm s^{-1})		**0,840**						
S (cm $s^{-1/2}$)		**-0,744**						
Kum (%)		**0,670**						
EC (dS m^{-1})		**0,554**						
COLE			-0,840					
HA (gr cm^{-3})			0,838					
Yapışkanlık			0,824					
PD (KPa)			0,614					
Plastiklik			0,594					
KM				0,971				
Kıvam				0,971				
YS				0,753				
YT					-0,951			
GM					-0,605			
OM (%)						0,960		
Silt (%)							0,791	
pH							0,706	
GB							0,657	
ASI (%)								0,762
YB								-0,679
Varyans	21,80	16,89	13,47	11,52	10,57	8,79	8,22	7,47
Toplam % Varyans								98,75

SN: Solma noktası, TK: Tarla kapasitesi, $CaCO_3$: Kireç, IH: İnfiltrasyon hızı, K: Hidrolik iletkenlik, S: Sorptivite, EC: Elektriksel iletkenlik, COLE: Toprak uzama katsayısı, HA: Hacim ağırlığı, PD: Penetrasyon direnci, KM: Kök miktarı, YS: Yapı sınıf, YT: Yapı tipi, GM: Gözenek miktarı, OM: Organik madde, pH: Toprak reaksiyonu, GB: Gözenek büyüklüğü, ASI: Agerat stabilite indeksi, YB: Yapı büyüklüğü

Ölçüm sonuçlarına göre ortalama en yüksek infiltrasyon hız değerleri meyve bahçesi örneklerinde, en düşük ortalama değerler ise mera alanından alınan örneklerde kaydedilmiştir. Mera alanlarında infiltrasyon hızının daha yüksek olduğunu belirten birçok çalışma vardır. Bu çalışmalarda, mera alanlarında yüzey bitki örtüsünün yağmur damlalarının toprak yüzeyi üzerindeki olumsuz etkisini dolayısıyla agregat stabilitesinin bozulmasını azaltabileceği ve yüzey akış hızını azaltacağı (Armbruster *et al.* 2004, Bronstert 2004, Schüler 2006, Laurance 2007) bildirilmiştir. Ek olarak, toprakta daha fazla miktarda bitki biyokütlesi üretildiğinde, bunun yüzey toprağı organik maddesinin daha yüksek birikmesine yol açtığı ve daha yüksek infiltrasyon oranlarına katkıda bulunduğu (Wienhold and Tanaka 2000) kaydedilmiştir.

Ayrıca, daha yüksek toprak infiltrasyon kapasitesi ve dolayısıyla doymuş hidrolik iletkenlik, tarım arazisi kullanımına kıyasla meralarda toprak organik maddesinin daha yüksek içeriği ile ilişkilidir (Abu-Hashim, 2011). Mera alanlarında genellikle hiçbir toprak işleme veya mekanik stres bulunmadığı için daha az sıkıştırma, daha düşük bir toprak kuru hacim yoğunluğu ve artan sızma oranları olduğu (Ernest and Tollner 2002, Al-Hassoun 2009) belirtilmiştir.

Ancak bu çalışmada nadas ve meyve bahçesi alanlarına göre yüksek organik madde içeriğine de (Çizelge 4.1) sahip mera alanında infiltrasyon hızı daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç toprak sıkışması ile açıklanabilir. Mera alanında toprak yüzey örtüsü ve otlatma nedeniyle sıkışmadan kaynaklı değişebilen gözenek dağılımı infiltrasyon hızının düşük olmasına neden olabilir. Nitekim mera alanında toprak örneklerinin ortalama penetrasyon direnci değerlerinin diğer alanlara göre yaklaşık iki kat fazla ölçülmesi sıkışmanın bir göstergesi olarak düşünülmüştür. Heermann and Duke (1983), toprak yüzeyindeki çöp tabakalarının varlığının yüzey akışını geciktirdiğini ve suyun toprağa sızması için daha fazla zaman sağladığını bildirmiştir.

Tollner *et al.* (1990) ve Broersma *et al.* (1995) doğal veya yarı doğal bitki örtüsünden sürekli toprak işleme ve otlatma yapılan alana arazi kullanımı değişikliğinin toprak hacim ağırlığı, gözeneklilik, sızma, su depolama özellikleri ve akış üzerinde belirgin bir

etkiye sahip olduğunu, Hillel (1982) ise sıkıştırmanın en büyük toprak gözeneklerini azaltarak infiltrasyon hızının azalmasına neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Toprak sıkıştırma, toprak makro gözeneklerinin azalmasına, toprağın kuru hacim ağırlığının ve penetrasyon direncinin artmasına neden olur ve dolayısıyla su infiltrasyon hızını azaltan etkiye sahiptir (Hillel 1982, Oussible *et al.* 1992, Håkansson 1994, Ishaq *et al.* 2003).

Meyve bahçesinde bulunan ağaçlar yaprakları ile toprak yüzeyinde organik madde oluşumuna katkı sağlayarak infiltrasyon hızını, kökleri vasıtasıyla da toprakta suyun iletimini artırabilirler. Bu çalışmada farklı 3 arazi içinde en yüksek infiltrasyon hız değerleri meyve bahçesinden alınan örneklerde bulunmultur. Mann and Tolbert (2000)'in yaptığı çalışmada da yüksek sızma oranlarına sahip çürümüş kök kanallarının varlığı yanında toprakta daha derinlerde büyük kök gelişiminin, daha yüksek toprak stabilitesi sağladığı ve su infiltrasyonunu artırdığı bildirilmiştir.

İnfiltrasyon oranlarında gözlenen farklılıkların, farklı toprak işleme uygulamalarının neden olduğu toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki değişikliklerin bir sonucu olduğu bildirilmiştir (Pelegrin *et al.* 1990). Çok sayıda çalışma, toprağın infiltrasyon kapasitesinin, toprak kalitesi ve sağlığının iyi bir göstergesi olabileceğini göstermiştir (Wood and Blackburn 1981, Mc Calla *et al.* 1984, Abdul-Megid *et al.* 1987, Shukla *et al.* 2003, Dexter 2004). Arazi kullanımından toprakların sadece makro gözenekleri ve toprak başlangıç neminin değil, aynı zamanda değişen gözenek dağılımından dolayı su tutma özelliklerinin de etkilendiği kaydedilmiştir (Wahren *et al.* 2007a). Bu nedenle, arazi kullanımındaki değişimin sızma kapasitesi ve su tutma üzerinde belirgin etkileri olacaktır. Wood and Blackburn (1981), Shukla *et al.*(2003), Fu *et al.*(2006) tarafından arazi kullanımındaki değişikliğin, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ve toprak yapısı ve arazi kullanımından etkilenen infiltrasyon kapasitesini etkilediği belirtilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Ankara ili Çubuk ilçesi sınırları içinde kalan farklı arazi kullanımları (mera, nadas ve meyve bahçesi) altındaki benzer toprakların infiltrasyon hızları karşılaştırılmıştır. Toprak örneklerine aitdeğişkenlerin infiltrasyon hızı ve birbirleri ile olan ilişkilerinin yön ve dereceleri için korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre mera alanında sorptivitenin infiltrasyon hızı üzerinde önemli derecede etkili olduğu (r=0,72) görülürken; nadas ve meyve bahçesi topraklarında hidrolik iletkenliğin (r=0,69 ve r=0,86) etkili olduğu görülmüştür. Mera, nadas ve meyve bahçesi alanlarındaki ortalama infiltrasyon hızı ve ortalama sorptivite değerlerinin ANOVA testi sonuçlarına göre %5 önem seviyesinde farklı olduğu bulunmuştur.

Faktör analizi sonuçlarında, mera alanında infiltrasyon hızı ile silt, nem ve kireç içeriği ile pH, ASI ve plastiklik özelliği aynı faktöre yüklenerek toplam değişkenliğin %14,13'lük kısmını tanımlamıştır. İnfiltrasyon hızı, nadas alanında hidrolik iletkenlikile, meyve bahçesinde ise hidrolik iletkenlik, sorptivite ve kum içeriği ile aynı faktöre yüklenerek toplam değişkenliklerin sırasıyla %10,65 ve % 16,89'luk kısımlarını tanımlamışlardır. Genel olarak en yüksek ortalama infiltrasyon hız değerleri meyve bahçesinde, en düşük ortalama değer ise mera topraklarında bulunmuştur.

Arazi kullanımı ve arazi yönetiminin toprakların infiltrasyon kapasitesi ve su depolaması üzerinde farklı etkileri vardır. Bu nedenle arazi kullanım değişikliğinin toprak infiltrasyon hızı üzerindeki etkileri karmaşıktır. Suyun toprağa sızma hızı ile birlikte toprak matrisindeki hareketi ve yüzey akışıda, yağışın verimli kullanılmasını ve optimum toprak suyunu koruyacak nitelikteki arazi yönetim uygulamaları için önemli hususlardır. Bu ilişkiler hakkında bilgi, toprak suyu erozyonu etkisini en aza indirmek ve yüksek sızma oranlarını garanti etmek için çok önemlidir. Suyun tarımda verimli kullanımı, yanlış sulama uygulamaları sonucu oluşabilecek zararların engellenmesi ve aşırı yıkama ile yeraltı suyu kirliliğinin azaltılması infiltrasyon dinamiklerinin yeterince anlaşılması ile sağlanabilir. Bu yüzden arazi kullanımı ve yönetimi ve sulama projelerinin uygulanmasından önce toprak değişkenlerinin infiltrasyon üzerindeki etkisinin bilinmesi yararlı bilgiler sağlar.

KAYNAKLAR

Abdul-Megid, A. H., Schuman, G. E. and Hart, R. 1987. Soil bulk density and water infiltration as affected by grazing system. Journal of Range Management, 40: 307–309.

Abu-Hashim, M. S. D. 2011. Impact of land-use and land-management on the water infiltration capacity of soils on a catchment scale. von der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina.

Adeniji, F. A., Umara, B. G., Dibal, J. M. and Amali, A. A. 2013. Variation of infiltration rates with soil texture. Engineering, laboratory study, International Journal of Technology and Innovative, 13(2): 454–459.

Agnihotri, R. C. and Yadav, R. C. 2009. Effects of different land uses on infiltration in ustifluvent soil susceptible to gully erosion. Hydrological Sciences Journal, 40(3): 395–406.

Al-Hassoun, R. 2009. Studies on factors affecting the infiltration capacity of agricultural soil. Julius Kühn-Institut. Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen.

Alagna, V., Bagarello, V., Di Prima, S. and Lovino, M. V. 2016. Determining hydraulic properties of a loam soil by alternative infiltrometer techniques, Hydrological Processes, 30(2): 263–275.

Angelaki, A., Nain, S.S., Singh, V., Sihag, P. 2021. Estimation of models for cumulative infiltration of soil using machine learning methods, Journal of Hydraulic Engineering, 27(2): 162–169.

Angelaki A., Sakellariou-Makrantonaki M. T. C. 2013. Theoretical and experimental research of cumulative infiltration. Transport in Porous Media, 100(2): 247–257.

Anonim, 2014. Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı. Web Sitesi. http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativeIlgiliMevzuat_yeni.pdf. Erişim Tarihi: 05.06.2021.

Anonim, 2017. Çubuk Kaymakamlığı Brifing Raporu. T.C. Çubuk Kaymakamlığı İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü.

Anonyoumus, 2014. Infiltration. Web Sitesi. https://www.slideserve.com/adanne/infiltration. Erişim Tarihi: 01.08.2021.

Armbruster, M., Seegert, J. and Feger, K. 2004. Effects of changes in tree species composition on water flow dynamics-model applications and their limitations. Plant Soil, 264: 13–24.

Assouline, S. 2013. Infiltration into soils: Conceptual approaches and solutions. Water Resour. Res., 49: 1755–1772.

Baranian Kabir, E., Bashari, H., Bassiri, M. and Mosaddeghi, M. R. 2020. Effects of land-use/cover change on soil hydraulic properties and pore characteristics in a semi-arid region of central Iran. Soil and Tillage Research, 197(August 2019): 104478.

Baumhardt, R. -L., Lascano, R. J. 1996. Rain infiltration as affected by wheat residue amount and distribution in ridget tillage. Soil Sci. Soc. Am. J., 60: 1908–1913.

Beven, K. 2021. The era of infiltration. Hydrol. Earth Syst. Sci., 25: 851–866.

Biro, K., Pradhan, B., Muchroithner, M. and Makeschin, F. 2013. Land use/land cover change analysis and its impact on soil properties in the northern part of Gadarif region, Sudan. Land Degradation and Development, 24: 90–102.

Blake, G. R. and Hardge, K. H. 1986. Bulk Density in Klute, A. (ed.) Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 1st edn. Madison: American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, pp. 363–375.

Broersma, K., Robertson, J. A., Chanasyk, D. 1995. Effect of different cropping systems on soil water properties of a Boralf soil. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 26: 1795–1811.

Bronstert, A. 2004. Rainfall-runoff modelling for assessing impacts of climate change. Hydrol. Proc., 18: 567–580.

Brutsaert, W. 2005. Hydrology: An Introduction, Cambridge University Press, Cambridge.

Çelik, Ş. 2012. Türkiye'de İllerin Bitkisel Üretiminin Faktör Analizi ile İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Dergisi, 22(2): 69–76.

Cerda, A. 1996. Soil aggregate stability in three Mediterranean environments. Soil Technol., 9: 133–140.

Chu, S. T. 1978. Infiltration during unsteady rain. Water Resour. Res., 14(3): 461–466.

Çimen, H. 2019. Farklı arazi kullanımı ve toprak tiplerinin infiltrasyon üzerindeki etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, 45 sayfa, Şanlı Urfa.

Çinkaya, N. ve Yüksel, M. 1996. Ankara metropoliten alanı içerisinde kalan Çubuk Vadisi ve yakın çevresinin arazi kullanım planlaması. Tarım Bilimleri Dergisi, 2(3): 99-104.

Cook, J. F. and Broen, A. 1994. Six methods for determining sorptivity and hydraulic conductivity with disc permeameters. Soil Science, 157(1) 1-27.

Cook, H. L. 1946. The infiltration approach to the calculation of surface runoff. Trans. Am. Geophys. Union, 27: 726–743.

Dagadu, Jagdale Satyawan, N. P. T. 2012. Infiltration studies of different soils under different soil conditions and comparison of infiltration models with field data. International Journal of Advanced Engineering Technology, 3(2): 154–157.

Delibaş, L. ve Okuroğlu, M. 1980. Yüzey sulamada suyun ilerleme-emilme ilişkileri ve ilerleme verilerinden infiltrasyon parametrelerinin belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1-4): 103-111.

Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter and effects on root growth. Geoderma, 120: 201–214.

Easton, Z. M. and Bock, E. 2016. Soil and soil water relationships produced by communications and marketing.

Edwards, W. M. 1982. Predicting tillage effects on infiltration. in Al., P. W. U. et (ed.) redicting tillage effects on soil physical properties and processes. Madison, WI: ASA Spec. Pub, 44: 105–115.

Elliott, J. A. and Efetha, A. A. 1999. Influence of tillage and cropping system on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape. Canadian Journal of Soil Science, 79: 457–463.

Ernest, W. and Tollner, P. 2002. Natural resources engineering. Iowa State Press. United States, 0-8138-1847-8.

Erşahin, S. 2001. Toprak Amenajmanı. GOP Ziraat Fakültesi Ders Notları Serisi No:21.

Ertuğrul, H. ve Apan, M. 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:252. Erzurum. Proje No: 106 O 145.

Eynard, A., Schumacher, T. E., Lindstrom, M. J. and Malo, D. D. 2004. Porosity and pore-size distribution in cultivated ustolls and usterts. Soil Sci. Soc. Am. J., 68(6): 1927–1934.

Fischer, C., Roscher, C., Jensen, B. and Eisenhauer, N. (no date). How do earthworms, soil texture and plant composition affect infiltration along an experimental plant diversity gradient in grassland. PLoS One 9, e98987.

Flanagan L. B. and Johnson B. G. 2005. Interacting effects of temperature, soil moisture and plant biomass production on ecosystem respiration in a northern temperate grassland. Agricultural and Forest Meteorology, 130(3–4): 237–253.

Franzluebbers, A. J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. Soil Till. Res., 66: 197-205.

Fu, B., Chen, L., Ma, K., Zhou, H. and Wang, J. 2000. The relationships between land use and soil conditions in the hilly area of the loess plateau in northern Shaanxi, China. Catena, 39: 69–78.

Fu, B. J., Qiu-Ju Zhanga, Li-Ding Chena, Wen-Wu Zhaoa, Hubert Gulinckb, Guo-Bin Liuc, Qin-Ke Yangc and Zhua, Y. G. 2006. Temporal change in land use and its relationship to slope degree and soiltype in a small catchment on the Loess Plateau of China. Catena, 65: 41–48.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. in A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. 2nd edn. Madison, WI, USA, Agronomy Monograph, vol. 9, ASA and SSSA, Madison, WI, USA, pp. 383–411.

Green, R. S. B., Kinnel, P. I. A. and Woo, J. T. 1994. Role of plant cover and stock trampling on runoff and soil erosion from semi-arid Wooded Rangelands. Australian Journal of Soil Research, 32: 953–973.

Hagen, E., Buczko, U., Bens, O., Brunotte, J. and Huettle, R. F. 2002. Infiltration patterns into soils under conventional and conservation tillage: Influence of spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. Soil & Tillage Research, 63: 181–186.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and William, C. 1998. Multivariate data analysis. New Jersey Prentice-Hall International, Inc.

Håkansson, I. and Reeder, R. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load-extent, persistence and crop response. Soil Till. Res., 29: 277–304.

Harper, T. W., Brye, K. R., Daniel, T. C., Slaton, N. A. and Haggard, B. E. 2008. Land use effects on runoff and water quality on an Eastern Arkansas soil under simulated rainfall. J. Sustain. Agric., 32: 231–253.

Heermann, D. and Duke, H. R. 1983. Applications in dryland agriculture. In Advances in Infiltration. Proc. of National Conference on Advances, pp. 254–263.

Hillel, D. 1982. Introduction to Soil Physics. Academic Pres, Inc., 364 pp., California.

Hillel, D. 1982. Soil Physics. Academic Pres. Inc., 364 pp. California.

Horel, Á., Tóth, E., Gelybó, G., Kása, I., Bakacsi, Z. and Farkas, C. 2015. Effects of land use and management on soil hydraulic properties. Open Geosci, 1: 742-754.

Horton, R. E. 1933. The role of infiltration in the hydrological cycle. Trans. Am. Geophys. Un., 14: 446–460.

Horton, R. E. 1940. An approach toward a physical interpretation of infiltration-capacity. Soil Science Society America Jounal, 5c: 399-417

Infiltrometer, Mini Disk User's Manual Version 10 (2014). 2365 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163: Decagon Devices, Inc.

Ishaq M. and Ibrahim M. L. R. 2003. Persistence of subsoil compaction effects on soil properties and growth of wheat and cotton in Pakistan. Expl Agric., 39: 341–348.

Jarvis, N. J., Leeds-Harrison, P. B. and Dosser, J. M. 1987. The use of tension infiltrometers to assess routes and rates of infiltration in a clay soil. Journal of Soil Science, 38: 633–640.

Jimenez, C.C., Tejedor, M., Morillas, G. and Neris, J. 2006. Infiltration rate in andisols: effect of changes in vegetation cover (Tenerife, Spain). J. Soil Water Conserv, 61: 153–158.

Kalaycı, Ş. 2010. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil Yayın Dağıtm, Ankara.

Kemper, W. D. and Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. 2nd edn. Madison, WI: American Society of Agronomy, pp. 425–442.

Klute, A. 1986. Part 1: Physical and mineralogical methods. In Methods of soil analysis. 2nd edn. M. Madison, WI, USA: ASA and SSSA., p. 188.

Kohnke, H. 1968. Soil physics: Tata Mcgraw-Hill Publishing Company Limited, New Dilhi.

Kölbl, A., Steffens, M., Wiesmeier, M., Hoffmann, C., Funk, R., Krümmelbein, J. and Horn, R. 2011. Grazing changes interaction, topography-controlled topsoil properties and their inner, on different spatial scales in a semi-arid grassland of Mongolia, PR China. Plant and Soil, 340: 35–58.

Lal, R. 1996. Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria 1. Soil physical and hydrological properties. Land Degrad. Dev., 7, pp. 19–45.

Laurance, W. 2007. Environmental science: Forests and floods. Nature, 499: 409–410.

Lepsch, I. F., Menk, J. R. F. and Oliveira, J. B. 2010. Carbon storage and other properties of soils under agriculture and natural vegetation in São Paulo State, Brazil. Soil Use Manag., 10: 32–42.

Leung, A. K., Garg, A., Coo, J. L., Ng, C. W. W. and Hau, B. C. H. 2015. Effects of the roots of Cynodon dactylon and Schefflera heptaphylla on water infiltration rate and soil hydraulic conductivity. Hydrol. Process, (29), pp. 3342–3354.

Li, H., Yao, Y., Zhang, X., Zhu, H. and Wei, X. 2021. Changes in soil physical and hydraulic properties following the conversion of forest to cropland in the black soil region of Northeast China. Catena, 198: 104986.

Li, Y., Tullberg, J. N. and Freebairn, D. M. 2001. Traffic and residue cover effects on infiltration. Aust. J. Soil Res., 39: 239–247.

Lichner, L., Eldridge, D. J., Schacht, K., Zhukova, N., Holoko, L., Sir, M. and Pecho, J. 2011. Grass cover influences hydrophysical parameters and heterogeneity of water flow in a sandy soil. Pedosphere, 21(6): 719–729.

Lipiec, J., Kus, J., Slowinska-Jurkiewicz, A. and Nosalewicz, A. 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. Soil & Tillage Research, 89: 210–220.

Lipiec, J., Wójciga, A. and Horn, R. 2009. Hydraulic properties of soil aggregates as influenced by compaction. Soil and Tillage Research, 103(1): 170–177.

Mann, L. T. V. 2000. Soil sustainability in renewable biomass plantings. AMBIO, A Journal of the Human Environment. 29(8): 492–498.

Marshall, T. J., Holmes, J. W. and Rose, W. C. 1996. Soil Physics. Cambridge University Press.

Mbagwu, J. S. C. 1997. Quasi-steady infiltration rates of highly permeable tropical moist Savannah soils in relation to landuse and pore size distribution. Soil Technology, 11: 185–195.

Mc Calla, G. R., Backburn, W. H. and Merril, L. B. 1984. Effects of livestock grazing on infiltration rate Edwards Plateau of Texas. Journal of Range Management, 37: 265–269.

Milla, K. and Kish, S. 2006. A low-cost microprocessor and infrared sensor system for automating water infiltration measurements. Computers and Electronics in Agriculture, 53: 122–129.

Minasny, B. and George, B. H. 1999. The measurement of soil hydraulic properties in the field. Science, 22, 26th', in Cattle, S.R., George, B. H. (ed.) Describing, Analysing and Managing Our Soil. 1st edn. Sydney: University of Sydney and Australian Soil Science Society Inc., pp. 185–204.

Morin, J. R., Karen, Y., Benyamini, M. and Ben-Hur, I. S. 1989. Water infiltration as affected by soil crust and moisture profile. Soil Sci., 148: 53–59.

Mulla, D. J. and Mc Bratney, A. B. 2001. Soil spatial variability. Handbook of Soil Science. Edited by A. W. Warrick. Soil Physics Companion. CRS Pres.

Mwendera, E. J. and Saleem, M. A. M. 1997. Infiltration rates, surface runoff and soil loss as influenced by grazing pressure in the Ethiopian highlands. Agris, 13(1): 29–35.

Olorunlana, F. A. 2015. Factor Analysis of soil spatial variability in Akoko Region of Ondo State, Nigeria. Journal of Geography and Regional Planning, 8(1): 12–15.

Omuto, C. T. 2008. Assessment of soil physical degradation in Eastern Kenya by use of a sequential soil testing protocol. Agriculture, Ecosystems and Environment, 128(4): 199–211.

Osunbitan, J. A., Oyedele, D. J. and Adekalu, K. O. 2005. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in southwestern Nigeria. Soil Tillage Res., 82(1): 57–64.

Oussible, M. and Crookston R. K. 1992. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. Agronomy Journal, 84: 34–38.

Özdemir, N. 1998. Toprak fiziği. OMÜ Yayınları, Ders Kitabı No:30.

Page, A. L., Miller, R. H., and Kccney, D. K. 1982. Chemical and mierobiologieal properties. In Methods of Soil Analysis. Madison, USA: ASA, SSSA, Agronomy Series No: 9.

Patel, M. S. and Singh, N. T. 1981. Changes in bulk density and water in take rate of a coarse textured soil in relation to different levelsof compaction. J. Indian Soc. Soil Sci., 29: 110–112.

Patle, G. T., Sikar, T. T. and Rawat, K. S. 2019. Estimation of infiltration rate from soil properties using regression model for cultivated land. Geology, Ecology and Landscapes, 3(1): 1–13.

Pelegrin, F., Moreno, F. and Martin-Aranda, J. C. M. 1990. The influence of tillage methods on soil physical properties and water balance for a typical crop rotation in southwest Spain. Soil Till. Res., 16: 345–358.

Philip, J. R. 1957. The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution.', Soil Sci., 83(5): 345–358.

Radke, J. K. and Berry, E.C. 1993. Infiltration as a tool for detecting soil changes due to cropping, tillage, and grazing livestock. American Journal of Alternative Agriculture, 8: 164–174.

Rashidi, M., Ahmadbeyki, A. and Hajiaghaei, A. 2014. Physical, Prediction of soil infiltration rate based on some physical properties of soil. American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science, 14(12): 1359–1367.

Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. In Page, A. L. (ed.) Methods of soil analysis. 2nd edn. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, pp. 149–157.

Sajjadi, S., Mirzaei, M., Nasab, A. F., Ghezelje, A., Tadayonfar, G. and Hamed, S. 2016. Effect of soil physical properties on infiltration rate. Geomech. Eng., 10: 727–736.

Sağlam, M. 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Toprak Su Dergisi, 2(1): 7-14.

Sarıdemir, H. 2010. Çubuk (Ankara) İlçesi'nin Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 140 sayfa, Konya.

Sarmadian, F. and Taaghizadeh-Mehrjardi, R. 2014. Estimation of infiltration rate and deep percolation water using feed-forward neural networks in Gorgan province. Eurasian Journal of Soil Science, 3(1): 1–6.

Schafer, W. M. and Singer, M. J. 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. Soil Sci. Soc. Am. J., 40(5): 805–806.

Scheffler, R., Neill, C., Krusche, A.V. and Elsenbeer, H. 2011. Soil hydraulic response to land-use change associated with the recent soybean expansion at the Amazon agricultural frontier. Agric. Ecosyst. Environ., 144: 281–289.

Schoeneberger, P.J., Wysocki, D. A., Benham, E.C. and Staff, S. S. 2012. Field book for describing and sampling soils version 3. Lincoln, NE: Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center.

Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E. C. and Soil Survey Staff, 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils. National Soil Survey Center, 33(September): 1–228.

Schüler, G. 2006. Identification of flood-generating forest areas and forestry measures for water retention. Forest, Snow Landscape Res., 80: 99–114.

Shaver, T. M., Peterson, G.A., Ahuja, L.R. and Westfall, D. G. 2013. Soil sorptivity enhancement with crop residue accumulation in semiarid dryland no-till agroecosystems. Geoderma, 192: 254–258.

Shukla, M. K., Owens, L. B. and Unkefer, P. 2003. Land use and management impacts on structure and infiltration characteristics of soils in the North Appalachian Region of Ohio. Soil Sci., 168: 167–177.

Shukla, M. K., Lal, R. and Unkefer, P. 2003. Experimental evaluation of infiltration models for different land use and soil management systems. Soil Science, 168(3): 178–191.

Six, J., Elliot, E. T. and Paustian, K. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no tillage agriculture. Soil Biol. Biochem., 32: 2099–2103.

Smith, W. O. 1949. Pedological relations of infiltration phenomena. Eos, Transactions American Geophysical Union, 30(4): 555–562.

Soil Survey Staff 1993. Soil Survey Manuel. USDA, United States Department of Agriculture Handbook No:18. USA.

Stavi, I., Lal, R. and Owens, L. B. 2011. On-farm effects of no-till versus occasional tillage on soil quality and crop yields in eastern Ohio. Agronomy Sust. Developm., 31: 475–482.

Sun, D., Yang, H., Guan, D., Yang, M., Wu, J., Yuan, F., Jin, C., Wang, A., and Zhang, Y. 2018. The effects of land use change on soil infiltration capacity in China: A meta-analysis. Science of the Total Environment, 626: 1394–1401.

Tollner, E. W., Calvert, G. V. and Langdale, G. 1990. Animal trampling effects on soil physical properties of two Southeastern U.S. ultisols. Agriculture, Ecosystem and Environment, 33: 75–87.

Tromble, J. M., Renard, K. G. and Thatcher, A. P. 1974. Infiltration for three rangeland soil-vegetation complexes. J. Range Manage, 27: 318.

USDA NRCS 2014. Description of SSURGO Web sitesi. http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/nedc/training/soil/?cid=nrcs142p2_053627 Erişim Tarihi: 14.07.2021.

van den Pol-van Dasselaar, A., van Beusichem, M. L. and Oenema, O. 1998. Effects of soil moisture content and temperature on methane uptake by grasslands on sandy soils. Plant and Soil, 204: 213–222.

Venkata, R. K., Eldho, T. I., Rao, E. P. and Chithera, N. R. 2008. A distributed kinematic wave Philip infiltration watershed model using FEM, GIS and remotely sensed data. Water Resour Manage, 22: 737– 755.

Vereecken, H., Weihermüller, L., Assouline, S., Šimůnek, J., Verhoef, A., Herbst, M., Archer, N., Mohanty, B., Montzka, C., Jan Vanderborght, Balsamo, G., Bechtold, M., Boone, A., Chadburn, S., Cuntz, M. and Bertrand, Y. X. 2019. Infiltration from the pedon to global grid scales: An 1 overview and outlook for land surface modelling. Vadose Zone J., 18: 1–53.

Wahren, A., Schw¨arzel, K., Feger, K. H., M¨unch, A. and Dittrich, I. 2007. Identification and model based assessment of the potential water retention caused by land use changes. Adv. Geosci., 11: 49–56.

Webster, R. 2001. Statistics to support soil research and their interpretation. European Journal of Soil Science., 52(2): 331–340.

White, I., Perroux, K. M. 1987. The use of sorptivity to determine field soil hydraulic properties. Soil Science Soc. Am. J., 51: 1093–1101.

Wienhold, B.J. and Tanaka, D. L. 2000. Haying, tillage, and nitrogen fertilization influences on infiltration rates at a conservation reserve program site. Soil Science Soc. Am. J., 64: 379–381.

Willoughby, G., Kladivko, E. J. and Savabi, M. R. 1997. Seasonal variations in infiltration rate under no-till and conventional (disk) tillage systems as effected by Lumbricus terrestris activity. Soil Biol. Biochem., 29(3/4): 481–484.

Wood, M. K., Blackburn, W. H. 1981. Influence of grazing systems on infiltration rates in the rolling plains. J. Range Manag., 34: 331.

Yimer, F., Messing, I., Ledin, S. and Abdelkadir, A. 2008. Effects of different land use types on infiltration capacity in a catchment in the highlands of Ethiopia. Soil Use Manag., 24: 344–349.

Zhang, R. 1997. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. Soil Science Soc. Am. J., 61: 1024–1030.

Zhou, X., Lin, H. S. and White, E. A. 2008. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. Catena, 73: 180–188.

Zimmermann, B., Elsenbeer, H. and De Moraes, J. M. 2006. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. For. Ecol. Manag., 222: 29–38.

EKLER

EK 1. Mera alanı toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi

EK 2. Nadas alanı toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi

EK 3. Meyve bahçesi alanı toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi

EK 1. Mera alanı toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi

	I	Kil	Silt	Kum	Ks	S	Nem	TK	SN	HA	PD	AS	OM	$CaCO_3$	pH	EC	COLE	RENK	YS	YT	YB	GB	GM	Kıvam	Y	P	KM
I	1																										
Kil	0,29	1																									
Silt	0,44	-0,44	1																								
Kum	-0,68*	-0,61	-0,43	1																							
K	0,38	0,12	0,184	-0,28	1																						
S	0,72*	0,42	0,182	-0,58	0,76**	1																					
Nem	-0,09	0,82**	-0,63*	-0,27	-0,18	0,14	1																				
TK	0,13	0,02	0,24	-0,23	-0,37	-0,12	0,28	1																			
SN	-0,17	0,46	-0,55	0,02	-0,34	-0,07	0,82**	0,586	1																		
HA	0,14	0,03	-0,04	0,01	0,80**	0,50	-0,20	-0,399	-0,37	1																	
PD	0,09	-0,30	0,30	0,03	-0,15	0,09	0,02	0,561	0,42	-0,46	1																
AS	0,58	0,10	0,23	-0,30	0,24	0,15	-0,32	-0,129	-0,33	0,06	-0,27	1															
OM	-0,26	-0,16	-0,17	0,31	-0,53	-0,31	0,33	0,712*	0,76*	-,58	0,75*	-0,42	1														
$CaCO_3$	0,11	-0,60	0,78**	-0,08	-0,08	-0,26	-0,61	0,495	-0,35	-0,09	0,21	0,24	0,09	1													
pH	0,59	-0,10	0,52	-0,36	0,35	0,28	-0,42	0,226	-0,43	0,40	-0,24	0,58	-0,34	0,63*	1												
EC	-0,28	-0,48	0,50	0,04	0,31	-0,07	-0,41	0,089	-0,33	0,30	0,16	-0,15	-0,11	0,54	0,17	1											
COLE	0,55	0,64*	-0,17	-0,49	0,17	0,67*	0,58	0,135	0,46	-0,06	0,25	-0,08	0,16	-0,53	-0,16	-0,62	1										
Renk	-0,17	-0,14	-0,14	0,27	-0,31	-0,39	0,14	0,645*	0,60	-0,19	0,39	-0,05	0,65*	0,24	-0,06	0,04	-0,07	1									
YS	0,20	0,42	-0,56	0,07	0,01	0,15	0,32	-0,317	0,26	-0,18	-0,13	0,40	0,02	-0,59	-0,19	-,79**	0,45	-0,12	1								
YT	-0,09	0,26	-0,35	0,05	-0,21	-0,33	0,28	0,354	0,39	0,12	-0,33	0,11	0,12	0,05	0,17	-0,22	-0,03	0,68*	0,00	1							
YB	0,201	0,42	-0,56	0,07	0,01	0,15	0,32	-0,317	0,26	-0,18	-0,13	0,40	0,02	-0,59	-0,19	-,9**	0,45	-0,12	1,00**	0,00	1						
GB	0,014	-0,04	-0,01	0,05	0,70*	0,30	-0,27	-0,437	-0,37	0,80**	-0,45	0,02	-0,50	-0,04	0,25	0,14	-0,01	-0,10	-0,08	0,23	-0,08	1					
GM	0,255	0,45	-0,13	-0,33	-0,17	0,18	0,52	0,610	0,44	-0,01	-0,05	-0,13	0,28	0,05	0,39	-0,31	0,37	0,11	0,00	0,37	0,00	-0,15	1				
Kıvam	-0,081	0,19	-0,60	0,33	-0,39	-0,41	0,20	-0,054	0,32	-0,19*	-0,24	0,39	0,10	-0,30	-0,16	-,49*	-0,07	0,45	0,54	0,56	0,54	-,23*	-0,06	1			
Y	0,486	0,40	0,46	-0,82**	0,08	0,36	0,24	0,470	0,11	-0,04	0,10	-0,04	-0,05	0,22	0,25	0,01	0,47	0,06	-0,35	0,21	-0,35	0,08	0,40	-0,40	1		
P	0,616	0,28	0,35	-0,59	0,17	0,36	-0,08	-0,033	-0,29	-0,10	-0,21	0,53	-0,31	0,17	0,51	-0,41	0,35	-0,46	0,37	-0,14	0,37	0,09	0,28	-0,21	0,37	1	
KM	0,283	0,33	-0,36	-0,01	0,38	0,49	0,34	-0,070	0,46	0,04	0,33	0,15	0,26	-0,50	-0,23	-0,44	0,66*	0,15	0,71*	-0,05	0,71*	0,13	-0,05	0,19	-0,11	0,12	1

I: İnfiltrasyon hızı, K: Doygun hidrolik iletkenlik, S: Sorptivite, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, HA: Hacim ağırlığı, PD: Penetrasyon direnci, ASI; Agregat stabilite indeksi, OM; Organik madde, $CaCO_3$: Kireç, pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel iletkenlik, COLE: Toprak uzama katsayısı, YT: Yapı tipi, YB: Yapı büyüklüğü, YS: Yapı sınıfı, GB: Gözenek büyüklüğü, GM: Gözenek miktarı, Y: Yapışkanlık, P: Plastiklik, KM: Kök miktarı, * Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. ** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır

EK 2. Nadas alanı toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi

	I	Kil	Silt	Kum	Ks	S	Nem	TK	SN	HA	PD	AS	OM	$CaCO_3$	pH	EC	COLE	RENK	YS	YT	YB	GB	GM	Kıvam	Y	P	KM
I	1																										
Kil	0,06	1																									
Silt	-0,19	-0,46	1																								
Kum	0,04	-0,85**	-0,07	1																							
K	0,69*	0,27	-0,59	0,04	1																						
S	-0,49	0,76**	-0,29	-0,68*	-0,15	1																					
Nem	0,22	-0,53	0,05	0,56	0,27	-0,55	1																				
TK	0,50	0,12	-0,28	0,03	0,74*	-0,11	0,62	1																			
SN	0,12	0,28	-0,73*	0,11	0,24	0,15	-0,09	0,07	1																		
HA	-0,43	-0,07	-0,51	0,39	0,13	0,28	-0,01	0,06	0,15	1																	
PD	-0,23	0,03	0,05	-0,07	-0,40	0,16	-0,36	-0,71*	0,06	-0,23	1																
AS	-0,08	-0,29	0,22	0,19	-0,29	0,01	0,34	0,21	-0,31	0,16	-0,34	1															
OM	0,44	0,08	-0,49	0,20	0,59	-0,12	-0,17	0,25	0,08	0,48	-0,43	0,01	1														
$CaCO_3$	-0,37	0,17	0,30	-0,38	-0,20	0,22	-0,20	-0,37	-0,53	-0,10	0,38	-0,36	-0,31	1													
pH	-0,02	-0,05	0,52	-0,25	-0,38	-0,28	0,09	-0,26	-0,36	-0,65*	0,13	-0,08	-0,47	0,42	1												
EC	0,18	0,58	-0,15	-0,56	0,34	0,46	-0,30	0,10	-0,32	-0,00	0,16	-0,09	0,22	0,53	-0,16	1											
COLE	0,12	0,08	-0,04	-0,06	0,08	-0,28	-0,06	-0,13	0,05	-0,13	-0,23	-0,37	0,19	0,29	0,55	-0,09	1										
Renk	0,03	0,06	-0,25	0,07	0,17	0,11	0,25	0,56	0,52	0,17	-0,62	0,26	0,02	-0,73*	-0,37	-0,48	-0,19	1									
YS	0,37	-0,34	0,00	0,38	0,31	-0,45	0,40	0,47	0,40	-0,15	-0,36	-0,08	-0,01	-0,67*	-0,29	-0,56	-0,19	0,69*	1								
YT	-0,20	-0,20	0,49	-0,06	-0,55	0,02	-0,04	-0,48	-0,51	-0,25	0,51	0,33	-0,39	0,51	0,28	0,35	-0,12	-0,62	-0,54	1							
YB	-0,17	-0,30	-0,08	0,39	-0,24	-0,12	0,02	-0,12	0,65*	0,06	0,03	-0,06	-0,22	-0,63*	-0,27	-0,79**	-0,21	0,62	0,69*	-0,37	1						
GB	0,07	0,30	-0,21	-0,21	0,51	0,25	-0,09	0,38	-0,19	0,24	-0,13	-0,24	0,30	0,06	-0,31	0,33	-0,35	0,00	0,00	-0,49	-0,29	1					
GM	-0,24	-0,21	-0,22	0,38	0,08	-0,13	0,42	0,05	0,11	0,40	-0,11	-0,07	-0,03	0,34	0,00	-0,01	0,45	-0,07	-0,13	0,15	-0,09	-0,39	1				
Kıvam	0,53	-0,12	-0,10	0,20	0,48	-0,30	0,47	0,56	0,21	-0,30	0,01	-0,08	-0,13	-0,45*	-0,26	-0,11*	-0,54	0,32**	0,70*	-0,30*	0,28*	0,34	-0,32	1			
Y	-0,33	0,11	-0,40	0,11	-0,01	0,28	-0,01	-0,14	0,31	0,48	0,07	-0,10	0,02	0,30	-0,28	0,21	0,27	-0,04	-0,25	0,23	-0,01	-0,41	0,83**	-0,44	1		
P	-0,15	0,26	-0,17	-0,20	0,18	0,32	0,39	0,33	0,10	-0,06	0,22	-0,15	-0,57	0,33	-0,02	0,29	-0,30	0,04	0,00	0,09	-0,11	0,19	0,31	0,40	0,27	1	
KM	-0,18	-,051	0,34	0,38	-0,48	-0,39	0,36	-0,10	0,03	-0,06	-0,33	0,45	-0,22	-0,24	0,35	-0,66*	0,38	0,31	0,20	0,15	0,37	-0,79**	0,37	-0,32	0,17	-0,31	1

EK 3. Meyve bahçesi alanı toprak değişkenlerine ait korelasyon analizi

	I	Kil	Silt	Kum	Ks	S	Nem	TK	SN	HA	PD	AS	OM	$CaCO_3$	pH	EC	COLE	RENK	YS	YT	YB	GB	GM	Kıvam	Y	P	KM
I	1																										
Kil	-0,37	1																									
Silt	-0,30	-0,23	1																								
Kum	0,55	-0,75*	-0,45	1																							
K	0,86**	-0,14	-0,68*	0,59	1																						
S	-0,61	0,38	0,50	-0,69*	-0,59	1																					
Nem	0,12	0,50	-0,08	-0,40	0,27	0,42	1																				
TK	0,39	0,52	-0,11	-0,39	0,46	0,12	0,73*	1																			
SN	0,08	0,74*	-0,06	-0,63*	0,20	0,42	0,85**	0,90**	1																		
HA	0,23	-0,11	0,24	-0,05	-0,05	-0,20	0,01	-0,01	-0,04	1																	
PD	0,30	0,06	0,09	-0,12	0,28	0,26	0,62	0,57	0,49	0,41	1																
AS	0,33	0,08	-0,52	0,28	0,58	-0,19	0,34	0,30	0,20	-0,30	0,29	1															
OM	0,13	-0,22	-0,01	0,20	0,27	0,33	0,60	0,18	0,24	-0,24	0,41	0,31	1														
$CaCO_3$	0,07	-0,63*	-0,13	0,66*	0,02	-0,27	-0.60	-0,69*	-0,74*	-0,06	-0,39	-0,39	0,00	1													
pH	0,36	-0,65*	0,39	0,33	0,07	-0,03	-0,33	-0,11	-0,35	-0,11	0,13	0,05	0,03	0,28	1												
EC	0,48	-0,75*	-0,05	0,73*	0,40	-0,32	-0,02	-0,26	-0,42	0,26	0,36	0,39	0,51	0,30	0,38	1											
COLE	0,37	0,25	-0,57	0,16	0,61	-0,33	0,17	0,46	0,33	-0,65*	-0,28	0,45	0,04	-0,16	-0,06	-0,27	1										
Renk	0,27	0,71*	-0,14	-0,55	0,33	0,21	0,73*	0,93**	0,93**	0,05	0,49	0,27	0,01	-0,73*	-0,22	-0,41	0,39	1									
YS	-0,10	0,15	0,26	-0,32	-0,19	-0,06	0,30	0,07	0,19	0,36	-0,11	-0,20	0,07	-0,38	-0,51	-0,08	-0,11	0,08	1								
YT	-0,50	0,46	0,26	-0,60	-0,58	0,55	0,01	-0,09	0,14	0,20	0,01	-0,55	-0,40	0,06	-0,12	-0,57	-0,42	0,16	-0,13	1							
YB	0,31	-0,44	0,26	0,22	0,08	-0,37	-0,38	0,06	-0,22	0,43	0,20	-0,43	-0,24	0,20	0,30	0,13	-0,22	-0,15	-0,08	-0,15	1						
GB	-0,47	0,30	0,65*	-0,72*	-0,62	0,52	-0,01	0,18	0,26	-0,23	-0,10	-0,14	-0,25	-0,56	0,17	-0,54	-0,03	0,21	0,11	0,21	-0,03	1					
GM	-0,24	0,29	0,02	-0,28	-0,07	0,34	0,51	0,19	0,41	-0,48	-0,24	0,11	0,53	-0,31	-0,43	-0,21	0,37	0,16	0,53	-0,25	-0,54	0,21	1				
Kıvam	0,16	0,07	-0,29	0,12	0,30	-0,33	-0,10	0,29	0,13	0,07	0,05	-0,27	-0,13	0,10	-0,28	-0,21	0,22	0,11	-0,08*	-0,16	0,67*	-0,21	-0,16	1			
Y	-0,15	-0,44	0,57	0,01	-0,34	0,27	-0,05	-0,25	-0,22	0,46	0,41	-0,13	0,30	-0,02	0,18	0,52	-0,77**	-0,35	0,10	-0,13	0,33	0,11	-0,13	-0,08	1		
P	0,35	-0,30	0,12	0,20	0,21	0,04	0,21	0,04	0,02	0,30	0,49	0,51	0,38	-0,24	0,26	0,68*	-0,30	0,04	-0.03	-0,36	-0,13	-0,07	-0,06	-0,44	0,61	1	
KM	0,16	0,07	-0,29	0,12	0,30	-0,33	-0,10	0,29	0,13	0,07	0,05	-0,27	-0,13	0,10	-0,28	-0,21	0,22	0,11	-0,08	-0,16	0,67*	-0,21	-0,16	1,00**	-0,08	-0,44	1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Yavuz Şuayip YALIM

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı	2017-2021
Lisans	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü	2013-2017