T.C.
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ORMANI'NIN TOPRAK KALİTESİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

TUNAHAN ÖZTÜRK

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Tunahan ÖZTÜRK tarafından hazırlanan "Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nın Toprak Kalitesi Bakımından Değerlendirilmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL

Jüri Üyeleri:

Başkan: Doç. Dr. Ahmet MERT
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi,
Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, Yaban Hayatı Yönetimi ABD

Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL
Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi,
Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmi ve Ekoloji ABD

Doç. Dr. Meriç ÇAKIR
Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi,
Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmi ve Ekoloji ABD

Yukarıdaki sonucu onaylarım
Dr. Öğr. Üyesi İlkay ÇORAK ÖCAL
Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nın Toprak Kalitesi Bakımından 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"yla 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. (13/01/2021).

Tunahan ÖZTÜRK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA ORMANI'NIN TOPRAK KALİTESİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tunahan ÖZTÜRK
Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru Gül

Toprağın önemli fonksiyonlarından olan toprak kalitesi bitkisel üretimin devam etmesi için üretken, kaliteli, sağlıklı ve verimli topraklar gereklidir. Bu bağlamda toprak kalitesi ve sağlığı ekosistem süreçlerinin devamlılığında önemli bir role sahiptir. Bu çalışma, Çankırı il merkezine yaklaşık 30 km uzaklıkta, Eldivan ilçesinde bulunan 367 hektar alana sahip Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda toprak kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla daha önceden belirlenmiş olan 98 noktada sistematik örnekleme ile 0-30 cm derinlikten yüzey toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde toprak tekstürü, tarla kapasitesi ve solma noktası, hacim ağırlığı (HA), suya dayanıklı agregat, toprak organik madde içeriği (TOM), kireç içeriği, pH, elektriksel iletkenlik, fosfor analizleri yapılmıştır. Çalışma alanı toprak kalite indeksi (TKİ) sınıfları bakımından değerlendirildiğinde; 340,86 ha'lık (%92,88) kısmı yüksek ve 26,14 ha (%7,12) kısmı ise orta kaliteli sınıfındadır. TKİ'nin düşük değerler aldığı noktalarda bakı, yükselti ve eğim gibi bazı topoğrafik parametrelerin etkili olmuştur. TKİ ile toprak özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda; kum ($r= -0,492$, $p<0,01$), kil ($r= 0,441$, $p<0,01$) içeriği, TOM ($r= 0.412$ $p<0,05$) ve HA ile ($r= -0.446$ $p<0,01$) orta derecede kuvvetli ilişki gösterirken, toz içeriği ($r= 0,282$, $p<0,01$) zayıf pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Çalışma alanı için bu toprak özellikleri indikatör toprak özellikleridir. Benzer özelliklere sahip alanlarda (coğrafik bölgeler, iklim ve topografik koşullarda) çalışmalar yapılarak toprak kalitesi için indikatör toprak özellikleri ve yöntemler geliştirilebilir.

2021, 59 sayfa

Anahtar Kelimeler: Araştırma ve Uygulama Ormanı Toprak Kalitesi, Toprak Kalite Göstergeleri, Yarı-kurak

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EVALUATION OF ÇANKIRI KARATEKIN UNIVERSITY FORESTRY FACULTY RESEARCH AND APPLICATION FOREST IN TERMS OF SOIL QUALITY

Tunahan ÖZTÜRK
Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering
Superviser: Dr. Öğr.Üyesi Ebru GÜL

Soil quality, which is one of the important functions of the soil, requires productive, high quality, healthy and fertile soils for the continuation of vegetative production. In this context, soil quality and health had an important role in the continuity of ecosystem processes. This study was carried out in order to evaluate the soil quality in Çankırı Karatekin University Faculty of Forestry Research and Application Forest with an area of 367 hectares located in Eldivan district, approximately 30 km from Çankırı city center. For this purpose, surface soil samples were taken from 0-30 cm depth by systematic sampling at 98 previously determined points. Soil texture, field capacity and wilting point, bulk density (BD), water-resistant aggregate, soil organic matter content (SOM), lime content, pH, electrical conductivity, phosphorus analyses were made in soil samples. When the study area is evaluated in terms of soil quality index (SQI) classes; 340.86 ha (92.88%) part is in high quality and 26.14 ha (7.12%) part is in middle quality class. Some topographic parameters such as aspect, elevation and slope were effective at the points where SQI had low values. As a result of the correlation analysis between SQI and soil properties; sand ($r = -0.492$, $p < 0.01$), clay ($r = 0.441$, $p < 0.01$) content, SOM ($r = -0.207$ $p < 0.05$) and HA ($r = -0.446$ $p < 0.01$) was moderately strong, while weak positive correlations were found in silt content ($r = 0.282$, $p < 0.01$). These soil properties are indicator soil properties for the study area. By conducting studies in areas with similar characteristics (geographical regions, climate and topographic conditions), indicator soil properties and methods can be developed for soil quality.

2021, 59 pages

Key words: Research and Application Forest, Soil Quality, Soil Quality Indicators, Semi-arid

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nın Toprak Kalitesi Bakımından Değerlendirilmesi" isimli bu tez çalışması 2019–2021 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne "Yüksek Lisans" tezi olarak sunulmuştur.

Tez konusunun belirlenmesi, arazi ve laboratuvar çalışmalarında maddi ve manevi olarak yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL'e, arazide toprak örneklerinin alınması ve laboratuvarda toprak analizlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Tuğba TUNÇ, Fatma ORHAN, Kutay KAYA ve Halil İbrahim YALÇINTEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı sevgili ve değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Tunahan ÖZTÜRK
Ocak 2021, Çankırı

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **5**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **12**
3.1. Materyal **12**
3.1.1 Araştırma alanının tanıtımı **12**
3.1.1 Araştırma alanının iklimi **13**
3.2 Yöntemler **18**
3.2.1 Çalışma alanında örnekleme alanlarının seçimi ve örnekleme noktalarının belirlenmesi **18**
3.2.2 Toprak örneklemesi **19**
3.2.3 Laboratuvar yöntemleri ve analizler **19**
3.2.1 Toprak kalite indeksinin hesaplanması **21**
3.2.6 İstatistiksel analizler **24**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **25**
4.1. Çalışma Alanı Topraklarının Tanımsal İstatistikleri **25**
4.2. Çalışma Alanında Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi **28**
5. SONUÇ ve ÖNERİLER **33**
KAYNAKLAR **35**
EKLER **42**
ÖZGEÇMİŞ **50**

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
'	Dakika
"	Saniye
%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
°	Derece
°C	Santigrat Derece
GPS	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
ppm	Milyonda Parça (parts per million)
cm	santimetre
cm^3	santimetreküp
dS/m	DesiSiemens metre
$gr.cm^3$	gram santimetreküp
ha	hektar
km	kilometre
m	metre
kg	kilogram
mm	milimetre
sa	saat
sn	saniye
vd.	ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırma alanının coğrafi konumu 13
Şekil 3.2. Araştırma alanında aylara göre ortalama sıcaklık değerleri 14
Şekil 3.3. Araştırma alanında aylara göre ortalama yağış miktarı 15
Şekil 3.4. Thorntwaite yöntemine göre araştırma alanının su bilançosu 16
Şekil 3.5. Çalışma alanı örnekleme noktaları 18

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Thorntwaite yöntemine göre çalışma alanının su bilançosu.....17
Çizelge 3.2. Toprak kalitesi indeksi altında tanımlanan değişkenlere ilişkin indeks değerleri 23
Çizelge 4.1. İncelenen toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler 26
Çizelge 4.2. Toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri ve TKİ 28
Çizelge 4.3. Çalışma alanı TKİ dağılımı 29
Çizelge 4.4. Toprak Kalite indeksi ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler..30

1. GİRİŞ

Toprak; "*esas itibariyle bitkilere durak yeri olan, onlara besin maddesi ve diğer gelişme şartları sağlayan ve yeryüzünün büyük bir kısmanı devamlı bir örtü halinde kaplayan, iklim ve canlıların belli topoğrafik şartlar altında zamanla ana materyal üzerine yaptıkları ortak etkilerle ortaya çıkmış, karakteristiklere sahip, dinamik, üç fazlı, yer-zaman sistei olarak dört boyutlu, doğal bir bütündür"* (Kılıç vd. 1991). Böylece toprak, hava ve su gibi yerküreyi kuşatarak, yeryüzünde yaşayan tüm canlı organizmaların besinini dolaylı veya doğrudan temin etmektedir (Kezik ve Altun 2015).

Toprak bilimindeki gelişmeler 150 sene öncesine dayanmakta olup, son 50 yıl içindeki gelişmeler canlı hayatı ve yaşam kalitesi üzerinde etkili olmuştur. Bu olumlu etkiler toprak kaynaklarının yönetimi ve insani ihtiyaçların karşılanmasında önemli bir belirginlik ortaya koymuştur (Bayram vd. 2015). Toprak biliminde meydana gelen bu gelişmeler sonucunda toprak kalitesi dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Toprak kalitesinin korunması, geliştirilmesi ve kalitenin sürdürülebilir hale getirilmesi çevre kalitesinin de beraberinde yükselmesine olanak sağlamaktadır. Toprak verimliliği sonsuz olmadığından toprakların durumunun (kalitesinin ve sağlığının) bilinmesi ve bu doğrultuda koruma önlemlerinin alınması gerekmektedir (Gülnar ve Barik 2019). "*Toprak kalitesi; her bir toprak tipinin sahip olduğu özelliklerin fonksiyonu olarak toprakların sürdürülebilir bitkisel ve hayvansal üretim yapma insan ve çevre sağlığını geliştirme su ve hava kalitesini artırma yeteneğidir"* (Özulu ve ark. 2006)

Toprak kalitesi sürdürülebilirliği arttırdığı gibi yanlış uygulamalarla olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu etkilemeler ile hava ve su kalitesi, bitki gelişimi, bitki sağlığı da olumsuz yönde etkilenmektedir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi için toprağın özellikleri yanında oluşum süreçleri de bütün bir kavram içerisinde incelenmelidir. Toprağın kalitesi ne kadar iyi yönde ise sürdürülebilirlikte o kadar iyi yönde olmakta, yani sürdürebilirlik bir bakıma toprak kalitesiyle doğru orantılı olarak gelişim göstermektedir (Özulu ve ark. 2006). Kaliteli bir toprak, bitki yetişme ortamı özellikleri arasında önemli bir yere sahiptir ve bir ekosistemin devamlılığında son derece önemli bir parametredir. Bu nedenle toprakların erozyon ve arazi bozulumu gibi faktörler

nedeniyle kaybedilmesini en aza indirmek için doğru yönetilmesi ve arazinin potansiyel durumu dikkate alınarak uygulamalar yapılması gerekmektedir (Doran and Safley 1997).

Toprak kalitesi kavramı ilk olarak Warkentin ve Fletcher (1977) tarafından kullanılmış olup, daha sonra birçok tanım ve kavram geliştirilmiştir (Larson and Pierce 1991, Allan *et al*. 1995, Carter *et al*. 1997, Karlen *et al.* 1997, Nortcliff 2002). Aslında toprak kalitesi kavramı, toprağın vermiş olduğu hizmet ve ürünlere göre farklılık gösterebilir. Ancak ormancılık uygulamaları ve orman ekosistemi açısından değerlendirildiğinde, toprak kalitesi toprağın birim alanda biyokütle üretme yeteneği olarak tanımlanmaktadır Orman ekosistemlerindeki toprak, o ortamda yaşayan mevcut tüm organizmalar için ve odun hammaddesi üretimi ile çevre kalitesi açısından hayati bir öneme sahiptir (Kezik ve Altun 2015).

Toprak kalitesi kavramını eğitimsel ve yönetimsel olarak iki aşama da incelemektedir (Par *et al*. 1992, Pierce and Larson 1993, Özulu vd. 2006, Kavdır vd. 2006). Bunlardan birisi toprağın sahip olduğu özelliklerinin fonksiyonu olarak kapasitesi (Doran and Parkin 1994), diğeri de toprağın kullanımı yani topraktan yararlanmaya uygunluk kavramı ile iki anlayışta incelenmektedir (Pierce and Larson 1993). Eğitimsel incelemelerin nedeni insanların toprak kaynaklarıyla ilgili karmaşıkları ve toprak kavramının veya toprağın öneminden haberdar olmasından kaynaklanmaktadırlar (Özulu vd. 2006, Kavdır vd. 2006). Toprak kalitesi, yıkıcı ve onarıcı süreçler arasındaki dengeye bağlıdır. Toprak yapısındaki yıkıcı süreçler toprak erozyonu, toprak sıkışması besinlerin tükenmesi ve dengesizliği ile toprak biyolojik çeşitliliğinin azaltılmasıdır (Pierce and Larson 1993, Par *et al*. 1992).

Toprak üzerinde yapılan yanlış uygulamalar beraberinde toprak yapısında bozulmalara neden olmakta ve toprak erozyonuna yol açmaktadır. Toprağın erozyon ve diğer etmenlerle bozulmasından dolayı toprak kalitesinde düşüşe neden olmaktadır. Toprak kalitesini anlamak, bozulmaların nedenli olduğunu bilmek ve bozulma fonksiyonlarının tanımlayabilmek gerekmektedir. Toprak kalitesi, iklim ve ekosistem tarafından

belirlenen kısıtlamalar dahilinde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tarafından belirlenen doğal bir bileşendir. Ayrıca, toprak kalitesi, yönetim ve arazi kullanım kararlarından etkilenen bir bileşeni de içermektedir.

Toprak kalitesinin toprağın temel fonksiyonları üzerinde etkileri vardır. Bu fonksiyonlar suyun iletimi, bitkilere çözünen madde hareketi ve bunların yeniden dağıtımı, besinlerin depolanması ve döngüsü, filtrelemek, tamponlamak, bloke etmek, organik-inorganik maddeleri toksinlerden ayrıştırmak, kök büyümesini sağlamak ve erozyona dayanıklılıktır. Toprak kapasitesinin bu fonksiyonları ölçüm yapılarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tarafından yansıtılabilir ve ayrıca bunlar toprak kalite indeksi olarak da kullanılabilirler (Shukla *et al.* 2006).

Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde toprak özelliklerinden infiltrasyon, yarayışlı su içeriği, su tutma kapasitesi ve toprak derinliği fiziksel gösterge olarak kullanılmaktadır (Papendick and Parr 1992). Kimyasal göstergeler ise; toprak reaksiyonu (pH), tuzluluk, katyon değişim kapasitesi, toprak organik madde içeriği ve mevcut alanın sahip olduğu özel faktörlerdir (Karlen and Stott, 1994). Biyolojik gösterge olarak, toprak enzim aktivitesi toprak faunası ve mikrobiyal aktivite kullanılmaktadır (Powlson *et al*. 1987, Dick 1992, Stork and Eggleston 1992). Bu göstergeler tarım toprakları için önerilen özelliklerdir. Orman toprakları için bu özellikler yanında toprak kalitesinin değerlendirilmesinde, toprak sertliği, organik maddenin anaerobik koşullarda ayrışması, toprak mezo ve makro faunası (Powers *et al*. 1998), orman topraklarını diğer arazi kullanımlarından ayıran organik madde içeriği ve agregat stabilitesi de toprak kalitesindeki önemli kimyasal parametrelerdendir (Dindaroğlu 2011).

Toprak özelliklerinin bozulması insan hayatını doğrudan etkilemektedir ve erken tedbir alınmaz ise kontrol edilemeyecek bir duruma dönüşebilecektir . Toprak özelliklerindeki bozulmalar beraberinde toprağın erozyona karşı direnci düşürecek, toprak üzerinde veya içerisinde yaşayan canlıların çeşitliliğinde azalmalar meydana gelebilecek ve toprağın sürdürülebilirliği kötü yönde etkilenecektir (Doran and Zeiss 2000). Toprak üzerinde yapılan yanlış uygulamalar toprak strüktüründe (yapısında) bozulmalara beraberinde

toprak erozyonunun artmasına ve erozyon süreçlerinin hızlanmasına neden olacaktır. Toprağın erozyon ve diğer etmenlerle bozulmasına paralel olarak toprak kalitesi düşecektir (Bayram vd. 2015).

Toprak kalitesini anlamak, bozulmaların nedenli olduğunu bilmek ve bozulma fonksiyonlarının tanımlayabilmek sürdürülebilir ekosistemler için önem arz etmektedir. Bu kapsamda Çankırı ili Eldivan ilçesinde bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanın da yürütülen bu tez çalışması ile sürdürülebilir ekosistem süreçleri dikkate alınarak toprak kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanı da İç Anadolu ile Batı Karadeniz geçiş kuşağında bulunduğundan dolayı iklim açısından büyük öneme sahiptir. Bu doğrultuda tez çalışmasının önemini özellikle yarı kurak alanlara komşu olan geçiş kuşağından bulunan Araştırma ve Uygulama Ormanının topraklarının kalitesi ve buna bağlı olarak toprak kalitesini belirlemeye yönelik bir model çalışması yapmak oluşturmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İnsanlık gıda-giyecek ihtiyaçlarını karşılamak ve toplumsal refah düzeyini arttırmak için doğal kaynakları kullanmaktadır. Hızlı nüfus artışı ve sanayileşme sonucunda zamanla doğal kaynaklara olan talep artmış ve beraberinde doğa tahribatı, arazi bozulmaları, bitki örtüsündeki azalmalar meydana gelmeye başlamıştır (Gül 2015). İnsanoğlunun doğal kaynaklardan en iyi şekilde yararlanması ve gelecek nesillere aktarabilmesi bu kaynakların kullanımına bağlıdır. İnsanoğlu bütün canlılar içerisinde çevreye en fazla zarar veren, değişiminde büyük rol oynayan ve çevrenin fiziki elemanlarından en çok yararlanan canlıdır. Bu nedenle de fiziki çevre elemanları insanoğlunun çok fazla tahribatı ile karşı karşıya kalmaktadır (Menteşe 2017). Doğal kaynakların potansiyellerine uygun olarak kullanılmamaları zaman içerisinde bozulmalara ve küresel ölçekte bir çevre sorunu haline gelmesine neden olmaktadır (Everest vd. 2019).

Günümüzde küresel iklim değişikliğinin etkileri farklı şekillerde hissedilmektedir. Gelecek yıllarda arazilerin kullanımı ve planlanması konusunda dikkate alınacak en önemli unsurlardan biri arazi karakteristiklerinin yanı sıra iklim koşullarında oluşacak değişkenlikler olarak görülmektedir. Arazi kullanım tipine uygun olmayan silvikültürel teknikleri arazilerde bozulmalara ve beraberinde çölleşmeye sebebiyet verecektir. Çölleşme ve arazi bozulumunun son evresi olup arazilerdeki biyolojik ve ekonomik kayıpların devamlı bir hal aldığı süreç olarak tanımlanmaktadır (Kosmas *et al.* 1999, Aksoy 2016).

Arazi kullanımındaki değişiklikler; orman ve mera alanlarının tahribatı, su kaynaklarının düzensiz kullanımı, aşırı otlatma, gübreleme de kimyasal madde kullanımı, yanlış toprak işleme ve plastik maddelerin toprağa atılması gibi olumsuzluklar arazi bozulumuna neden olmaktadır. Yarı-kurak ekosistemlerde son yıllarda arazi örtüsünde değişikler görülmüştür. Bunun nedenleri arasında iklim değişikliği ve hızlı nüfus artışı gelmektedir (Everest vd. 2019).

Ülkemiz yarı kurak coğrafyada bulunmaktadır. Sıcaklık ve iklime bağlı olarak topraktaki ayrışmanın fazlalığı ve toprak yapısındaki bozulmalar sonucunda toprak organik madde içeriğinin düşük olması ve bundan kaynaklı topraktaki kireç içeriğinin yükselmesi ile birlikte toprak kalitesi düşmektedir. Toprak kalitesinin korunması, verimliliğinin artırılması ve arazi bozulumlarının azaltılması öncelikli konu haline gelmektedir (Doran and Zeiss 2000). Toprakta depolanan organik madde doğal ekosistemin toprak işlemeleriyle serbest kalmış fakat toprak işleme süresinin uzunluğuyla birlikte organik maddenin azalması zaman içerisinde toprak strüktürünü bozarak toprak erozyonunu daha etkili hale getirerek hızlanmasına sebep olmuştur (Bayram vd. 2015).

Tarihsel süreçte toprak kalitesi olarak toprak üretkenliği, bitki veya ürün büyümesini teşvik etme yeteneği ile ilişkilendirilmiştir. Yaygın olarak kabul edilen tanıma göre toprak kalitesi, ekosistemlerin yanında hava ve su kaynaklarının birleşimini oluşturmaktadır (Gülnar ve Barik 2019). Bununla birlikte, toprak kalitesi kavramı, biyosfer içinde toprak kaynaklarının yerine getirdiği kritik fonksiyonlarla yakın şekilde bağlantılı olduğundan, bilim insanları çoğunlukla 'toprak kalitesi' ifadesini kullanmayı tercih etmektedirler. Bu yüzden, toprak kalitesi kavramı 'toprağın fonksiyon gösterme kapasitesi' ya da diğer bir ifadeyle 'belirli bir amaç ya da kullanım için bir toprağın hangi fonksiyonları gösterdiği' olarak tanımlanmaktadır (Doran and Zeiss 2000, Karlen *et al.* 2003). Kompleks fonksiyonel durum olarak, toprak kalitesi direkt olarak ölçülemez, ama ölçülebilir toprak özellikleri tarafından toprak kalite indeksi özellikleri olarak adlandırılır (Gülnar ve Barik 2019).

Toprak kalitesi indeksi, tarımsal sistemlerin ekonomik analizinde ve agro-çevre politikası tasarımında önemli bir araç olabilmektedir (Özkan 2009, Özulu vd. 2006, Gülnar ve Barik 2019). Bayram vd. (2015), toprak kalitesinin toprak yönetimi uygulamalarında yararlanılabilecek bir değerlendirme aracı olduğunu ve ayrıca toprak kalitesini değerlendirirken toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin tamamının dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Toprakların kalite kriterlerine göre değerlendirilmesi toprağın planlanmasının ve yönetiminin en önemli aşamalarından birisidir (Dindaroğlu ve Canbolat 2013). Bu kapsamda toprak çevresel kalitenin de bir parçasını oluşturmaktadır. Doran and Parkin (1994); su, hava ve gıda kalitesi, toprak erozyonu değerleri gibi çevresel kalite kriterinin topraklarının kalitesini belirlemede ölçü alınabileceği önermişlerdir. Bayram vd. (2015) ile Altıkat ve Çelik (2009), toprak kalitesinin, kullanım şekli ve işlemeden etkilenen toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, toprak kalite indeksinin çeşitli bilgileri birleştirerek çok amaçlı kararlar almada etkili araçlar olduğunu, ideal bir toprak kalite indeksinin toprakların üretkenlik, çevre ve sağlık fonksiyonlarının bir bütününü kapsadığını belirtmişlerdir.

Toprak kalitesi bitki yetişme ortamı özellikleri arasında önemli bir yere sahip olan kaliteli bir ekosistemin devamlılığında son derece önemli bir parametredir. Bu nedenle topraklarımızın erozyon ve arazi bozulumu gibi faktörler nedeniyle kaybedilmesini en aza indirmek için doğru yönetilmesi ve arazinin potansiyel durumu dikkate alınarak uygulamalar yapılması gerekmektedir (Doran and Safley 1997).

Farklı araştırmacılar tarafından toprak kalitesinin yanında arazi kalitesi de değerlendirilmiştir (Powlson *et al.* 1987, Powers *et al*. 1998, Dick 1992, Papendick and Parr 1992, Stork and Eggleston 1992, Karlen and Stott 1994,). Parametrik metodunu ilk olarak Riquier *et al.* (1970)'de arazi kalitesinin değerlendirilmesi için önermiştir. Parametrik yaklaşımda her bir arazi karakteristiğinin sınırlayıcı faktörlerine bağlı olarak değişen düzeylere göre arazi değerlendirmesi yapılabilmektedir (Gülnar ve Barik 2019).

Toprak kalitesi bakımından toprak ve su varlığı, orman ve mera alanlarının sürekliliğinde ekosistemin en önemli iki unsurdur (Ergene 1993 ve Çepel 1998). Özellikle son yıllarda toprak kaynaklarının daralması, çölleşme, arazi bozulumu ve erozyon nedeniyle toprak verimliliğinin azalması ve bu gibi faktörlere bağlı olarak biyolojik çeşitliliğin tehlikeye girmesi önemli çevre sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Karasal ekosistemlerin ana öğeleri olan orman, tarım, mera ve sulak alan sistemlerinde

uygun olmayan değişimler ile yanlış kullanımlar iklim üzerinde değişimlere de neden olmaktadır (LULUCF 2006).

Orman, mera ve tarım gibi farklı arazi kullanımında bulunan toprakların kalitesini belirlemek, uzun vadede toprak özelliklerindeki değişimi ölçebilme imkânı sağlamaktadır. Toprağın deneysel ve arazide görsel olarak belirlenecek bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri toprak kalitesi hakkında fikir verebilmektedir. Ancak toprak kalite indekslerinden sadece biri bireysel olarak toprak kalitesini belirlemede yeterli olmazken, bir gurup fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliğinin veri seti halinde hazırlanması toprak kalitesi hakkında daha güvenilir ve detaylı veri tabanı oluşturabilmektedir (Öztaş 2002).

En önemli doğal kaynaklardan biri olan orman alanlarının korunması ve iyileştirilmesi açısından sürdürülebilir bir yönetim sağlamak, sağlanan bu sürdürülebilir yönetim ile toprak, orman, mera gibi kaynaklarımız üzerinden insan baskısı başta olmak üzere başlıca sebeplerin ortadan kaldırılması için bazı politikaların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu politikaların oluşturulmasında önce toprak ve su kaynaklarının incelenmesi, bu incelemelerin ışığında potansiyellerinin ve kalite değerlerinin öne sürülmesi gerekmektedir. Bu şekilde toprak kalitesinde yapılacak olan işlemlerin ve projelerin sürdürebilirliği mümkün hale gelebilmektedir (Dindaroğlu ve Canbolat 2013).

Toprak kalitesinin iyileştirilmesine ilişkin yapılan planlarda envarterin önemi büyüktür. Başlangıçta toprak ve toprak kalitesinin potansiyel durumunu tespit etmek gerekmektedir. Aşamaların en önemlisi toprağın kalite kriterlerine göre değerlendirilip, planlanması ve yönetimidir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde minimum veri setinde; mutlak ve fizyolojik derinlik, toprak tekstürü, hacim ağırlığı, pH değeri, infiltrasyon oranı, toprak organik madde içeriği, elektriksel iletkenlik değeri, toprağın N, P ve K içeriği, porozite oranı gibi kriterler yer almaktadır (Özkan 2009, Özulu vd. 2006, Bayram vd. 2015).

Lewandowski *et al*. (1999), toprak kalitesinin yüksek olduğu verimli bir toprak denildiğinde toprakların organik madde ve biyolojik aktivitede yüksek düzeye, stabil agregatlara, bitki köklerinin kolaylıkla hareket edebildiği bir ortama, yüzeyde suyun kolaylıkla toprağa nüfuz edebildiği bir toprak yapısına sahip olmasının gerektiğini bildirmişlerdir. Alagöz vd. (2006), toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmede ve sürekliliğini sağlamada en fazla başvurulan yöntemin toprağa organik kökenli materyallerin ilavesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Altıkat ve Çelik (2009), toprak kalitesinin kullanım şekli ve işlemeden etkilenen toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Toprak işlemeden etkilenen toprak kalitesi ile ilgili önemli bazı toprak özellikleri; toprak yüzeyinin bitki artıkları ile kaplanma miktarı, bitki besin elementlerinin dağılımı, strüktür ve agregat stabilitesi, nem içeriği, sıcaklık, toprak biyolojisi ve toprak sertliğinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, uygulamada yaygın bir şekilde yer alan bazı toprak işleme sistemlerinin önemli bazı toprak kalite kriterlerine olan etkileri incelenmiştir. İnfiltrasyon oranı kök ve bitki gelişimini etkilediğinden dolayı toprak kalite kriterleri arasında önemli bir yere sahiptir. Agregat stabilitesi; agregat büyüklük dağılımını, infiltrasyon oranını ve toprak erozyonunu etkileyen önemli bir toprak kalite kriteridir. Topraktaki organik madde içeriği, toprağın nitrojen döngüsünü, katyon değişim kapasitesini, agregat stabilitesini etkilemektedir.

Toprağın fiziksel özelliklerinden infiltrasyon, su tutma kapasitesi ve toprak derinliğinin bilinmesi (Papendick and Parr 1992), kimyasal indikatörlerden pH, tuzluluk, katyon değişim kapasitesi, organik madde ve mevcut alanın sahip olduğu özel faktörler (Karlen and Stott, 1994), biyolojik göstergelerden, toprak enzim aktivitesi (Dick 1992), toprak faunası (Stork and Eggleston 1992), ve mikrobiyal aktivitelerin incelenmesi (Powlson *et al*. 1987) toprak kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Bu değişkenler tarım toprakları için önerilen toprak özellikleridir. Bu özelliklerin yanında Powers *et al*. (1998) orman toprakları için, toprak kalitesini değerlendirmede, toprak sertliği, organik maddenin anaerobik koşullarda ayrışması ve toprak makro faunasının da yer aldığı bir set oluşturulmasını teklif etmiştir. Orman topraklarını diğer arazi

kullanımlarından ayıran en önemli parametre toprağın kimyasal özelliklerinden olan organik madde içeriği ve agregat stabilitesi olarak bilinmektedir (Dindaroğlu 2011).

Everest vd. (2019), Bursa ilinin Karacabey ilçesinde bulunan Karacabey Tarım İşletmesinde toprak kalite indeksinin (TKİ) belirlenmesi amacıyla çalışma yapmıştır. Çalışma alanı arazileri için Akdeniz ülkelerinde çölleşmeye duyarlı arazilerin belirlenmesi ve hassas alanların ortaya konması için Avrupa Birliği tarafından uygulanan Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı (MEDALUS) yaklaşımı uygulamıştır. MEDALUS metodolojisine göre yapılan değerlendirme ve hesaplamalar sonucu toprak kalitesini; topraklarının %23.78'i tekstürel açıdan iyi olarak sınıflandırılırken, %31.93'ü orta, %39.04'ü zayıf ve %5.25'i oldukça zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırmada orta bünyeli topraklar en iyi, kaba bünyeli topraklar ise en zayıf ve orta-ince ve ince tekstürlü topraklarda bu iki sınıf arasında değişen derecelerde sınıflandırılmıştır. Bayramin (2003) de Beypazarı Tarım İşletmesi Topraklarının kalitesini tekstürel açıdan sınıflandırmış ve toprakların %17.9'unun iyi, %27.9'unun orta, %49.5'inin zayıf ve %4.60'ının çok zayıf kaliteye sahip olduğunu belirlemiştir.

Dindaroğlu ve Canbolat (2013), Kuzgun Baraj Gölü Çevresinde yaptığı araştırmada, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini dikkate alarak toprak sağlığının izlenmesi için toplam toprak kalite indeks değerlerini (TKİ) bulmuşlardır. "Gaussian"modelini kullanarak, toprak kalite indeks değerleriyle arazi kullanım durumu, bakı, yükselti, eğim ve büyük toprak grupları gibi bazı yetişme ortamı parametreleri bakımından değerlendirmişlerdir. Toprak sağlığının en iyi olduğu alanların %77'si Kuzey bakılı alanlarda, toprak sağlığının daha kötü olduğu alanlar ise sırasıyla Güney (%49), Doğu (%41) ve Batı (%9) bakılarda tespit edilmiştir. Yükselti olarak en iyi toprak sağlığı 2000-2300 m'ler arasında (%84) belirlenmiştir. Arazi eğimi bakımından değerlendirildiğinde en iyi toprak sağlığı %0-5 arasındaki eğimde (%25) ve %5-15 arasındaki eğimde (%75) tespit edilmiştir. Toprak grupları bakımından, "Kahverengi Topraklar" (%100) toprak sağlığının en iyi olduğu topraklar olarak belirlemişlerdir.

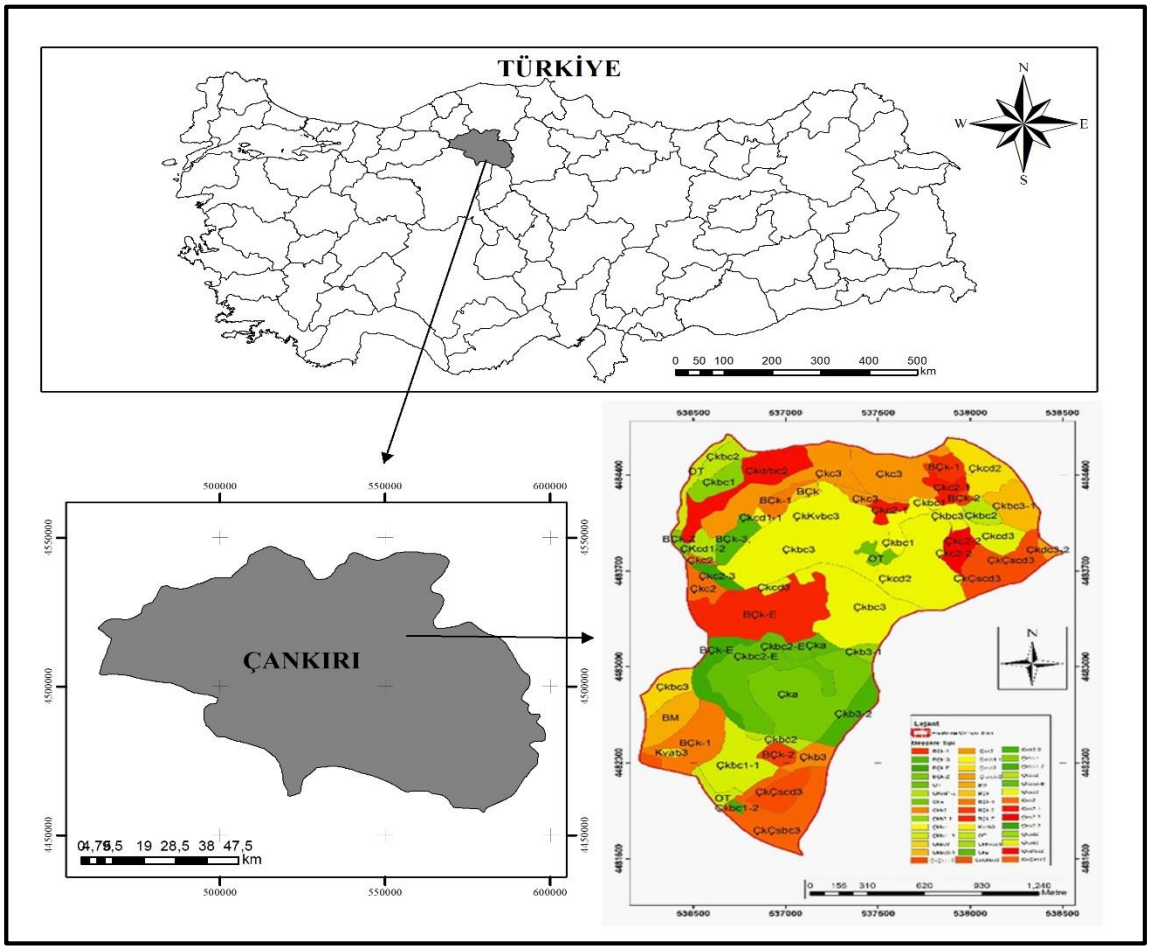
Tüm bu bilgiler doğrultusunda bu çalışma, yarı kurak özelliğe sahip olan Çankırı İli Eldivan İlçesinde bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda toprak kalitesinin belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Araştırma alanının tanıtımı

Bu araştırma Çankırı İli Eldivan ilçesinde bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nda yürütülmüştür. Çalışma alanı İç Anadolu ile Batı Karadeniz geçiş kuşağında yer aldığından iklim açısından da büyük öneme sahiptir. Konum itibariyle, 40°34'41"40°20'38" Kuzey enlemleri ile 33°36'00" 33°25'10" Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çankırı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan çalışma alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritada Çankırı G30c3 ve H30b2 paftalarında yer almakta olup, çalışma alanının coğrafi konumu ArgGIS 10,3 paket programı kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma alanı 14.05.1998 tarihinde Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesine tahsis edilmiştir. Toplam alanı 367 ha olup; 363,5 ha orman ve 3,5 ha açık alandan oluşmaktadır. Güneyde Çakmaklı Tepe (1640 m), kuzeyde Kelmahmut Deresi oluşturmaktadır. Alan içerisinde en yüksek rakıma sahip yer Murafa Tepe (1641 m) olup, en düşük yükseltiye sahip yer de Kamış Deresi ile Kelmahmut Dere'sinin birleşim noktası olan 1240 m rakımlı mevkidir (Abay ve Ursavaş 2009). Kuzey sınırını Yumrukaya mevki, güney sınırını Arkoşan Dere ve Çökecük Tepe, doğu sınırını Korubaşı Tepe ve Ağaçlandırma Sahası, batı sınırını Orta Arap mevkiden gelen Kuru Dere ve Büyük Koru Sırtı oluşturmaktadır. Alanın en yüksek yükseltiye sahip yeri 1500 m ile Çökecük Tepe, en önemli akarsuyu Karataşbağı deresidir (Tunç 2019).



Şekil 3.1. Araştırma alanının coğrafi konumu

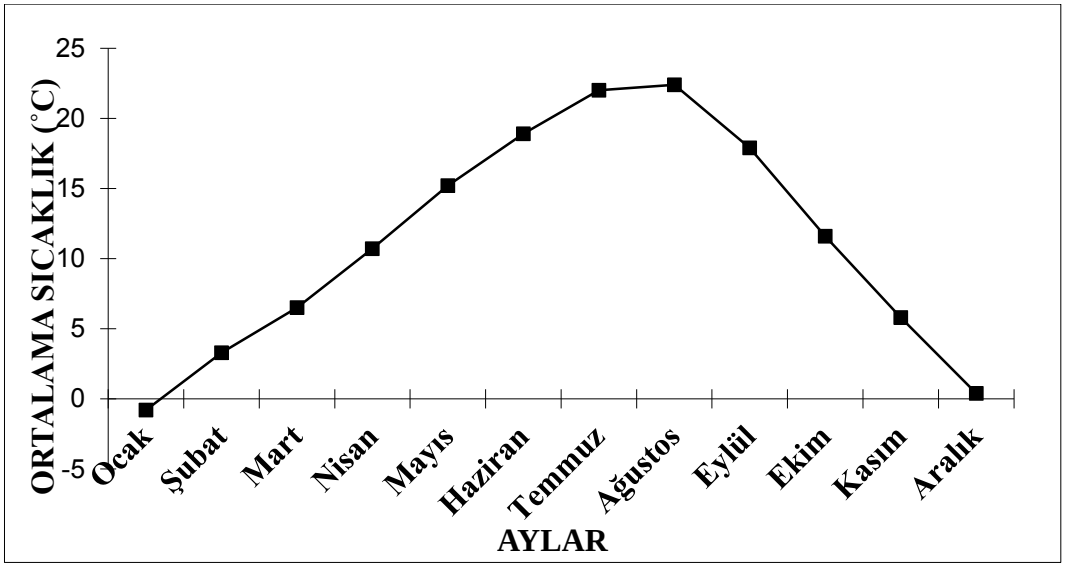
Araştırma alanı ülkemizin üç büyük flora alanından İran-Turan flora bölgesinde, A4 karesinde yer almaktadır. Alandaki odunsu türler; Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold), Katran ardıcı (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*), Saçlı meşe (*Quercus cerris* L.), Tüylü meşe (*Q.pubescens* Willd.), Saplı meşe (*Q.robur L.*), Adi fındık (*Corylus avellana* L. var *avellana*), Ova akçaağacı (*Acer campestre* L.), (*Populus tremula* L.) ve Aksöğüt (*Salix alba* L.) dır (Göl *et al*. 2010, Tunç 2019).

3.1.1 Araştırma alanının iklimi

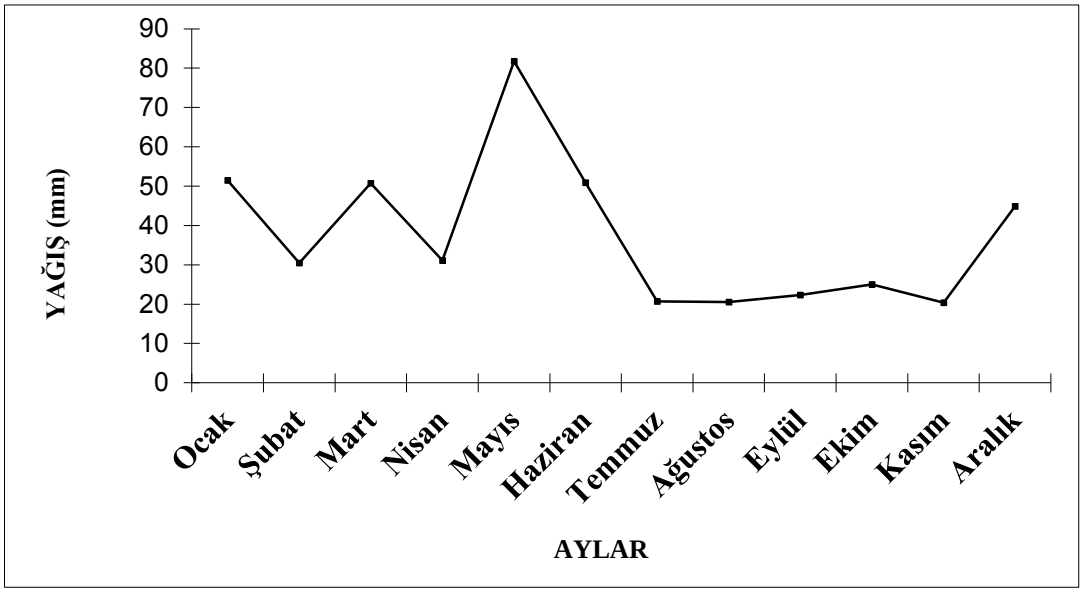
Çalışma alanı iklimi Thorntwaite yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İkim sınıflamasının temelini oluşturan Thorntwaite yöntemi bir yörenin iklim özelliklerinin ortaya çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Thorntwaite yöntemini diğer iklim sınıflama yöntemlerinden ayıran en önemli özellik; yağış etkenliği üzerinde rol oynayan yağış

miktarı ve sıcaklık yanında, toprağın su biriktirme kapasitesi, bölgenin enlem derecesi gibi diğer önemli faktörleri de hesaba katması, yağış etkenliğinin grafik yolla gösterilebilmesidir (Çepel 1995, Kantarcı 2000, Kılınç vd. 2006). Thornthwaite yöntemi (Thorntwaite 1948) ile bir yerin iklim tipinin belirlenmesi için aylık ortalama sıcaklık ve aylık yağış miktarı bilinmelidir.

Çankırı ili Eldivan ilçesinde bulunan meteoroloji istasyonu 1999 yılında kurulmuş ve daha sonra 2005 yılında kapatılmıştır. Ancak 2013 yılında tekrar meteoroloji istasyonu aktif hale getirilmiştir. Bu kapsamda çalışma alanı için en güncel veri olan Eldivan ilçesine ait 7 yıllık (2013-2019) veriler Thorntwaite yönteminde kullanılmıştır. Çalışma alanı için ortalama sıcaklık 11.2 ºC'dir. Aylık ortalama sıcaklıklar en düşük -0.8 ºC ile (Ocak) ile en yüksek 22.4ºC (Ağustos) arasında değişmektedir (Şekil 3.2). Yıllık ortalama yağış miktarı 450.26 mm olup, en fazla yağış 81.76 mm ile Mayıs ayında, en az yağış ise 20.56 mm ile Ağustos ayındadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Araştırma alanında aylara göre ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 3.3. Araştırma alanında aylara göre ortalama yağış miktarı

Vejetasyon süresi olarak Rubner (1949) 'in orman vejetasyon periyodu için +10 ºC sınır olarak kabul edilirse araştırma alanının vejetasyon süresi Nisan ve Ekim ayları arasında 7 ay olarak ortaya çıkmaktadır (Rubner 1949). Wiersma (1963) 'nın vejetasyon süresi formülüne göre, araştırma alanı vejetasyon süresi Eşitlik 1 kullanılarak 224 gün (yaklaşık 7 ay) olarak hesaplanmıştır.

$$N = 510 - 5{,}75\left(L + \frac{H}{100}\right) \qquad [1]$$

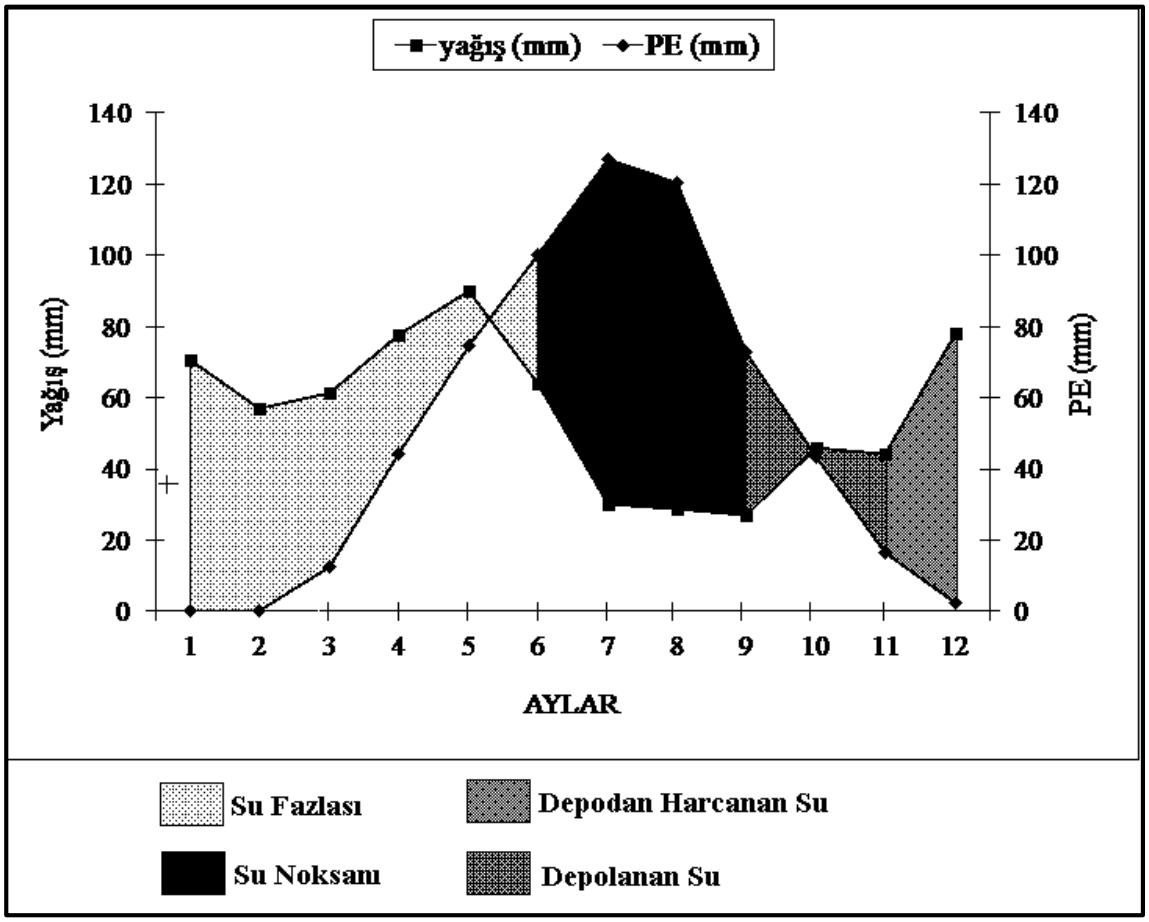
Burada;

N= Vejetasyon süresi (ortalama sıcaklık +6 ºC 'nin üzerinde olan gün sayısı)

L=Enlem derecesi (Desimal)

H= Yükseklik (m)

Tüm bu parametreler birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanı Thornthwaite yöntemine göre; $CB'_1sb'_2$ simgeleri ile gösterilen "yarı-kurak, mezotermal, kışın orta derecede su fazlası olan veya okyanussal iklim etkisine yakın" bir iklim tipine olduğu ortaya çıkmaktadır. Thorntwaite yöntemine göre araştırma alanının su bilançosu çizelgesi düzenlenerek grafiği çizilmiştir. Su bilançosu Çizelge 3.1' de, grafiği ise Şekil 3.4' de verilmiştir.



Şekil 3.4. Thorntwaite yöntemine göre araştırma alanının su bilançosu

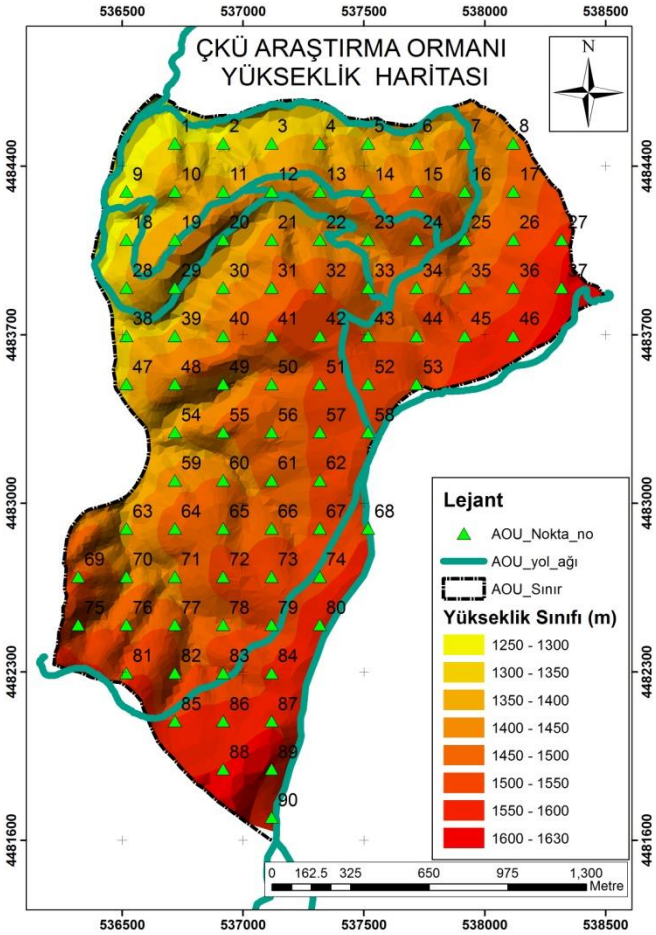
Çizelge 3.1. Thorntwaite yöntemine göre çalışma alanının su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Yıllık**
Sıcaklık (^{0}C)	-0,8	3,3	6,5	10,7	15,2	18,9	22	22,4	17,9	11,6	5,8	0,4	11,2
Sıcaklık indisi	0,00	0,53	1,5	3,16	5,38	7,49	9,42	9,68	6,90	3,58	1,25	0,02	48,91
Düzetilmemiş PE(mm)	0,0	8,9	21,2	40,1	62,8	83,0	100,7	103,1	77,4	44,5	18,3	0,6	560,7
Düzeltilmiş PE (mm)	0,0	7,5	21,9	44,3	77,1	102,6	126,3	121,0	80,2	42,9	15,5	0,5	639,7
Yağış (mm)	51,49	30,49	50,71	31,1	81,76	50,89	20,73	20,56	22,31	24,97	20,36	44,9	450,26
Depo Değişikliği (mm)	50,7	0,0	0,0	13,2	4,6	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	44,4	122,4
Depolama (mm)	100,0	100,0	100,0	86,8	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	49,3	445,6
Gerçek Ev-Tr (mm)	0,0	7,5	21,9	44,3	77,1	55,5	20,7	20,6	22,3	25,0	15,5	0,5	310,8
Su Noksanı (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,1	105,6	100,4	57,9	17,9	0,0	0,0	328,9
Su Fazlası (mm)	0,8	23,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6
Yüzeysel Akış (mm)	0,4	11,9	25,9	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6
Nemlilik Oranı	0,0	3,1	1,3	-0,3	0,1	-0,5	-0,8	-0,8	-0,7	-0,4	0,3	89,3	90,4

3.2 Yöntemler

Araştırma; Arazi öncesi yapılan çalışmalar (büro çalışmaları), arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve verilerin analizi aşamalarını içermekte olup bu aşamalarda kullanılan yöntemler takip eden alt başlıklar altında verilmiştir.

3.2.1 Çalışma alanında örnekleme alanlarının seçimi ve örnekleme noktalarının belirlenmesi



Şekil 3.5. Çalışma alanı örnekleme noktaları

Arazi çalışmalarında materyal olarak 1/25000 ölçekli topoğrafik harita, jeolojik ve jeomorfolojik haritalar, toprak örnekleme ekipmanları, pusula, eğimölçer ve GPS (Global Positioning System) kullanılmıştır. Çalışma alanında inceleme yapılacak örnekleme sayısının belirlenmesinde alanda daha önceden yapılmış olan çalışmalardan yararlanılmıştır. Toprak özelliklerinden toprak organik madde (TOM) içeriğine ilişkin

veriler Eşitlik 2'de yerine koyularak ve çalışma alanı için alınması gereken toplam örnek sayısı (n) hesaplanmıştır.

$$n = \left(\frac{z^2 \sigma^2}{d^2}\right) \quad [2]$$

Eşitlikte bulunan;

z: ilgili önem seviyesi için z –tablo değeri, *σ:* ilgili değişkene ilişkin standart sapma değeri, *d:*ön örnek üzerinden hesaplanan güven aralığına göre istenen güven aralığının yarısıdır (Ott 1993, Ercan 1997, Wehner 2000).

Yapılan hesaplamalar sonucunda toplamda 367 ha olan araştırma alanın bakı, eğim, yükseklik ve meşçere durumuna göre 98 noktadan toprak yüzey örneklemesiyle (0-30 cm) yapılması alanı temsil edeceği sonucuna varılmıştır.

3.2.2 Toprak örneklemesi

Çalışma alanına ait üst toprak örnekleri (0-30 cm derinlikten) 2019 yılında alınmıştır. Örnekleme noktalarına ait koordinatlar, bakı ve yükseklik değerleri GPS kullanılarak kaydedilmiştir. Üst toprak örnekleri büro çalışmalarında tespit edilen ve hesaplanan örnek sayısı dikkate alınarak sistematik olarak 98 noktadan yapılmıştır. Her noktadan birer adet 1,5-2 kg' lık bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Toprak örnekleri iki katlı polietilen torbalara konularak, torbaların üzerine lokasyon numarası yazılarak ağzı kapatılmıştır. Eş zamanlı olarak, her noktadan hacim ağırlığının belirlenmesi amacıyla silindirle birer adet bozulmamış (100 cm^3) toprak örneği alınmıştır.

3.2.3 Laboratuvar yöntemleri ve analizler

Araziden alınan örnekler laboratuvara getirilerek hava kuru halde kuruması için naylonlarından çıkarılarak serilmiştir. Kuruyan topraklar fiziksel ve kimyasal analizlerin yapımı için 2mm'lik elek yardımı ile elenmiştir. Toprak örnekleri Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekoloji ABD laboratuvarında analiz

edilmiştir. Alınacak toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizlere ilişkin yöntemler aşağıda verilmiştir.

- **Tekstür:** Hidrometre yöntemi (Gee and Bauder 1986) ile ve tekstür üçgeni (Soil Survey Staff 1993) yardımı ile belirlenmiştir.
- **Hacim Ağırlığı:** Doğal yapısı bozulmamış 100 cm^3'lük toprak örnekleri kullanılarak belirlenmiştir (Blake and Hartge 1986).
- **Toprak Reaksiyonu (pH):** Toprakların pH değerleri 1:2 oranında hazırlanmış olan süspansiyonda cam elektrotlu Orion 420 A dijital pH metresi ile ölçülmüştür (McLean 1986, Pansu and Gautheyrou 2006).
- **Elektriksel iletkenlik (EC):** Elektriksel iletkenlik değerleri 1:5 oranında hazırlanmış olan süspansiyonda kondaktivimetre ile belirlenmiştir (McLean 1986, Pansu and Gautheyrou 2006).
- **Kireç ($CaCO_3$):** Pansu ve Gautheyrou (2006) tarafından belirtildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile tayin edilmiştir.
- **Organik madde:** WakleyBlack yönteminin Jackson tarafından modifiye şekli ile belirlenmiştir (Jackson 1967).
- **Agregat Stabilitesi (AS):** Islak eleme yöntemiyle hesaplanmıştır (Kemper and Rosenau 1986).
- **Tarla Kapasitesi (TK):** Seramik levha üzerine yerleştirilmiş, suyla doygun bozulmamış toprak örneği üzerine 1/3 bar basınç uygulamak suretiyle belirlenmiştir (Cassel and Nielsen 1986).
- **Daimi Solma Noktası (DSN):** Seramik levha üzerine yerleştirilmiş, suyla doygun bozulmuş toprak örneği üzerine 15 bar basınç uygulamak suretiyle belirlenmiştir (Cassel and Nielsen 1986).
- **Yarayışlı Su İçeriği (YSİ):** Tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki farktan hesaplanmıştır (Cassel and Nielsen 1986).
- **Yarayışlı Fosfor:** Fosfor Araştırma konusu toprak örneklerinin elverişli fosfor kapsamları "Olsen" metodu ile belirlenmiştir (Sauchelli 1965).

3.2.1 Toprak kalite indeksinin hesaplanması

Toprak kalitesinin belirlenmesi; ekosistemlerde sürdürülebilirliğin sağlanması ve toprak kalitesinin gelişiminin izlenmesi bakımından önemlilik arz etmektedir. Toprak kalitesi bir toprağın sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilmektedir (Oztaş vd. 2003). Toprak kalitesini anlamak için toprak özelliklerine ilişkin fonksiyonların doğru tanımlanması gerekmektedir (Bone *et al.* 2010). Toprağın kalite indeksinin (TKİ) belirlenmesinde skorlama yöntemi ilk kez Karlen and Stott (1994) skorlama tarafından kullanmışlardır. Bu yöntemde araştırmacılar TKİ belirlemek için tanımlamış oldukları toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ait değişkenleri skorlarken üç ana skorlama fonksiyonu (eğrilerini) kullanmışlardır. Skorlama fonksiyonu "daha fazla daha iyidir", "daha az daha iyidir" ve "optimum daha iyidir" şeklinde tanımlanmıştır (Karlen and Stott 1994, Masto *et al.* 2008; Liu *et al.* 2018, Koca ve ark. 2019). "Daha yüksek daha iyidir" ile skorlamada, göstergenin yüksek skor elde etmesi, toprak kalitesi ile arasında pozitif ilişki olduğunu, "daha düşük daha iyidir" ile skorlamada, göstergenin düşük skor elde etmesi, toprak kalitesi ile arasında negatif bir ilişki olduğunu, "orta nokta optimumdur" ile skorlamada ise bazı göstergeler için eşik değerleri belirlenip birimsiz hale dönüştürülmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında daha yüksek daha iyidir yaklaşımı kabul edilmiştir. Bu kapsamda incelenen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ve bu özelliklere ilişkin skor değerleri Çizelge 3.2' de verilmiştir. Toprak kalitesi indeksi belirlemede kullanılan her bir parametre için farklı literatürler de (Kosmas *et al*. 2006, Amacher *et al*. 2007, ÇEM 2017) skorlar üretilmiştir.

Toprak özelliklerinin arazi bozulumuna etkisi dikkate alınarak 1,0 ile 2,0 arasında değişen skor değerleri verilmiş olup, Kosmas *et al*. (2006) skorlamanın çalışılan yöre ve bölgeye bağlı olarak düzenlenebileceğini belirtmiştir. Toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri belirlendikten sonra Toprak Kalite İndeksi (TKİ) aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Amacher *et al*. 2007).

$$TK\text{İ}\ (\%) = \frac{\text{Ölçü}len\ toprak\ parametreleri\ için\ indeks\ değerlerinin\ toplamı}{\text{Ölçü}len\ parametrelere\ ait\ maksimum\ indeks\ değerlerinin\ toplamı} x100$$

Eşitlik kullanılarak yapılan hesaplamalar sonrasında TKİ değerleri; Toprak Kalitesi >%75 olan alanlar (iyi), %75-50 arasında olan alanlar (orta) ve <%50 olan alanlar (düşük) olmak üzere sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.2. Toprak kalitesi indeksi altında tanımlanan değişkenlere ilişkin indeks değerleri (Kosmas et al. 2006; Amacher et al. 2007; ÇEM 2017) dan uyarlanmıştır

Toprak özellikleri	Sınıf	Değerlendirme	Tanım	Skor
Tekstür	1	Çok İyi	Balçık	2,0
	2	İyi	Kumlu killi balçık, Tozlu Killi Balçık, Killi Balçık	1,7
	3	Orta	Kumlu Balçık, Tozlu Balçık, Balçıklı Kum, Kumlu Kil	1,3
	4	Kötü	Tozlu Kil, Kil	1,2
	5	Çok kötü	Kum, Toz ve %60 dan fazla kil	1,0
pH	1	Aşırı asit	<4,5	1,0
	2	Çok kuvvetli asit	4,5-5,0	1,1
	3	Kuvvetli asit	5,1-5,5	1,2
	4	Orta Asit	5,6-6,0	1,4
	5	Hafif Asit	6,1-6,5	1,7
	6	Nötr	6,6-7,3	2,0
	7	Hafif alkalin	7,4-8,0	1,7
	8	Orta alkalin	8,1-8,5	1,3
	9	Kuvvetli Alkalin	8,6-9,0	1,1
	10	Çok kuvvetli alkalin	>9,0	1,0
EC (dS/m)	1	İyi	<1,2	2,0
	2	Hafif	1,2-2,0	1,7
	3	Orta	2,0-4,0	1,3
	4	Tuzlu	4,0-8,0	1,2
	5	Çok tuzlu	>8,0	1,0
TOM (%)	1	Çok yüksek	>4,0	2,0
	2	Yüksek	3,0-4,0	1,7
	3	Orta	2,0-3,0	1,4
	4	Düşük	1,0-2,0	1,2
	5	Çok düşük	0,5-1,0	1,1
	6	Aşırı düşük	<0,5	1,0
$CaCO_3$ (%)	1	Çok az kireçli	0-2	1.4
	2	Az kireçli	2-4	1,7
	3	Orta kireçli	4-8	2,0
	4	Kireçli	8-15	1,7
	5	Çok kireçli	15-30	1,4
	6	Aşırı kireçli	30-50	1,1
	7	Kireç toprağı	>50	1,0
Agregat stabilitesi, (%)	1	Zayıf	<25	1,0
	2	Orta	25-50	1,2
	3	İyi	50-75	1,7
	4	Çok iyi	>75	2,0
HA (g/cm^3)	1	---	> 1.5	1,0
	2	---	≤1.5	2,0
Taşlılık (%)	1	---	> 50	1,0
	2	---	≤50	2,0
Ana materyal	1	---	Şeyl, şist, bazik, ultrabazik, konglomeralar, killer	1,0
	2	---	Kireçtaşı, granit, riyolit, gnays, kumtaşı, dolamit	1,7
	3	---	Marl, Proklastik	2,0

3.2.6 İstatistiksel analizler

Çalışma sonucunda elde edilen toprak özellikleri ve toprak kalite indeksine (TKİ) ait verilere ilişkin tanımsal istatistikler SPSS (SPSS Institute Inc. 2011) paket programı kullanılarak belirlenmiştir. Araştırma kapsamında hesaplanan TKİ değerleri ile toprak özellikleri ilişki korelasyon analizi kullanılarak test edilmiştir. Tüm istatistiksel analizler %95 önem seviyesinde gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanı Topraklarının Tanımsal İstatistikleri

Yarı kurak iklim özelliğine sahip çalışma alanında toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla 367 ha'lık çalışma alanında sistematik örnekleme yapılarak 98 noktada yüzey örneklemesi (0-30 cm) yapılmıştır. İncelenen toprakların fiziksel ve kimyasal özeliklerine ilişkin veriler çizelgeler halinde ekler (Ek 1-2) bölümünde yer almaktadır.

Toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde varyasyon (değişkenlik) katsayısı (VK) kullanılmaktadır. Bu değişim eğer VK <15 ise "az değişken", 16-35 arasında ise "orta değişken" ve 36< ise "çok değişken" olduğu varsayılmaktadır (Mulla and McBratney 2000). Bu kapsamda Çizelge 4.1. incelendiğinde; çalışma alanı genelinde toprağın kum, kil ve toz içeriği ile toprak reaksiyonu (pH), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), hacim ağırlığı (HA) ve suya dayanıklı agregat (SDA) çok fazla değişkenlik göstermemiştir. Buna karşın kireç ($CaCO_3$) içeriği, elektriksel iletkenlik (EC), tuz, toprak organik maddesi (TOM) içeriği, toplam azot (TA) ve yarayışlı fosfor (P) yüksek değişkenlik göstermiştir.

Çalışma alanı toprakları genellikle kil içeriği yüksek olan kumlu killi balçık ve kil sınıfına giren topraklardır. Suya dayanıklı agregat stabilitesi önemli bir toprak kalite göstergesidir. Yakupoğlu vd. (2015), iyi bir agregatlaşmanın, toprakta veriminin artmasına yardımcı olduğunu ve aynı zamanda toprağın erozyona karşı direncini de artırdığını belirtmişlerdir. Bu kapsamda çalışma alanı toprakları SDA içeriği %48,87 ile %99,96 arasında değişmekte olup ortalama %77,562 olarak tespit edilmiş ve bu durum çalışma alanı topraklarının erozyona yani parçalayıcı etmenlere karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir. Toprağın agregasyonu üzerinde TOM içeriği, kil içeriği ve kil tipi gibi bazı toprak özellikleri etkilidir (Bird *et al*. 2007, Tunçay ve Dengiz 2017). Bird *et al.* (2007) agregat stabilitesinin yarı kurak bölgelerde önemli bir gösterge olduğunu ve agregat stabilitesinin organik madde miktarı ile topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinden etkilendiğini belirtmişlerdir. Çalışma alanında TOM içeriği yüksek

(VK=%63.965) değişkenlik göstermekte olup, en düşük %0,44 ve en yüksek %20,42 arasında değişen değerler almıştır. Bu durum ormanın alt tabakasını oluşturan ölü örtünün ayrışmasıyla ilgili olup, örnekleme noktalarındaki ölüörtü tabakasının kalınlığı, ayrışma derecesi, örnekleme noktalarındaki meşçerenin kapalılığı ve arazinin topoğrafik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Orman alanlarında yıllık ölüörtü katılımı yüksek olup TOM içeriğini de yükseltmektedir.

Çizelge 4.1. İncelenen toprak özelliklerine ilişkin tanımsal istatistikler (n=98)

Parametreler	N	Min.	Mak.	AO	SS	Çar.	Bas.	V.K (%)
Kum (%)	100	19,00	66,00	44,694	9,729	-0,347	-0,235	21,767
Kil (%)	100	26,00	57,00	37,112	7,275	0,673	0,054	19,603
Toz (%)	100	7,00	40,00	18,265	5,741	0,964	2,016	31,432
HA (g/cm^3)	100	0,69	1,71	1,229	0,211	-0,217	-0,044	17,139
pH	100	5,31	7,44	6,368	0,383	0,234	0,804	6,016
EC (dS/m)	100	0,01	0,95	0,127	0,144	4,252	19,577	113,397
Tuz (%)	100	0,02	0,23	0,056	0,035	3,265	12,992	62,625
$CaCO_3$ (%)	100	0,16	22,12	2,191	2,912	5,408	31,161	132,949
TOM (%)	100	0,44	20,42	4,940	3,160	2,377	8,544	63,965
TA (%)	100	0,01	0,69	0,111	0,105	3,711	17,463	94,969
YP (ppm)	100	0,10	1,13	0,144	0,106	8,446	77,915	73,724
TK (%)	100	23,38	48,32	36,536	4,771	0,248	0,044	13,059
SN (%)	100	11,71	36,18	24,437	5,717	-0,387	-0,327	23,394
YS (%)	100	0,02	36,27	12,099	7,735	0,953	1,262	63,927
SDA (%)	100	48,87	99,96	77,562	12,081	-0,519	-0,448	15,575

HA: Hacim Ağırlığı, EC: Elektriksel İletkenlik, TOM: Toprak Organik Maddesi, SDA: Suya Dayanıklı Agregat, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YS: Yarayışlı Su içeriği, $CaCO_3$: Kireç İçeriği, TA: Toplam Azot, YP: Yarayışlı Fosfor, Min: Minimum; Mak: Maksimum; AO: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, Çar: Çarpıklık, Bas: Basıklık, VK: Varyasyon Katsayısı

Topraklarda OM miktarının artması ile birlikte toprak hacim ağırlığı azalmaktadır (Sever ve Makineci 2008). Çalışma alanında hacim ağırlığı değerleri düşük değişkenlik (VK=%17,139) göstermiştir. En düşük 0,69 g/cm^3 ve en yüksek 1,71 g/cm^3 arasında değişen değerler almış olup ortalama 1,229 g/cm^3 ile bitki gelişimi için uygun değerler arasında yer almaktadır. Singh *et al*. (1992), bir toprakta bitki gelişimi için uygun hacim ağırlığının 1,3 g/cm^{3}olduğunu, bitki hacim ağırlığının artarak 2,0 g/cm^3 ulaştığında kök gelişiminin durmasına neden olduğunu belirtmiştir. Bitki gelişimini etkileyen bir diğer toprak özelliği ise elektriksel iletkenlik (EC) dir (Dölarslan ve Gül 2012). En düşük 0,01 dS/m ve en yüksek 0,95 dS/m arasında değişen değerler almış olup ortalama 0,125 dS/m dir ve çalışma alanı toprakları tuzluluk bakımından değerlendirildiğinde (Eruz 1979, Miyamoto *et al.* 2004, Karaman vd. 2007' e göre) tamamı tuzsuz özellik göstermiştir.

Tuzsuz özellik gösteren çalışma alanı toprakları toprak reaksiyonu (pH) açısından incelendiğinde (Tüzüner 1990), en düşük 5,31 ile hafif asit en yüksek 7,44 ile hafif alkalin özelliktedir. Toprakların pH değerlerindeki bu değişim üst toprak yüzeyinde bulunan ölü örtünün ayrışması ile ilişkilidir. Bazı araştırmacılar özellikle sarıçam, ladin ve karaçam gibi iğne yapraklı türlerde ölü örtünün ayrışması sonucunda asit ürünlerinin meydana geldiğini ve toprağı asitleştirdiğini belirtmiştir (Barnes *et al*. 1998, Brady and Weil 1999, Kantarcı 2000, Sarıyıldız ve Küçük 2004).

Topraklar toplam $CaCO_3$ içeriği bakımından değerlendirildiğinde (Ülgen ve Yurtsever 1974' e göre); en düşük %0,16 (az kireçli), en yüksek %22,12 (fazla kireçli) olup ortalama %2,191 (orta kireçli)'dir. İncelenen toprak özellikleri arasında en yüksek değişkenlik (%132,949) değişkenlik katsayısı kireç içeriğindedir. Bu durumun ana materyalden kaynaklandığı düşülmektedir. Alan içinde tespit edilen anakaya genellikle serpantindir. Ancak yer yer kireçtaşı ve kalkerler ana materyallerinin yüzeye çıktığı kısımlar tespit edilmiştir. Kireçtaşı ve kalkerler karbonatlı ana materyallerden olup, kimyasal bileşiminde yüksek oranda kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) içermektedir (Yücetürk 2010).

Toprakların tarla kapasitesi %23,38 ile %48,32 arasında değişmekte olup, ortalama %36,536 dır. Solma noktası değerleri ise en düşük %11,71 ve en yüksek %36,18 arasında değişen değerler almış olup ortalama %24,437'dir. Toprağın önemli kalite göstergelerinden olan yarayışlı su içeriği tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki farktan hesaplanmaktadır (Andrews *et al*. 2004; Malgwi and Abu 2011, Sağlam 2013). Yarayışlı su içeriği %0,02 ve %36,27 arasında değişen değerler almıştır. Ortalama yarayışlı su içeriği yaklaşık olarak %12,0'dir. Toprak tesktürü bitkilerin gelişimi için gereksinim duyduğu suyun tutulması üzerinde önemli etkiye sahiptir (Hillel 1980). Çalışma alanı toprakları genellikle kil içeriği yüksek olan topraklar olup, kil içeriği ile paralel olarak çalışma alanı topraklarında TK ve SN içeriğininde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hillel (1998), bitkiler için yarayışlı su içeriğinin kil içeriği yüksek olan topraklarda %12 olduğunu belirtmiştir.

Çalışma alanı toprakları yarayışlı fosfor (P) açısından değerlendirildiğinde en düşük 0,10 ppm ile en yüksek 1,13 ppm arasında değişen değerler almış olup çalışma alanı tamamında düşük değerler almıştır. Topraktaki bitkiye yarayışlı fosfor miktarı (FAO 1990); 2,5 ppm ise "çok az"; 2,5-8,0 ppm arasında ise "az"; 8,0-25,0 ppm arasında "yeterli"; 25,0-80,0 ppm arasında "fazla"; >80 ppm ise "çok fazla" olarak kabul edilmektedir

4.2. Çalışma Alanında Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi

Toprak kalite indeks (TKİ) değeri; fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerine ilişkin parametrelere ait skor değerleri (Kosmas *et al*. 2006, Amacher *et al*. 2007, ÇEM 2017' den uyarlanmış) kullanılarak her bir örnekleme noktası için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kullanılan parametrelere ilişkin skor değerleri ve yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen TKİ değerlerine ilişkin veriler Çizelge 4.2 de yer almaktadır. Çalışma alanında incelenen toprak özellikleri genel olarak iyidir ve toprak kalite indeksinin belirlenmesinde "daha yüksek daha iyidir" anlayışı kullanıldığından toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri ile paralel olarak TKİ değerleri de yüksek hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri ve TKİ

Parametreler	Min.	Mak.	A.O	SS	VK (%)
Tekstür	1,00	2,00	1,34	0,33	24,663
pH	1,00	2,00	1,95	0,22	11,348
TOM	0,00	2,00	1,36	0,50	37,033
TD	1,00	4,00	2,20	0,54	24,341
Taşlılık	0,00	1,00	0,54	0,50	92,620
Ana Materyal	1,70	1,70	1,70	0,00	0,000
$CaCO_3$	1,40	2,00	1,46	0,15	10,086
EC	2,00	2,00	2,00	0,00	0,000
SDA	1,20	2,00	1,88	0,17	9,272
HA	0,00	1,00	0,91	0,29	31,962
TKİ (%)	66,67	95,60	86,49	6,53	7,547

Min: Minimum; Mak: Maksimum; AO: Aritmetik Ortalama, SS: Standart Sapma, VK: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanı TKİ değerleri en düşük %66,67 ve en yüksek %95,60 arasında değişen değerler almış olup, çalışma alanı genelinde TKİ değerleri yüksek olduğundan düşük değişkenlik (VK= %7,547) göstermiştir. TKİ sınıfları bakımından değerlendirildiğinde; çalışma alanında toprak kalite indeksi>%75 olan alanlar toplamı 340,86 ha, %75-50 arasında olan alanlar toplamı 26,14 ha tespit edilmiş olup TKİ değeri <%50 olan alanlar çalışma alanında bulunmamaktadır (Çizelge 4.3). Bu durum yarı kurak iklim özelliğine sahip çalışma alanının verimli olduğunu göstermektedir. TKİ nin düşük değerler aldığı noktalarda bakı, yükselti ve eğim gibi bazı topoğrafik parametrelerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.3. Çalışma alanı TKİ dağılımı

TKİ sınıfı	**Hektar**	**%**
75+	340,86	92,88
50-75	26,14	7,12
<50	--	--

Toprak kalitesi indeksi (TKİ) ile tez kapsamında incelenen bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde korelasyon analizi uygulanmıştır (Çizelge 4.4). Yapılan korelasyon analizi sonucunda; TKİ ile toprağın fiziksel özelliklerinden tekstür ve hacim ağırlığı (HA) ile kimyasal özelliklerinden pH ve toprak organik madde içeriği (TOM) arasında ilişki tespit edilmiştir. Kimyasal indikatörlerden pH ve TOM içeriği mevcut alanın sahip olduğu özel faktörlerdir (Karlen and Stott 1994).

TKİ ile kum içeriği arasında 0,01 önem seviyesinde orta derecede kuvvetli negatif ilişki ($r= -0,492$, $p<0,01$), kil içeriği ile orta derecede kuvvetli pozitif ilişki ($r= 0,441$, $p<0,01$) ve toz içeriği ile zayıf pozitif ilişki ($r= 0,282$, $p<0,01$) tespit edilmiştir. Bu durum kumlu toprakların iri tane çapları arasında kalan boşlukların (gözeneklerin) fazla olası nedeniyle su tutma kapasitesi düşük, süzek, iyi havalanabilen ve çabuk ısınan topraklardır (Kantarcı 2000) olmasıyla ilişkilidir. Nitekim Kantarcı (2000); kuraklığın hâkim olduğu bölgelerde kum topraklarının kuru olduğunu belirtmiştir. Bu durum gerek vejetasyon kalitesini gerekse toprak kalitesini etkilemektedir.

Çizelge 4.4. Toprak Kalite indeksi ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Parametreler	Kum	Kil	Silt	HA	pH	EC	Tuz	$CaCO_3$	TOM	TA	Fosfor	TK	SN	YS	SDA	TKİ
Kum	1,000															
Kil	-,810**	1,000														
Toz	-,676**	0,116	1,000													
HA	,354**	-0,190	-,363**	1,000												
pH	0,164	-0,092	-0,159	,300**	1,000											
EC	0,011	-0,084	0,085	-,217*	0,000	1,000										
Tuz	0,020	-0,060	0,039	-,300**	-0,053	,359**	1,000									
$CaCO_3$	-0,041	0,013	0,051	0,057	,341**	0,013	0,164	1,000								
TOM	-,236*	0,085	,288**	-,526**	-,411**	0,165	,573**	-0,092	1,000							
TA	0,027	-0,071	0,052	-0,053	0,058	-0,049	-0,002	0,030	0,136	1,000						
Fosfor	0,001	0,036	-0,029	-0,116	-0,013	0,030	0,143	0,045	0,061	0,096	1,000					
TK	0,105	-0,051	-0,110	,245*	0,116	-0,034	-0,130	-0,059	-0,071	0,055	0,061	1,000				
SN	-0,006	0,023	-0,022	-0,167	0,043	0,061	0,099	,222*	0,044	0,025	-0,017	-0,080	1,000			
YS	0,069	-0,048	-0,051	,275**	0,040	-0,066	-0,154	-,200*	-0,076	0,016	0,050	,676**	-,789**	1,000		
SDA	-0,058	0,077	0,005	-0,196	0,081	-0,056	0,148	-0,015	0,110	0,029	0,072	-,212*	,418**	-,440**	1,000	
TKİ	-,492**	,441**	,282**	-,446**	-,207*	-0,003	0,179	-0,062	,412**	0,085	0,027	-0,166	0,032	-0,126	0,089	1,000

** Korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir.

* Korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir.

Toprakların HA içeriği toprak suyu ve suda çözünmüş maddelerin hareketini ve toprağın havalanmasını (toprak sıkışması) etkilemesi nedeniyle önemli bir toprak kalite göstergesidir (Chaudhari *et al*. 2013). Toprak sıkışması toprağın verimliliğini ve kalitesini sınırlandıran önemli toprak özelliklerinden olup, toprak sıkışması çeşitli dış etkenler nedeniyle yapı içindeki boşlukların azalması ve böylece toprak hacim ağırlığının artmasıdır (Yüksel ve Akbolat 2019). Çalışma alanı topraklarında; HA içeriği ile TKİ arasında ilişki incelendiğinde iki parametre arasında 0,01 önem seviyesinde orta derece de kuvvetli negatif ilişki ($r= -0.446$ $p<0,01$) tespit edilmiştir. Bu durum Yüksel ve Akbolat (2019) tarafından beyan edilen; HA içeriğinin artması sonucunda toprakta meydana gelen bozulmaları ve bu bozulmalar sonucunda TKİ nin düşük değerler alacağını doğrular niteliktedir. Toprak organik madde (TOM) içeriği toprak kalitesi ve sürdürülebilir ekojeomorfolojik sistemlerin en önemli göstergesidir (Sparling 1991, Imeson 1995) ve birçok toprak özelliğinin sürdürülebilirliğinde ve iyileştirilmesinde hayati öneme sahiptir (Obalum *et al.* 2017).

Pardini *et al*. (2000) ve Nunes (2011) toprak organik madde içeriğinin sınır değerinin %1,70 olmasını, çölleşme ve arazi bozulumunun başlangıcı olarak nitelendirmişlerdir. Buna göre, çalışma alanı toprakları değerlendirildiğinde ortalama %4,94 oranındaki ortalama TOM içeriği alada arazi bozulumunun düşük olduğunu göstermektedir. Nitekim TKİ ile TOM içeriği arasında tespit edilen zayıf negatif ilişki ($r= -0.207$ $p<0,05$) bu durumu desteklemektedir. Çalışma alanı doğal orman niteliğindedir ancak çevre yöre halkı rekreasyonel faaliyetler için alanının belli bölgelerini kullandığından az da olsa antropojenik etki söz konudur. Bu durum bazı örnekleme noktalarında toprak özelliklerinin bozulmasına ve dolayısıyla toprak kalitesinin düşmesine neden olmuştur. Ayoubi *et al*. (2011) ise, Kuzey İran'da Goleston kentinde farklı arazi kullanımında toprak kalite indeksi göstergelerinden TOM, suya dayanıklı agregat ve toplam azot özelliklerini incelemiş ve ağaçlandırma yapılan alanlarda toprak kalite indeksi özelliklerinin iyileştiğini belirlemişlerdir.

Çalışma alanında bulunduğu çam ormanı yaklaşık olarak 80-110 yaşındaki karaçam bireylerinden oluşmaktadır. Bu kapsam da alanda bitki kapalılığı, bitki örtüsü tipi gibi vejetasyon kalite indeksi özelliklerinin yanı sıra erozyondan korunma ve arazi

bozulumuna etki eden toprak kalite indekslerinden tekstür, TOM, EC ve pH gibi toprak özellikleri iyidir. Bu kapsamda çalışma alanında tespit edilen yüksek kalite indeksi değerleri alanın arazi bozulumuna karşı dirençli olduğunu göstermektedir. Nitekim Gonzalez (2001), ormanların toprak erozyon kontrolü, yağışların depolanması, karbon bağlama ve bitki ve hayvan türleri için habitat oluşumu da dahil olmak üzere çok sayıda ekosistem hizmetlerini sağlaması nedeniyle çölleşme ve iklim değişikliğine karşı kendi savunma mekanizmaları olduğunu belirtmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman ekosistemlerinde toprak kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi çevre kalitesinin sürdürülmesi ve gelecek nesillere aktarılması bakımından kritik öneme sahiptir. Ormancılık alanında, yetişme ortamı özelliklerinden en önemlileri arasında yer alan toprak ile ilgili yapılan çalışmalar göstermiştir ki, toprak özelliklerinde meydana gelen bozulmalar hem ekosistemin sürdürebilirliğini hem de vejetasyon özellikleri gibi diğer kalite göstergelerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kapsamda tez çalışması, Çankırı ili Eldivan ilçesinde bulunan yaklaşık 367 ha'lık bir alan içerisinde yer alan yarı kurak iklim özelliğine sahip bulunan Çankırı Karatekin Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Ormanı'nın toprak kalitesi bakımından değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma alanında daha önceden belirlenmiş olan 98 noktada yüzey örneklemesi yapılmış ve toprak özellikleri kullanılarak çalışma alanının toprak kalitesi tespit edilmiştir.

Dağlık arazi sınıfına giren çalışma alanın %92 lik (340, 86 ha) kısmında TKİ değerleri yüksek değerler almıştır. Bu durum çalışma alanı genelinin iyi ve verimli topraklardan oluştuğunu göstermektedir. Nitekim toprak kalitesinin yüksek ve orta kalite olduğu bu alanlarda bitki örtüsü özellikleri iyi durumdadır. Yaklaşık %7 lik (26,14) kısmında toprak kalitesi düşüktür. Bu durum topoğrafik yapıdan kaynaklı olarak yer yer yüksekli, eğim ve bakıya bağlı olarak toprak derinliğinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma alanında çok düşük TKİ ye sahip alanlar bulunmamaktadır. Ancak bu durum sürdürülebilirliğin sağlanması bakımından yine dikkate alınması gereken bir durum olup, çalışma alanında yine de koruma tedbirlerinin alınması gerekmektedir.

Kurak ve yarı kurak alanlarda toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılacak toprak özeliklerine ilişkin alt indislerin seçilmesi önemlilik arz etmektedir. Bu tez çalışması kapsamında TKİ ile toprağın fiziksel özelliklerinden tekstür ve hacim ağırlığı (HA) ile kimyasal özelliklerinden pH ve toprak organik madde içeriği (TOM) arasında tespit edilen ilişkiler bu toprak özelliklerin TKİ nin belirlenmesinde indikatör toprak özelliği olarak kullanılabilir. Bu durum literatür de yer alan bilgiler ile paralellik göstermektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar özetlenecek olursa;

- ✓ Günümüzde küresel iklim değişikliğinin, çölleşme ve arazi bozulumu gibi çevresel problemler göz önünde bulundurularak orman alanlarının korunması gerekmektedir.
- ✓ Çalışma kapsamında örnekleme deseni ve örnek sayısı çalışma alanını en iyi şekilde temsil edecek nitelikte olmalıdır. Değerlendirmede kullanılan veri, verinin niteliği-niceliği ve çalışma alanının ölçeği de dikkate alınması gereken önemli hususlar arasındadır.
- ✓ Toprak kalitesi indeksinin belirlenmesinde kullanılacak olan toprak kalitesi kriter ve göstergeleri alana özgü yöresel verilerden seçilmelidir.
- ✓ Toprak kalitesinin belirlenmesinde kullanılan toprakların tekstür sınıflarına ek olarak toprak kalitesinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olan toprakların TOM içeriği ve HA de başlıca belirlenmesi gereken özelliklerdendir.

Sürdürülebilir orman varlığı açısından toprak kalitesinin belirlenmesi tek başına yeterli değildir. Bu kapsamda incelenen alanların vejetasyon kalite indeksi ve iklim kalite indeksi de incelenerek kalite indeksleri arasındaki çoklu etkileşim de dikkate alınmalıdır. Bu durum yetişme ortamının birlikte değerlendirilmesini ve buna göre koruma tedbirlerinin alınmasına olanak sağlayacaktır. Bu çalışmaların devamı olarak belirlenen noktalarda bulunan ağaç türlerinde çap ve boy ölçümleri yapılarak ağaç türlerinin gelişimi toprak kalitesi ile paralel olarak değerlendirilebilir. Bu durum kaliteli topraklar üzerinde yetişen odunsu taksonların gelişimi ve ormanın verimliliği hakkında bilgi verecektir.

Sonuç olarak; ülke ölçeğinde toprak kalitesinin belirli periyotlarla belirlenmesi orman varlığının devamlılığı ve sürdürülebilirlik bakımından olası değişimleri kıyaslama imkânı ve topraktaki bu değişimlerin boyutunu ve nedenlerini izlenmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Aksoy, B. R. 2016. MEDALUS modeli ile arazi degradasyonu ve çölleşme riskinin belirlenmesi örnek çalışma; İnebolu Havzası, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi

Alagöz, Z., Yılmaz, E., Öktüren, F. 2006. Organik Materyal İlavesinin Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(2),245-254.

Allan, D.L., Adriano, D.C., Bezdicek, D.F., Cline, R.G., Coleman, D.C., Doran, J., Haberern, J., Harris, R.G., Juo, A.S.R., Mausbach, M.J., Peterson, G.A., Schuman, G.E., Singer, M.J., Karlen, D.L. 1995. SSSA Statement on Soil Quality. Agronomy News, p.7.

Altıkat, S., Çelik, A. 2009. Toprak Đşleme Sistemlerinin Önemli Bazı Toprak Kalite Kriterlerine Olan Etkileri. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi. 16 (B) 33-41 ISSN:1307-3311

Amacher, M. C., O'Neill K., Perry C.H., 2007. Soil Vital Signs: A New Soil Quality Index (SQI) for Assessing Forest Soil Health. Soil Vital Signs: A New Soil Quality Index (SQI) for Assessing Forest Soil Health. Research Paper RMRSRP-65WWW

Andrews, S., Karlen, D., Cambardella, C., 2004. The Soil Management Assessment Framework: A Quantitative Soil Quality Evaluation Method. Soil Sci. Soc. Am. J. https://doi.org/10.2136/sssaj2004.1945

Ayoubi, S., Khormali, F., Sahrawat, K. L. and Rodrigues de Lima, A. C. 2011. Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a loessial soil in Golestan Province, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 13, 727-742.

Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H. 1998. Forest ecology, Fourth Edition, John Wiley and Sons, New York.

Bayram, M., Günal, H., ve Özgöz, E. 2015. Sürdürülebilir Toprak İşleme Yöntemlerinin Belirlenmesinde Toprak Kalitesi Değerlendirmelerinin Önemi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(3), 337-346.

Bayramin, İ. 2003. Beypazari topraklarinin MEDALUS metoduna göre toprak kalite indekslerinin belirlenmesi. Harran. Üniversitesi. Z.F.Dergisi, 7 (3-4):29-35.

Bird, S.B., Herrick, J.E, Wander, M.M and Murray, L., 2007. Multi-Scale Variability İn Soil Aggregate Stability: Implication For Understanding And Predicting SemiArid Grassland Degredation., Science Direct, Geoderma 140 (2007) 106- 118.

Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Am. Soc. Agron., Monograph 9, pp. 363–375.

Bone J, Head M, Barraclough D, Archer M, Scheib C, Flight D, Voulvoulis N (2010). Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. Environment International, 36: 609–622.

Brady, N.C. and Weil, R.R. 1999. The nature and properties of soils, Twelfth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Cassel, D.K. and Nielsen, D.R.1986. Field capacity and available water capacity, pp. 901–926, A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1, (2nd edn). ASA and SSSA, Madison, WI.

Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H., Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich, E.G., Carter, M.R. (Eds.), Developments in Soil Science. Elsevier, pp. 1-19 (Chapter 1).

Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., and Maity, S., 2013. Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Coimbatore Soil. ,. Int. J. Sci. Res. Publ. 3(2).

Çakır, M. Akburak, S. Sargıncı, M. 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam *(Pinus nigra Arnold*.) Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri, TÜBİTAK TOVAG, 215O572 Numaralı Proje, 139 syf, Ankara.

Çakır, M., Günlü, A., Şenyurt, M., Ercanlı, İ., 2020. ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanının Yetişme Ortamı Sınıflandırılması ve Haritalanması, ÇAKÜ BAP, Proje No: OF200217B55.

ÇEM, 2017. Türkiye Çölleşme Modeli Teknik Özet, "Türkiye Çölleşme Modeli, Teknik Özet", Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. ÇEM. 2017, Ankara,Türkiye.

Çepel, N. 1995. Orman ekolojisi. Üniversite Yayın No: 3886. ISBN 975-404-398-1,520 syf, İstanbul.

Çepel, N. 1998. Ormanların Erozyon Üzerindeki Etkileri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 1017 Açıköğretim Fakültesi Yayınları No: 560. ISBN 975-492-766-9. S: 145-161.

Dick, R.P., 1992. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. Agric. Ecosyst. Environ. 40, 25±36.

Dindaroğlu, T. 2011. Kuzgun Baraj Gölü Ve Çevresinde Doğal Kaynak Envanterinin Tespiti İle Toprak ve Su Kalitesi Yönünden Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Dindaroğlu, T., Canbolat., M. 2013. Yeni Toprak Kalite İndeks Değerlerine Göre Orman Toprak Sağlığının İzlenmesi: Kuzgun Havzası Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi. 16(4).

Doran, J.W., Parkin T.B. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran JW et al. (ed), Defining Soil Quality for Sustainable Environment, SSSA Spec. Pulbl. 35, Madison, WI, 3-22.

Doran, J.W., Safley, M., 1997. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: Pankhurst, C., Doube, B.M., Gupta, V. (Eds.), Biological Indicators of Soil Health. CAB International, Wallingford, pp. 1–28.

Doran, J. W., and Zeiss, M. R. 2000. Soil Health And Sustainability: Managing The Biotic Component Of Soil Quality. Applied Soil Ecology, 15(1), 3-11.

Dölarslan, M., Gül, E. 2012. Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 5 (2): 56-59.

Ercan, M. 1997. Bilimsel araştırmalarda istatistik, Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi No:6, ISSN: 1300-3933, İzmit.

Ergene, A. 1993. Toprak Biliininin Esasları Atatürk Üniv, Yay. No:586 Ziraat Fak.Yay. No: 267 Ders Kitapları Serisi No: 42, Erzurum.

Eruz, E. (1979) Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 29, 2, 112-120.

Everest, T., Sungur, A., Özcan, H. 2019. MEDALUS Yöntemi Kullanılarak Karacabey Tarım İşletmesi Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1): 120–131.

FAO, 1990. Micronutrient assessment at the country level: an international study. FAO soils bulletin (63) by Mikko Sillanpaa, Rome, 208 pp.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-size Analysis. P. 383 - 411. In A.L. Page (ed.). Methods of soil analysis, Part1, Physical and mineralogical methods. Second Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.

Gonzalez, P. 2001. Desertification and a shift of forest species in the West African Sahel. Climate Research, 17(2), 217-228.

Göl, C., Yılmaz, H., Ediş, S. 2010. Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı Topraklarının Bazı Özellikleri ve Sınıflandırılması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, syf: 941-952, Artvin.

Gül, E. 2015. Yarı-Kurak Alanlarda Çölleşme Risk Haritasının Oluşturulması: Çankırı-Sarıkaya Örneği, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Çankırı.

Gülnar, M., ve Barik, K. 2019. Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Podzolik Toprakların Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50(2), 128-135.

Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations. Environmental Soil Physics, 771 p. Academic Press.

Imeson, A. 1995. The physical, chemical and biological degradation of the soil. In E. Fantechi, D. P. Denis, P. Balabanis, & J. I. Rubio (Eds.), Desertification in a European Context: Physical and socio-economic aspects (pp. 153e168). European Commission, Directorate-General Science, Research and Development, EUR 151415EN.

Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prince Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J., USA

Kantarcı, M.D. 2000. Toprak İlmi. Orman Fakültesi Fakülte Yayın No:462, İstanbul Üniversitesi Yayın No:4261, ISBN: 975-404-588-7, İstanbul.

Karaman, R. Brohi, A. Müftüoğlu, M. Öztaş, T. Zengin, M. 2007. Sürdürülebilir toprak verimliliği, Detay yayıncılık, ISBN:978-975-8629-49-7, Ankara.

Karlen, D.L. Stott, D.E. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. SSSA Special Publication No. 35. SSSA Madison, WI, pp. 53–72.

Karlen, D.L. Mausbach, M.J. Doran, J.W. Cline, R.G., Harris, R.F. Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61, 4-10.

Karlen, D.L. Ditzler, C.A. Andrews. S.S. 2003. Soil quality: why and how?, Geoderma, National Soil Survey Center, 100 Centennial Mall North, Lincoln, NE 68508-3866, USA 145 – 156

Kavdır, Y. Camcı Çetin, S. Öztürkmen, A. Öztürk, H.S. 2006. Sürdürülebilir Rekabet Avantajı Elde Etmede Organik Tarım Sektörü Sektörel Stratejiler Ve Uygulamalar, Bölüm 9; Organik Tarımda Ve Toprak Kalitesinin Önemi, S.S: 192-1993.

Kemper, W. D. Rosenau, R. C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Klute A. (ed), Methods of soil analysis, part 1. Agron. Monog. 9. ASA, Madison, WI.

Kezik, U. ve Altun, L. 2015. Üretim Çalışmalarının Toprak Kalitesi ve Ekosistem Sağlığına Olası Etkileri, Üretim işlerinde hassas ormancılık sempozyumu, 4-6 Haziran 2015, Ilgaz.

Kılıç, M., Brohi, A.R., Durak, A. 1991. Toprak Bilimi. Cumhuriyet Üniversitesi, Tokat Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 196 syf, Tokat.

Kılınç, M. Kutbay, G. Yalçın, E. ve Bilgin, A. 2006. Bitki ekolojisi ve bitki sosyolojisi uygulamaları. Palme Yayınevi, ISBN: 975-8982-98-2. Ankara.

Koca, Y., Acar, M., Turgut, Y.Ş. 2019. Tarım topraklarının jeoistatistiksel modelleme ile kalitesinin değerlendirilmesi, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23(4): 489-499.

Kosmas C. Ferrara A. Briasouli H. and Imeson A. 2000. Methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification. In The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Edited by: C. Kosmas, M.Kirkby, N.Geeson. European Union 18882. pp:31-47 ISBN 92-828-6349-2.

Kosmas, C. Tsara, M. Moustakas, N. Kosma, D. Yassoglou, N. 2006. Environmentally sensitive areas and indicators of desertification, in: Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue.

Larson, W.E. Pierce F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality, in evaluation for sustainable land management in the developing world. IBSRAM Proceedings 12(2), vol. 2, Bangkok, Thailand. International Board for Soil Research and Management.

Lewandowski, A. Zumwinkle, M. Fish, A. 1999. Assessing the soil system: a review of soil quality literature. Minnesota Dept. Of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture Program, St. Paul.

Liu, J. Wu, L. Chen, D. Yu, Z. Wei, C. 2018. Development of a soil quality index for Camellia oleifera forestland yield under three different parent materials in Southern China. Soil & Tillage Research, 176, 45-50.

LULUCF. 2006. Land Use Land Use Change And Forestry İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Raporu s.15 Ankara.

Malgwi W B.and Abu S T. (2011). Variation in Some Physical Properties of Soils Formed on a Hilly Terrain under Different Land use Types in Nigerian Savanna. International Journal of Soil Science 6(3): 150-163.

Masto, R. E. Chhonkar, P. K. Singh, D. Patra, A. K. 2008. Alternative soil quality indices for evaluating the effect of intensive cropping, fertilisation and manuring for 31 years in the semi-arid soils of India. Environmental Monitoring and Assessment, 136,419-435.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. 224, 1159 p, Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. Agronomy No: 9. 199-Madison, Wisconsin USA.

Menteşe, S. 2017. Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su Ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(53).

Miyamoto, S. Martinez, I. Padilla, M. Portillo, A. 2004, Landscape Plant Lists for Salt Tolerance Assessment, Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center at El Paso Texas Agricultural Experiment Station.

Mulla, D. J. and McBratney, A. B. 2000. Soil spatial variability. Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, A321-A352.

Nunes, A. N. De Almeida, A. C. and Coelho, C. O. 2011. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. Applied Geography, 31(2), 687-699.

Nortcliff, S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. Agriculture Ecosystems and Environment 88, 161-168.

Obalum, S.E. Chibuike G.U. Peth, S. Ouyang, Y. 2017. Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. Environental Monitoring and Assessment, 189: 176

Ott, R.L. 1993. An introduction to statistical methods and data analysis, 4th ed. Duxbury Press, Belmont, CA.

Oztas, T. Koc, A. Comakli, B. 2003. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. Journal of Arid Environments, 55(1): 93-100.

Öztaş, T. 2002. Assessment of Soil Quality. In: International Conference on Sustainable Land Use and Management, 10-13 June 2002, Çanakkale, 484-485.

Özkan, K. 2009. Toprağın Tarla Kapasitesi Değişiminin Toprak Türüne Göre Temel Bileşenler Regresyon Analizi İle Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Sayı: 2, Sayfa: 1-9

Özulu, M. Özaytekin, H. H. ve Uyanöz, R. (2006). Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesinde Farklı Yaklaşımlar. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 20(40), 1-8.

Papendick, R.I. and Parr J.E. 1992. Soil quality the key to a sustainable agriculture. Amer. J. Altern. Agric. 7, pp. 2–3.

Pardini, G. Dunjó, G., Barrena, R. and Gispert, M. 2000. Land use effects on soil response to runoff generation and sediment yield in the Serra de Rodes catchment, Alt Emporà, NE Spain. In J. L. Rubio, S. Asins, V. Andreu, J. M. Paz, & E. Gimeno (Eds.), Man and soil at the third millennium (pp. 290e298). Valencia: ESSC- European Society of Soil Conservation, 28 March -1 April.Book of abstracts, Valencia, Spain.

Pansu, M. and Gautheyrou, J. 2006. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and ınorganic methods, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Pierce, F.J. and Larson, W.E. 1993. Developing criteria to evaluate sustainable land management. In: Kimble, J.M. (Ed.), Proc. 8th Int. Soil Management Workshop: Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use. May 1993, USDA-SCS, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, pp. 7-14.

Power, J.F., 1996. Requirements for a sustainable agriculture for the next generation. In: Nath, B., et al. (Eds.), Proceedings of the International Conference on Environmental Pollution, Vol. 1. Held 15–19 April, 1996 in Budapest, Hungary. Publ., European Centre for Pollution Research, University of London, London E1 4NS, UK, pp. 92–98.

Powers, R.F. Tiarks A.E. Boyle J.R. 1998. Assessing soil quality: practicable standards for sustainable forest productivity in the United States. In: Davidson, E.A., Adams, M.B., Ramakrishna, K. (Eds.), The contribution of soil science to the development and implementation of criteria and indicators of sustainable forest management. SSSA Special Publication No. 53, SSSA, Madison, WI, pp. 53–80.

Powlson, D.S. Brookes, P.C. Christensen, B.T. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides and early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. Soil Biol. Biochem. 19, 159-164.

Riquier, J. Bramao, L. and Cornet, S.P. 1970. A new system or soil appraisal in terms of actual and potential productivity: FAO Soil Resources No 38. Rome. Italy.

Rubner, K. 1949. Die Waldgesellschaften in bayern forstwirtschaftliche, Praxis Heft 4, München.

Sağlam, M. 2013. Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ile Toprak Özelliklerinin Gruplandırılması, Toprak Su Dergisi, 2(1):7-14.

Sarıyıldız, T. ve Küçük, M. 2004. Toprak asitliliği üzerinde ağaç türleri, tepe yapıları ve mevsimlerin etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 5(2), 220-231.

Sauchelli, V. 1965. Phasphates in Agriculture. Reinhold Publisning Corp. New York, Chapman and Hall, ltd., London.

Sever, H. ve Makineci, E. 2008. Ağaçlı-İstanbul Maden Sahalarında Sahil Çamı *(Pinus Pinaster Aiton.)* Ağaçlandırmalarında Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. A(2); 136-146.

Shukla, M.K. Lal, R. Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis, Soil & Tillage Research 87 (2006) The Ohio State University, Columbus, OH 43210-1085, Los Alamos National Laboratory, NM, USA 194–20.

Singh, K.K. Colvin, T.S. Erbach, D.C. Mughal, A.Q. 1992. Tilth index: An approach to quantifying soil tilth, Transactions of the ASAE, 35(6): 1777- 1785.

Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. USDA. Handbook No:18. Washington D.C

Sparling, G. D. 1991. Organic matter carbon and microbial biomass as indicators of sustainable land use. Technical Papers. In C. R. Elliot, M. Latham, & J. Dumanski (Eds.), Evaluation for sustainable and management in the developing world, Vol. 2. Bangkok, Thailand: IBSRAM. Proceedings No. 12, IBSRAM.

SPSS Institute Inc. 2012. SPSS Base 20.0 User's Guide, IBM Software group, USA.

Stork, N.E. Eggleston, P. 1992. Invertebrates as determinates and indicators of soil quality. American Journal of Alternative Agriculture, 7(1-2), 38-47.

Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, 38(1), 55-94.)

Tunçay, T. ve Dengiz, O. 2017. Yarı Nemli Ilıman İklim Koşullarında Farklı Eğim ve Farklı Arazi Örtüsü Altında Toprak Gelişimi ve Agregat Stabilitesi Değişimi. Toprak Su Dergisi, 6 (1): (36-43).

Tunç, T. 2019. Çankırı Eldivan Yöresinde Farklı Gelişme Çağlarındaki Anadolu Karaçamı Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.

Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ülgen, N. ve Yurtsever, N. 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Teknik Yayınlar Serisi No.28. Ankara.

Warkentin, B.P. and Fletcher, H.F. 1977. Soil quality for intensive agriculture. Intensive Agriculture Society ofScience, Soil and Manure. Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and FertilizerManagement. National Institute of Agricultural Science, Tokyo, pp. 594–598.D.L. Karlen et al. / Geoderma 114 (2003) 145–156156.

Wehner, M. F. 2000. A method to aid in the determination of the sampling size of AGCM ensemble simulations. Climate dynamics, 16(5), 321-331.

Wiersma, J.H. 1963. A new method of dealing with results of provanencetest, Silvaegenetica 12.

Yakupoğlu, T. Şişman, A.Ö. Gündoğan, R. 2015. Toprakların Agregat Stabilitesi Değerlerinin Yapay Sinir Ağları ile Tahminlenmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2: 83-92.

Yücetürk, G. 2010. Yapay mermerde kullanılan kuvars ve kalsit minerallerinin fiziko-meknik özellikleri. Süleyman Demirel University, International Journal of Technological Science, 2(3),72-80.

Yüksel, İ. ve Akbolat, D. 2019. Rototiller İlerleme Hızının Toprak Sıkışması ve Bazı Toprak Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 14 (2):186-193.

EKLER

Ek 1. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı fiziksel analiz sonuçları
Ek 2. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı kimyasal analiz sonuçları
Ek 3. Çalışma alanı TKİ değerleri ve toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri

Ek 1. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı fiziksel analiz sonuçları

Örnek No	Bünye (%)				TK (%)	SN (%)	YS (%)	HA ($g.cm^{-3}$)	SDA (%)
	Kum	Kil	Silt	Sınıf					
1	54	32	14	KuKB	33,62	22,30	11,32	1,30	73,97
2	61	29	10	KuKB	36,58	29,23	7,35	1,37	86,75
3	66	27	7	KuKB	42,60	30,45	12,15	1,54	83,44
4	49	37	14	KuK	32,57	18,53	14,04	1,32	62,89
5	51	32	17	KuKB	29,13	18,64	10,50	1,54	72,69
6	54	32	14	KuKB	29,80	21,23	8,57	1,41	83,82
7	46	34	20	KuKB	31,81	29,28	2,53	0,75	72,10
8	39	47	14	K	33,72	33,35	0,37	1,10	93,38
9	56	29	15	KuKB	35,50	26,88	8,62	0,97	75,45
10	39	32	29	K	34,03	31,11	2,92	1,09	88,97
11	51	34	15	KuKB	33,82	30,80	3,02	1,24	88,15
12	54	39	7	KuK	42,23	35,49	6,74	1,29	89,38
13	51	29	20	KuKB	27,70	26,07	1,63	1,11	83,11
14	44	42	14	K	30,70	29,58	1,12	1,27	97,36
15	51	32	17	KuKB	28,87	22,45	6,42	0,89	92,05
16	39	28	33	K	29,38	27,24	2,14	0,69	89,84
17	39	46	15	K	34,27	30,30	3,97	1,25	83,97
18	57	26	17	KuKB	34,88	23,07	11,81	1,06	70,59
19	44	33	23	K	35,29	33,45	1,83	1,28	67,59
20	47	38	15	KuK	30,04	22,20	7,84	1,35	83,40
21	57	31	13	KuKB	38,34	26,32	12,02	1,23	80,00
22	54	28	18	KuKB	32,38	20,42	11,97	1,28	86,46
23	49	33	18	KuKB	32,74	22,91	9,83	1,09	86,58
24	57	26	17	KuKB	39,00	25,41	13,59	1,15	91,40
25	56	26	18	KuKB	42,72	31,16	11,56	0,94	82,57
26	39	46	15	K	39,15	26,68	12,47	1,13	61,50
27	39	43	18	K	34,57	23,47	11,10	0,78	51,44
28	49	28	23	KuKB	35,08	32,79	2,29	0,90	93,70
29	54	31	15	KuKB	34,98	30,75	4,23	1,29	97,36
30	59	28	13	KuKB	33,24	24,80	8,44	1,70	67,27
31	57	28	15	KuKB	44,79	17,41	27,38	1,38	59,19
32	47	38	15	KuK	38,11	12,53	25,58	1,23	62,35
33	52	30	18	KuKB	34,38	16,65	17,73	1,34	73,46
34	39	41	20	K	46,41	27,57	18,84	1,25	83,98
35	29	31	40	K	37,04	25,97	11,07	1,16	79,69
36	49	33	18	KuKB	41,07	28,19	12,88	1,33	75,88
37	44	41	15	K	33,36	25,42	7,94	1,00	86,50
38	47	33	20	KuKB	36,51	26,97	9,54	1,50	83,64
39	42	38	20	K	34,38	28,44	5,94	1,38	88,51
40	57	31	12	KuKB	30,85	18,60	12,25	1,29	83,04
41	49	33	18	KuKB	36,87	19,54	17,33	1,41	91,77
42	29	41	30	K	35,05	24,09	10,96	0,90	85,78
43	42	41	17	K	37,92	23,39	14,53	1,45	79,82
44	42	38	20	K	41,64	26,20	15,44	1,13	85,84
45	39	38	23	K	36,01	27,42	8,58	1,34	93,91
46	32	43	25	K	35,05	28,23	6,82	1,03	87,14

K: Kil, KT: Killi Tın, SK: Siltli Kil, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YS: Yarayışlı Su İçeriği, HA: Hacim Ağırlığı, AS: Agregat Stabilitesi

Ek 1. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı fiziksel analiz sonuçları (devam)

Örnek No	Bünye (%)				TK (%)	SN (%)	YS (%)	HA ($g.cm^{-3}$)	SDA (%)
	Kum	Kil	Silt	Sınıf					
47	42	41	17	K	33,91	28,01	5,90	1,38	84,47
48	47	38	15	KuK	41,45	27,90	13,55	1,26	58,12
49	53	32	15	KuKB	36,77	25,29	11,48	1,55	89,29
50	41	42	18	K	38,59	22,09	16,50	1,08	82,19
51	22	51	27	K	38,00	24,30	13,71	0,91	85,20
52	32	51	17	K	23,38	15,02	8,36	0,75	80,79
53	44	36	20	K	35,55	24,16	11,39	1,16	64,53
54	47	43	10	KuK	34,76	31,79	2,98	1,21	77,42
55	26	57	18	K	32,57	30,68	1,90	1,37	82,20
56	41	37	23	KB	35,11	30,68	4,44	1,00	68,49
57	19	56	25	K	32,66	20,29	12,37	1,13	86,29
58	24	48	28	K	32,66	31,66	1,00	0,89	95,09
59	52	31	17	KuKB	43,52	26,65	16,87	1,71	72,84
60	41	42	18	K	32,22	23,38	8,84	1,00	88,89
61	58	32	10	KuKB	44,05	25,23	18,81	1,16	77,16
62	37	38	25	K	48,25	11,98	36,27	1,40	54,55
63	57	31	12	KuKB	40,11	23,04	17,07	1,25	82,79
64	54	31	15	KuKB	33,12	22,10	11,01	1,49	62,39
65	34	46	20	K	35,11	19,05	16,06	1,28	71,65
66	49	36	15	KuK	36,08	11,84	24,24	1,32	53,40
67	42	41	17	K	37,38	21,75	15,63	1,02	61,86
68	37	41	22	K	42,52	28,15	14,37	1,23	76,69
69	49	38	13	KuK	40,25	23,41	16,84	1,43	52,36
70	52	36	12	KuK	40,85	28,03	12,82	1,18	89,71
71	47	31	22	KuKB	33,63	22,53	11,10	1,10	70,25
72	27	51	22	K	33,21	18,76	14,45	1,28	73,52
73	42	38	20	K	27,51	22,73	4,78	1,63	85,85
74	37	43	20	K	33,07	20,45	12,62	1,09	63,18
75	42	41	17	K	32,75	32,73	0,02	1,53	79,72
76	49	41	10	KuK	37,42	19,79	17,63	1,50	60,29
77	29	46	25	K	35,25	31,46	3,79	1,22	79,15
78	54	26	20	KuKB	31,50	17,08	14,41	1,47	48,87
79	44	38	18	K	37,80	21,45	16,34	1,20	76,82
80	34	43	23	K	42,23	30,15	12,08	1,17	73,11
81	39	33	28	K	37,92	21,37	16,55	1,33	58,56
82	32	33	35	K	35,50	24,88	10,63	1,27	60,52
83	37	44	19	K	34,56	23,73	10,83	1,26	66,42
84	57	29	14	K	42,44	21,08	21,36	1,44	69,69
85	34	49	17	K	42,54	30,35	12,19	1,16	72,47
86	37	44	19	K	40,02	29,10	10,92	0,96	87,30
87	42	39	19	K	38,66	21,57	17,08	1,18	80,68
88	34	49	17	K	32,46	29,00	3,46	1,10	84,56
89	47	32	21	KuKB	38,24	29,00	9,23	1,22	81,89
90	64	29	7	KuKB	42,54	20,89	21,66	1,56	70,33
91	51	34	15	KuKB	37,71	36,18	1,53	1,18	87,54
92	51	37	12	KuKB	38,87	27,04	11,83	1,32	68,18

K: Kil, KT: Killi Tın, SK: Siltli Kil, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YS: Yarayışlı Su İçeriği, HA: Hacim Ağırlığı, AS: Agregat Stabilitesi

Ek 1. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı fiziksel analiz sonuçları (devam)

Örnek No	Bünye (%)				TK (%)	SN (%)	YS (%)	HA ($g.cm^{-3}$)	SDA (%)
	Kum	Kil	Silt	Sınıf					
93	54	34	12	KuKB	42,86	19,03	23,82	1,46	99,96
94	47	34	19	KuKB	35,82	14,64	21,18	1,03	79,71
95	26	57	18	K	44,75	13,39	31,36	1,37	95,09
96	41	37	23	KB	39,60	11,71	27,89	1,00	72,84
97	42	41	17	K	48,32	13,29	35,03	1,53	48,87
98	39	33	28	K	46,32	11,97	34,36	1,33	69,69

K: Kil, KT: Killi Tın, SK: Siltli Kil, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YS: Yarayışlı Su İçeriği, HA: Hacim Ağırlığı, AS: Agregat Stabilitesi

Ek 2. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	pH	Sınıfı	EC (dS/m)	Tuz (%)	Sınıfı	$CaCO_3$ (%)	Sınıfı	TOM (%)	Azot (%)	YP (ppm)
1	6,90	Hafif Asit	0,2004	0,11	Tuzsuz	4,92	Orta Kireçli	2,37	0,12	0,145
2	6,77	Hafif Asit	0,1141	0,06	Tuzsuz	1,43	Kireçsiz	5,82	0,29	0,131
3	6,77	Hafif Asit	0,1146	0,06	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	2,70	0,14	0,124
4	6,06	Hafif Asit	0,0685	0,04	Tuzsuz	1,43	Kireçsiz	4,58	0,23	0,126
5	6,06	Hafif Asit	0,0652	0,03	Tuzsuz	0,95	Kireçsiz	2,31	0,12	0,134
6	5,90	Orta derecede asit	0,0654	0,03	Tuzsuz	0,95	Kireçsiz	2,67	0,13	0,119
7	6,35	Hafif asit	0,1263	0,07	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	5,75	0,29	0,139
8	6,30	Hafif asit	0,0996	0,05	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	6,50	0,33	0,118
9	6,83	Hafif asit	0,1731	0,09	Tuzsuz	2,21	Az Kireçli	5,23	0,26	0,129
10	6,13	Hafif asit	0,0851	0,04	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	7,27	0,36	0,115
11	6,09	Hafif asit	0,0980	0,05	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	6,41	0,32	0,116
12	6,13	Hafif asit	0,0937	0,05	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	6,77	0,34	0,146
13	5,90	Orta derecede asit	0,0796	0,04	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	4,04	0,20	0,124
14	6,44	Hafif asit	0,0841	0,04	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	2,00	0,10	0,122
15	5,77	Orta derecede asit	0,1800	0,11	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	6,75	0,34	0,161
16	5,31	Orta derecede asit	0,4260	0,23	Hafif tuzlu	1,58	Kireçsiz	20,42	1,02	0,162
17	5,74	Orta derecede asit	0,1618	0,09	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	8,88	0,44	0,133
18	6,23	Hafif asit	0,9520	0,05	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	2,94	0,15	0,116
19	6,60	Hafif asit	0,1569	0,08	Tuzsuz	22,12	Çok Kireçli	4,98	0,25	0,119
20	6,12	Hafif asit	0,0668	0,03	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	6,30	0,32	0,115
21	6,19	Hafif asit	0,1128	0,06	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	5,41	0,27	0,252
22	6,82	Hafif asit	0,1665	0,09	Tuzsuz	0,16	Kireçsiz	2,40	0,12	0,24
23	6,04	Hafif asit	0,1100	0,06	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	7,04	0,35	0,109
24	6,17	Hafif asit	0,0869	0,05	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	3,46	0,17	0,147
25	6,13	Hafif asit	0,0964	0,05	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	3,88	0,19	0,138
26	6,26	Hafif asit	0,1019	0,05	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	4,02	0,20	0,152
27	5,56	Orta derecede asit	0,0814	0,04	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	8,92	0,45	0,16
28	7,23	Hafif Alkalin	0,1677	0,09	Tuzsuz	5,21	Orta Kireçli	4,79	0,24	0,12
29	6,12	Hafif asit	0,1022	0,05	Tuzsuz	0,95	Kireçsiz	4,48	0,22	0,125
30	6,46	Hafif asit	0,0600	0,03	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	1,99	0,10	0,116
31	6,27	Hafif asit	0,0777	0,04	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	5,33	0,27	0,113
32	6,10	Hafif asit	0,1217	0,06	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	9,25	0,46	0,135
33	6,26	Hafif asit	0,0832	0,04	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	6,43	0,32	0,115
34	6,42	Hafif asit	0,1213	0,06	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	9,24	0,46	0,125
35	6,41	Hafif asit	0,0929	0,05	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	4,18	0,21	0,129
36	6,53	Hafif asit	0,0884	0,05	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	4,21	0,21	0,122
37	6,63	Hafif asit	0,0905	0,05	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	5,83	0,29	0,118
38	7,13	Hafif Alkalin	0,1390	0,07	Tuzsuz	4,42	Orta Kireçli	4,41	0,22	0,109
39	7,23	Hafif Alkalin	0,1581	0,08	Tuzsuz	17,38	Çok Kireçli	2,93	0,15	0,27
40	6,45	Hafif asit	0,0756	0,04	Tuzsuz	0,95	Kireçsiz	5,90	0,29	0,141
41	6,75	Hafif asit	0,0137	0,07	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	2,74	0,14	0,102
42	6,06	Hafif asit	0,0935	0,05	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	7,82	0,39	0,132
43	6,33	Hafif asit	0,0687	0,03	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	3,40	0,17	0,105
44	6,33	Hafif asit	0,1007	0,05	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	6,78	0,34	0,121
45	7,01	Nötr	0,0831	0,04	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	4,41	0,22	0,111
46	5,54	Orta derecede asit	0,1307	0,07	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	10,28	0,51	0,127
47	7,02	Nötr	0,1488	0,08	Tuzsuz	4,90	Orta Kireçli	3,86	0,19	0,109
48	6,24	Orta derecede asit	0,0654	0,03	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	4,76	0,24	0,129
49	6,48	Hafif asit	0,0753	0,04	Tuzsuz	1,11	Kireçsiz	1,17	0,06	0,121

$CaCO_3$: Kireç içeriği, EC: Elektriksel İletkenlik, TOM: Toprağın Organik Madde İçeriği, YP: Yarayışlı Fosfor

Ek 2. Çalışma alanı toprak örneklerine ilişkin bazı kimyasal analiz sonuçları (devam)

Örnek No	pH	Sınıfı	EC (dS/m)	Tuz (%)	Sınıfı	$CaCO_3$ (%)	Sınıfı	TOM (%)	Azot (%)	YP (ppm)
50	6,41	Hafif asit	0,1123	0,05	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	4,15	0,21	1,126
51	6,00	Hafif asit	0,0827	0,04	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	7,69	0,38	0,125
52	6,17	Hafif asit	0,1093	0,06	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	3,92	0,20	0,136
53	6,19	Hafif asit	0,8690	0,04	Tuzsuz	2,21	Az Kireçli	3,31	0,17	0,118
54	7,22	Hafif Alkalin	0,0153	0,09	Tuzsuz	12,96	Kireçli	2,40	0,12	0,146
55	6,54	Hafif asit	0,0793	0,04	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	2,02	0,10	0,107
56	6,41	Hafif asit	0,0993	0,05	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	7,51	0,38	0,178
57	6,09	Hafif asit	0,0675	0,03	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	3,45	0,17	0,106
58	5,73	Orta derecede asit	0,1041	0,05	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	6,95	0,35	0,124
59	6,04	Hafif asit	0,0504	0,03	Tuzsuz	2,05	Az Kireçli	1,17	0,06	0,17
60	6,38	Hafif asit	0,0883	0,04	Tuzsuz	2,05	Az Kireçli	0,44	0,02	0,122
61	6,45	Hafif asit	0,0782	0,04	Tuzsuz	2,05	Az Kireçli	1,32	0,07	0,116
62	6,06	Hafif Asit	0,0617	0,03	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	4,54	0,23	0,11
63	6,03	Hafif Asit	0,0520	0,03	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	1,53	0,08	0,178
64	6,62	Hafif Asit	0,0740	0,04	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	2,32	0,12	0,119
65	6,48	Hafif Asit	0,0828	0,04	Tuzsuz	2,21	Az Kireçli	4,99	0,25	0,107
66	6,68	Hafif Asit	0,0589	0,03	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	2,14	0,11	0,106
67	6,27	Hafif Asit	0,1053	0,06	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	5,84	0,29	0,136
68	6,44	Hafif Asit	0,1215	0,06	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	2,95	0,15	0,126
69	6,20	Hafif Asit	0,0930	0,05	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	5,93	0,30	0,135
70	6,53	Hafif Asit	0,1145	0,06	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	4,84	0,24	0,188
71	6,52	Hafif Asit	0,0743	0,04	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	1,64	0,08	0,106
72	6,10	Hafif Asit	0,0928	0,05	Tuzsuz	2,37	Az Kireçli	4,66	0,23	0,114
73	6,48	Hafif Asit	0,0563	0,03	Tuzsuz	2,37	Az Kireçli	1,87	0,09	0,104
74	6,48	Hafif Asit	0,1158	0,06	Tuzsuz	1,42	Kireçsiz	7,78	0,39	0,13
75	6,12	Hafif Asit	0,0498	0,02	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	3,51	0,18	0,128
76	6,59	Hafif Asit	0,4340	0,22	Hafif tuzlu	1,58	Kireçsiz	4,31	0,22	0,184
77	6,73	Hafif Asit	0,0709	0,03	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	4,50	0,22	0,11
78	6,55	Hafif Asit	0,0650	0,03	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	1,55	0,08	0,109
79	6,39	Hafif Asit	0,1097	0,06	Tuzsuz	0,95	Kireçsiz	6,26	0,31	0,122
80	7,18	Hafif Alkalin	0,6880	0,03	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	2,15	0,11	0,106
81	6,34	Hafif asit	0,0586	0,03	Tuzsuz	2,21	Az Kireçli	4,12	0,21	0,139
82	6,39	Hafif asit	0,1155	0,06	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	5,13	0,26	0,131
83	6,41	Hafif asit	0,1251	0,06	Tuzsuz	2,37	Az Kireçli	4,62	0,23	0,117
84	6,25	Hafif asit	0,0926	0,05	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	3,99	0,20	0,107
85	6,50	Hafif asit	0,0795	0,04	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	4,49	0,22	0,116
86	5,57	Hafif asit	0,3670	0,2	Hafif tuzlu	1,90	Kireçsiz	16,39	0,82	0,313
87	6,40	Hafif asit	0,0840	0,04	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	6,09	0,30	0,126
88	6,47	Hafif asit	0,0863	0,04	Tuzsuz	1,74	Kireçsiz	6,18	0,31	0,119
89	6,69	Hafif asit	0,0725	0,04	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	4,44	0,22	0,128
90	6,33	Hafif asit	0,0625	0,03	Tuzsuz	2,05	Az Kireçli	1,35	0,07	0,111
91	6,21	Hafif asit	0,0610	0,03	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	3,95	0,20	0,128
92	6,19	Hafif asit	0,0113	0,06	Tuzsuz	1,26	Kireçsiz	3,46	0,17	0,123
93	7,44	Hafif Alkalin	0,1128	0,06	Tuzsuz	0,32	Kireçsiz	3,41	0,17	0,179
94	6,80	Hafif asit	0,2154	0,11	Tuzsuz	1,46	Kireçsiz	17,68	0,88	0,121
95	6,54	Hafif asit	0,0793	0,04	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	2,02	0,10	0,107
96	6,41	Hafif asit	0,0993	0,05	Tuzsuz	1,90	Kireçsiz	7,51	0,38	0,178
97	6,12	Hafif Asit	0,0498	0,02	Tuzsuz	1,58	Kireçsiz	3,51	0,18	0,128
98	6,34	Hafif asit	0,0586	0,03	Tuzsuz	2,21	Az Kireçli	4,12	0,21	0,139

$CaCO_3$: Kireç içeriği, EC: Elektriksel İletkenlik, TOM: Toprağın Organik Madde İçeriği, YP: Yarayışlı Fosfor

Ek 3. Çalışma alanı TKİ değerleri ve toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri

Örnek No	Tekstür	pH	TOM	TD	Taşlılık	Ana Materyal	$CaCO_3$	EC	SDA	HA	TKİ
1	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	2,00	2,00	1,70	1,00	87,01
2	1,00	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
3	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	0,00	74,01
4	1,20	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	84,75
5	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	0,00	77,97
6	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
7	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	89,27
8	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
9	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,70	2,00	2,00	1,00	92,66
10	1,60	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
11	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	90,96
12	1,20	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	92,09
13	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	79,66
14	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
15	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	90,96
16	1,60	1,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
17	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
18	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	83,62
19	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	87,01
20	1,20	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	92,09
21	1,00	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
22	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
23	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	90,96
24	1,00	2,00	1,00	3,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
25	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	79,66
26	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	81,36
27	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	92,66
28	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,70	2,00	2,00	2,00	1,00	83,05
29	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
30	1,00	2,00	1,00	1,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	0,00	66,67
31	1,00	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	83,62
32	1,20	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	90,40
33	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	89,27
34	1,60	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
35	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
36	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
37	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
38	1,00	2,00	1,00	3,00	0,00	1,70	2,00	2,00	2,00	1,00	88,70
39	1,60	1,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	77,40
40	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	90,96
41	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
42	1,60	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
43	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	83,05
44	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
45	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	83,05
46	1,60	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
47	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	2,00	2,00	2,00	1,00	86,44
48	1,20	2,00	1,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	90,40
49	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	0,00	74,01

pH: Toprak Reaksiyonu, TOM: Toprak Organik Maddesi, TD: Toprak derinliği, $CaCO_3$: Kireç içeriği, EC: Elektriksel İletkenlik, SDA: Suya Dayanıklı Agregat, HA: Hacim ağırlığı, TKİ: Toprak Kalite İndeksi

Ek 3. Çalışma alanı TKİ değerleri ve toprak özelliklerine ilişkin skor değerleri (devam),

Örnek No	Tekstür	pH	TOM	TD	Taşlılık	Ana Materyal	$CaCO_3$	EC	SDA	HA	TKİ
50	1,60	2,00	1,00	3,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
51	1,60	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
52	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	83,05
53	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,70	2,00	1,70	1,00	83,05
54	1,20	1,00	1,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	86,44
55	1,60	2,00	1,00	4,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	100,00
56	1,00	2,00	2,00	3,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	90,96
57	1,60	2,00	1,00	4,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	100,00
58	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
59	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,70	2,00	1,70	0,00	74,01
60	1,60	2,00	0,00	2,00	0,00	1,70	1,70	2,00	2,00	1,00	79,11
61	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
62	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	87,01
63	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	79,66
64	1,00	2,00	1,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	89,27
65	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,70	2,00	1,70	1,00	83,05
66	1,20	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	79,10
67	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	92,66
68	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	83,05
69	1,20	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	90,40
70	1,20	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	80,79
71	1,00	2,00	1,00	4,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	94,92
72	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,70	2,00	1,70	1,00	88,70
73	1,60	2,00	1,00	3,00	0,00	1,70	1,70	2,00	2,00	0,00	84,75
74	1,60	2,00	2,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	98,31
75	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	0,00	77,40
76	1,20	2,00	1,00	3,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	84,75
77	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
78	1,00	2,00	1,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,20	1,00	86,44
79	1,60	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	88,70
80	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	81,36
81	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,70	2,00	1,70	1,00	88,70
82	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	92,66
83	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,70	2,00	1,70	1,00	83,05
84	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	81,36
85	1,60	2,00	1,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	92,66
86	1,60	2,00	2,00	3,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	100,00
87	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
88	1,60	2,00	2,00	2,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	94,35
89	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	79,66
90	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,70	2,00	1,70	0,00	74,01
91	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	79,66
92	1,00	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	77,97
93	1,00	1,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	74,01
94	1,00	2,00	2,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	85,31
95	1,60	2,00	1,00	4,00	1,00	1,70	1,40	2,00	2,00	1,00	100,00
96	1,00	2,00	2,00	3,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,70	1,00	89,27
97	1,60	2,00	1,00	2,00	0,00	1,70	1,40	2,00	1,20	0,00	72,88
98	1,60	2,00	1,00	2,00	1,00	1,70	1,70	2,00	1,70	1,00	88,70

pH: Toprak Reaksiyonu, TOM: Toprak Organik Maddesi, TD: Toprak derinliği, $CaCO_3$: Kireç içeriği, EC: Elektriksel İletkenlik, SDA: Suya Dayanıklı Agregat, HA: Hacim ağırlığı, TKİ: Toprak Kalite İndeksi

ÖZGEÇMİŞ

Adı - Soyadı : Tunahan ÖZTÜRK

Doğum Yeri : Ordu/Altınordu

Doğum Tarihi : 22/04/1994

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dil : İngilizce

Adres : Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi

Telefon : 0 545 539 37 35

E- posta : ozturktunahan452@gmail.com

Öğrenim Durumu

Öğrenim Dönemi	Derece	Üniversite	Öğrenim Alanı
2012-2018	Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi	Orman Mühendisliği Bölümü