

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI FİZYOGRAFİK ÜNİTELER ÜZERİNDEKİ NARENCİYE
ARAZİLERİNDE TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ, HARİTALANMASI VE YENİ SKORLAMA EĞRİLERİNİN
OLUŞTURULMASI**

Bayram Çağdaş DEMİREL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI FİZYOĞRAFİK ÜNİTELER ÜZERİNDEKİ NARENCİYE
ARAZİLERİNDE TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ, HARİTALANMASI VE YENİ SKORLAMA EĞRİLERİNİN
OLUŞTURULMASI**

Bayram Çağdaş DEMİREL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

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

**FARKLI FİZYOĞRAFİK ÜNİTELER ÜZERİNDEKİ NARENCİYE
ARAZİLERİNDE TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ, HARİTALANMASI VE YENİ SKORLAMA EĞRİLERİNİN
OLUŞTURULMASI**

Bayram Çağdaş DEMİREL
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

**Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından FBA-2022-5870
nolu proje ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2024

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

**FARKLI FİZYOĞRAFİK ÜNİTELER ÜZERİNDEKİ NARENCİYE
ARAZİLERİNDE TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ, HARİTALANMASI VE YENİ SKORLAMA EĞRİLERİNİN
OLUŞTURULMASI**

Bayram Çağdaş DEMİREL
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 22/07/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Sevda ALTUNBAŞ (Danışman)

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Doç. Dr. Zeki ALAGÖZ

Doç. Dr. Serdar SELİM

Doç. Dr. Yakup Kenan KOCA

ÖZET

FARKLI FİZYOGRAFİK ÜNİTELER ÜZERİNDEKİ NARENCİYE ARAZİLERİNDE TOPRAK KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ, HARİTALANMASI VE YENİ SKORLAMA EĞRİLERİNİN OLUŞTURULMASI

Bayram Çağdaş DEMİREL

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sevda ALTUNBAŞ

Temmuz 2024; 236 sayfa

Bu çalışma, Antalya ili Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinin narenciye alanlarında, toprak kalite parametrelerini belirlemek, haritalamak ve yeni skorlama eğrileri oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda, toprak kalitesinin fizyografik ünitelerle ilişkisi ve tarımsal verimliliğin artırılması için önemli bulgular elde edilmiştir. Finike ilçesindeki topraklar, alüviyal ve kolüviyal oluşumlara sahiptir. Bu topraklar, yüksek su tutma kapasitesi ve organik madde içeriği ile dikkat çekmektedir. Toprak kalite değerlendirmelerinde, organik madde miktarı ve katyon değişim kapasitesi gibi parametreler öne çıkmaktadır. Kemer ilçesindeki topraklar, pediment ve bajada fizyografyalarında yer almaktadır. Bu topraklar yüksek su tutma kapasitesi ve kil içeriğine sahiptir. Ayrıca mikrobiyal biyokütle karbon ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi gibi biyolojik parametreler açısından da zengindirler. Konyaaltı ilçesindeki topraklar, alüvyal yelpaze ve yan dere alüviyalı fizyografyalarında yer almaktadır. İyi drene olmuş ve organik madde açısından zengindirler. Bu topraklarda yapılan kalite değerlendirmelerinde, organik madde miktarı ve mikrobiyal biyokütle karbon öne çıkmaktadır. Tarımsal alanların planlanması ve yönetimi sırasında, fizyografik özelliklerin dikkate alınmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada toprak kalitesinin iyileştirilmesi için organik madde ilavesi, erozyon kontrolü, doğru gübreleme ve sulama yönetimi gibi çeşitli öneriler sunulmuştur. Gelecekte toprak kalitesi ile ilgili yapılacak çalışmalarda, farklı bitki türlerinin farklı fizyografyalardaki toprak kalite parametrelerinin değerlendirilmesinin verim ve kalite üzerine etkili olacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELE: Doğrusal olmayan skorlama eğrisi, Fizyografya, Katyon değişim kapasitesi, Narenciye, Toprak kalitesi

JÜRİ: Doç. Dr. Sevda ALTUNBAŞ

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Doç. Dr. Zeki ALAGÖZ

Doç. Dr. Serdar SELİM

Doç. Dr. Yakup Kenan KOCA

ABSTRACT

DETERMINATION AND MAPPING OF SOIL QUALITY PARAMETERS IN CITRUS LANDS ON DIFFERENT PHYSIOGRAPHIC UNITS AND CREATION OF NEW SCORING CURVES

Bayram Çağdaş DEMİREL

PhD Thesis in Soil Science and Plant Nutrition Department

Supervisor: Associate Professor Sevda ALTUNBAŞ

July 2024 ; 236 pages

This study was carried out to determine and map soil quality parameters and to create new scoring curves in citrus areas of Finike, Kemer and Konyaaltı. Physical, chemical and biological properties of soils were analyzed. As a result of these analyses, the relationship between soil quality and physiographic units and important findings for increasing agricultural productivity were obtained. Soils in Finike district have alluvial and colluvial formations. These soils attract attention with their high water holding capacity and organic matter content. In soil quality assessments, parameters such as organic matter content and cation exchange capacity stand out. Soils in Kemer district is in pediment and bajada physiographies. These soils have high water holding capacity and clay content. They are also rich in biological parameters such as microbial biomass carbon and beta glycosidase enzyme activity. The soils in Konyaaltı district are in alluvial fan and side stream alluvial physiographies. They are well drained and rich in organic matter. In the quality assessments of these soils, the amount of organic matter and microbial biomass carbon come to the fore. It is concluded that it is important to consider physiographic characteristics during the planning and management of agricultural areas. In this study, various suggestions such as organic matter addition, erosion control, proper fertilization and irrigation management were presented for the improvement of soil quality. In future studies on soil quality, it is thought that the evaluation of soil quality parameters of different plant species in different physiographies will be effective on yield and quality.

KEYWORDS: Non-linear scoring curve, Physiography, Cation exchange capacity, Citrus, Soil quality

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Sevda ALTUNBAŞ

Prof. Dr. Orhan DENGİZ

Assoc. Prof. Dr. Zeki ALAGÖZ

Assoc. Prof. Dr. Serdar SELİM

Assoc. Prof. Dr. Yakup Kenan KOCA

ÖNSÖZ

Fizyografya, bir bölgenin topografik ve jeomorfolojik özelliklerini inceleyerek, arazi kullanımı ve toprak verimliliği gibi önemli konularda rehberlik eden bir bilim dalıdır. Fizyografik farklılıkların toprak özelliklerine etkisi, tarımsal üretimden ekolojik dengeye kadar geniş bir yelpazede önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bu çalışma, farklı fizyografik üniteler üzerindeki toprakların kalite parametrelerinin belirlenmesi, haritalanması ve özellikle katyon değişim kapasitesi için yeni doğrusal olmayan skorlama eğrilerinin oluşturulmasını amaçlamaktadır. Bu eğriler, toprak yönetimi ve gübreleme stratejilerinde daha hassas ve etkili kararlar alınmasına olanak tanıyacaktır. Katyon değişim kapasitesi, toprakların besin maddelerini tutma ve bitki köklerine sağlama kapasitesini ifade eden kritik bir toprak özelliğidir. Yeni skorlama eğrileri, katyon değişim kapasitesinin farklı fizyografik ünitelerde nasıl değiştiğini ve bu değişikliklerin toprak verimliliği üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Bu çalışmanın, fizyografya ve toprak bilimi alanında yeni ufuklar açmasını, katyon değişim kapasitesi ve toprak kalite parametreleri konularında ileriye dönük çalışmalara ışık tutmasını temenni ederim.

Başarabileceklerimize inanan ve akademik yolculuğumun ilk adımından bugüne kadar desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, saygıyı ve sevgiyi sonuna kadar hak eden danışman hocam Doç. Dr. Sevda Altunbaş'a, Tez Savunma Jürisinde yer almayı kabul ederek, bilimsel fikir ve görüşleri ile çalışmamı destekleyen Prof. Dr. Orhan Dengiz, Doç. Dr. Zeki Alagöz, Doç. Dr. Serdar Selim ve Doç. Dr. Yakup Kenan Koca'ya sağladıkları imkanların yanı sıra bilgi ve tecrübelerini de benden esirgemeyen Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümümüzün değerli öğretim üyelerine, laboratuvar çalışmalarında ve sonrasında desteğini hep hissettiğim bölümümüzün çok değerli uzman laborantı Zir. Yük. Müh. Aylin Zambak Özgür'e, araştırma görevlilerine ve Yüksek Lisans öğrencisi Elanur Öndağ'a, Çukurova Üniversitesinde beraber araştırma görevlisi olarak aynı çalışma ortamını paylaştığım ve çalışmalarımda büyük yardımları olan Dr. Mert Acar'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman evlatları olmaktan gurur duyduğum annem Huriye Demirel ve babam Ömer Demirel'e, hayatımın her aşamasında desteklerini her zaman hissettiğim ablam Şerife Demirel, abim Mehmet Demirel ve ailesine, anne yarısı olduğunu her zaman hissettiren teyzem Meryem Doğan'a teşekkürü bir borç bilirim.

Eşimin ve çocuklarımın yanında olamadığım zamanlarda büyük fedakarlıklar göstererek onlara her daim destek olan Çetinkaya aileme şükranlarımı sunarım.

En büyük fedakarlığı yaparak benimle hayatın her anını paylaşmaya söz veren, tezim sürecinde çocuklarımıza eksikliği hissettirmeyen, bu hayattaki en büyük şansım, sevgili eşim Esmenur Demirel'e eşim ve beni her zaman idare eden, bize katlanan, yaşı küçük ama yüreği kocaman oğlum Ömer Efe Demirel'e ve gülücükleri ile neşe kaynağımız, dünyalar güzeli kızım Aden Demirel'e teşekkürlerimi ve şükranlarımı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Turunçgil Üretimi.....	5
2.2. Fizyografya.....	6
2.3. Toprak Kalitesi	12
2.4. Farklı Fizyografya ve Arazi Kullanım Modellerinde Toprak Kalitesi.....	17
2.5. Toprak Özelliklerinin Mesafeye ve Jeostatiksel Modeller Bağlı Değişkenliği..	27
2.6. Skarlama Eğrilerinin Geliştirilmesi	29
3. MATERYAL VE METOT	33
3.1. Materyal	33
3.1.1. Araştırma alanının genel özellikleri	33
3.1.2. Araştırma alanının iklim ve bitki örtüsü	34
3.1.3. Araştırma alanlarının jeolojisi.....	36
3.1.4. Araştırma alanlarının fizyografyası	38
3.2. Metot	42
3.2.1. Ofis çalışmaları	43
3.2.2. Arazi çalışmaları -I.....	43
3.2.3. Laboratuvar çalışmaları.....	45
3.2.4. Arazi çalışması-II.....	48
3.2.5. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesi	52

3.2.6. Toprak kalitesinin belirlenmesi.....	52
3.2.7. İstatistiksel Analizler.....	59
3.2.8. Jeostatistiksel analizler ve haritaların oluşturulması	60
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	61
4.1. Fizyografya Özellikleri.....	61
4.2. Finike ilçesinin toprak özellikleri ve kalite değerlendirmesi	66
4.2.1. Morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analiz sonuçları	66
4.2.2. Grid noktalarından alınan toprak özellikleri	87
4.2.3. Toprak kalite değerlendirmeleri.....	94
4.2.4. Kalite skorlarının mesafeye bağlı değişimi.....	100
4.3. Kemer ilçesinin toprak özellikleri ve kalite değerlendirmesi.....	112
4.3.1. Morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analiz sonuçları	113
4.3.2. Grid noktalarından alınan toprak özellikleri	131
4.3.3. Toprak kalite değerlendirmesi.....	134
4.3.4. Kalite skorlarının mesafeye bağlı değişimi.....	141
4.4. Konyaaltı ilçesinin toprak özellikleri ve kalite değerlendirmesi.....	155
4.4.1. Morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analiz sonuçları	155
4.4.2. Grid noktalarından alınan toprak özellikleri	183
4.4.3. Toprak kalite değerlendirmesi.....	185
4.4.4. Kalite skorlarının mesafeye bağlı değişimi.....	192
4.5. Skorlama Eğrisinin Geliştirilmesi	203
5. SONUÇLAR	209
6. KAYNAKLAR	215
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Farklı Fizyografik Üniteler Üzerindeki Narenciye Arazilerinde Toprak Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi, Haritalanması ve Yeni Skorlama Eğrilerinin Oluşturulması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

...../...../20....

Bayram Çağdaş DEMİREL

İmzası

X

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

g	: Gram
meq	: Miliekivalan
ppm	: Parts Per Million (Milyonda bir parça)
cm	: Santimetre
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
kg	: Kilogram
µg/g	: Mikrogram/gram
mL	: Mililitre
L	: Litre
m	: Metre
km	: Kilometre
%	: Yüzde

Kısaltmalar

AHP	: Analitik Hiyerarşik Süreci
BGEA	: Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi
EC	: Elektriksel İletkenlik
IDW	: Ters Mesafe Ağırlığı
KDK	: Katyon Değişim Kapasitesi
MaG	: Makro Gözeneklilik
Max	: Maximum
MBK	: Mikrobiyal Biyokütle Karbon
MiG	: Mikro Gözeneklilik

Min : Minimum
MVS : Minimum Veri Seti
OM : Organik Madde
Ort : Ortalama
PNI : Normalin Yüzde İndeksi
RSE : Ortalama Kare Hatası
SAR : Sodyum Adsorpsiyon Oranı
SDGH : Su Dolu Gözenek Hacmi
SMAF : Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi
SN : Solma Noktası
SPI : Standart Yağış İndeksi
TG : Toplam Gözeneklilik
TK : Tarla Kapasitesi
TOK : Toprak Organik Karbon
TVS: Toplam Veri Seti
VK : Varyasyon Katsayısı
YSİ : Yarayışlı Su İçeriği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanlarının coğrafi konumları	33
Şekil 3.2. Finike ilçesine ait jeolojik formasyonlar	36
Şekil 3.3. Kemer ilçesine ait jeolojik formasyonlar.....	37
Şekil 3.4. Konyaaltı ilçesine ait jeolojik formasyonlar.....	38
Şekil 3.5. Finike ilçesi fizyografyaları.....	39
Şekil 3.6. Finike ilçesine ait eğim ve yükseklik haritaları	39
Şekil 3.7. Kemer ilçesi fizyografyaları	40
Şekil 3.8. Kemer ilçesine ait eğim ve yükseklik haritaları	40
Şekil 3.9. Konyaaltı ilçesi fizyografyaları	41
Şekil 3.10. Konyaaltı ilçesine ait eğim ve yükseklik haritaları.....	42
Şekil 3.11. İş akış diyagramı.....	42
Şekil 3.12. Finike çalışma alanı fizyografyaları ve profil noktaları	43
Şekil 3.13. Kemer çalışma alanı fizyografyaları ve profil noktaları.....	44
Şekil 3.14. Konyaaltı çalışma alanı fizyografyaları ve profil noktaları	44
Şekil 3.15. Arazi çalışmaları-I	45
Şekil 3.16. Laboratuvarda yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler.....	48
Şekil 3.17. Finike ilçesi çalışma alanı, fizyografyası ve örnekleme noktaları.....	50
Şekil 3.18. Kemer ilçesi çalışma alanı, fizyografyası ve örnekleme noktaları	50
Şekil 3.19. Konyaaltı ilçesi çalışma alanı, fizyografyası ve örnekleme noktaları	51
Şekil 3.20. II: Arazi çalışması.....	52
Şekil 3.21. a) Daha az daha iyidir. b) Daha fazla daha iyidir. c) Optimum daha iyidir.	56
Şekil 3.22. Toprak kalite indeksleri verilerine ait Histogram ve Q-Q pilot verileri	59
Şekil 4.1. Taşkın düzlüğü fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Kemer).....	61
Şekil 4.2. Kolüviyal fizyografyadaki eğimli araziler (Finike).....	62
Şekil 4.3. Pediment fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Kemer)	63
Şekil 4.4. Bajada fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Kemer)	64
Şekil 4.5. Alüviyal yelpaze fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Konyaaltı)	64
Şekil 4.6. a) Nehir sırtı fizyografyası narenciye bahçesi b) Arazi çalışması-II'de	65
değişen narenciye bahçesi	
Şekil 4.7. Yan dere alüviyal fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Finike).....	66
Şekil 4.8. P.5 profilinin tanımlamasının yapıldığı bahçe.....	87
Şekil 4.9. Finike ilçesi hacim ağırlığı skor haritası.....	102
Şekil 4.10. Finike ilçesi yarayışlı su içeriği skoru	102

Şekil 4.11. Finike ilçesi su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru	103
Şekil 4.12. Finike ilçesi pH skoru.....	104
Şekil 4.13. Finike ilçesi fosfor skoru	105
Şekil 4.14. Finike ilçesi SAR skoru.....	105
Şekil 4.15. Finike ilçesi potasyum skoru	106
Şekil 4.16. Finike ilçesi organik karbon skoru	107
Şekil 4.17. Finike ilçesi mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) skoru	108
Şekil 4.18. Finike ilçesi beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) skoru	109
Şekil 4.19. Finike ilçesi katyon değişim kapasitesi (KDK) skoru	110
Şekil 4.20. Finike ilçesi toprak kalite indeksi-1 (TKİ-1) skoru.....	111
Şekil 4.21. Finike ilçesi toprak kalite indeksi-2 (TKİ-2) skoru.....	112
Şekil 4.22. Kemer ilçesi hacim ağırlığı skoru.....	143
Şekil 4.23. Kemer ilçesi yarayışlı su içeriği skoru	144
Şekil 4.24. Kemer ilçesi su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru.....	145
Şekil 4.25. Kemer ilçesi pH skoru	145
Şekil 4.26. Kemer ilçesi EC skoru.....	146
Şekil 4.27. Kemer ilçesi fosfor skoru	147
Şekil 4.28. Kemer ilçesi SAR skoru	148
Şekil 4.29. Kemer ilçesi potasyum skoru	149
Şekil 4.30. Kemer ilçesi organik karbon skoru.....	150
Şekil 4.31. Kemer ilçesi mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) skoru	151
Şekil 4.32. Kemer ilçesi beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) skoru.....	152
Şekil 4.33. Kemer ilçesi katyon değişim kapasitesi skoru.....	153
Şekil 4.34. Kemer ilçesi toprak kalite indeksi-1 (TKİ-1) skoru	154
Şekil 4.35. Kemer ilçesi toprak kalite indeksi-2 (TKİ-2) skoru	155
Şekil 4.36. Konyaaltı ilçesi hacim ağırlığı skoru.....	194
Şekil 4.37. Konyaaltı ilçesi yarayışlı su içeriği skoru.....	195
Şekil 4.38. Konyaaltı ilçesi su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru.....	196
Şekil 4.39. Konyaaltı ilçesi pH skoru	197
Şekil 4.40. Konyaaltı ilçesi fosfor skoru.....	198
Şekil 4.41. Konyaaltı ilçesi SAR skoru	198
Şekil 4.42. Konyaaltı ilçesi mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) skoru.....	199
Şekil 4.43. Konyaaltı ilçesi beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) skoru.....	200
Şekil 4.44. Konyaaltı ilçesi katyon değişim kapasitesi (KDK) skoru	201

Şekil 4.45. Konyaaltı ilçesi toprak kalite indeksi-1 (TKİ-1) skoru.....	202
Şekil 4.46. Konyaaltı ilçesi toprak kalite indeksi-2 (TKİ-2) skoru.....	203
Şekil 4.47. Tekstür sınıfları için oluşturulan Gompertz modeli skarlama eğrileri	205
Şekil 4.48. Organik madde sınıfları için oluşturulan Gompertz modeli skarlama eğrileri	206
Şekil 4.49. Kıl tipi sınıfları için oluşturulan Gompertz modeli skarlama eğrileri	207
Şekil 4.50. Katyon değişim kapasitesi skarlama eğrisi.....	208



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Grid örneklerinin fizyografya ve ilçelere göre dağılımı	49
Çizelge 3.2. İndikatörlerin skorlanmasına etki eden faktörler (Anonim 2)	57
Çizelge 3.3. Skor Sınıfları.....	60
Çizelge 4.1. P.1 profilinin morfolojik özellikleri.....	67
Çizelge 4.2. P.1 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	68
Çizelge 4.3. P.2 profilinin morfolojik özellikleri.....	72
Çizelge 4.4. P.2 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	73
Çizelge 4.5. P.3 profilinin morfolojik özellikleri.....	77
Çizelge 4.6. P.3 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	77
Çizelge 4.7. P.4 profilinin morfolojik özellikleri.....	80
Çizelge 4.8. P.4 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	81
Çizelge 4.9 P.5 profilinin morfolojik özellikleri.....	83
Çizelge 4.10. P.5 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	84
Çizelge 4.11 Finike ilçesindeki profillere ait mineralojik analiz sonuçları	86
Çizelge 4.12. Finike ilçesi grid verilerine ait tanımlayıcı istatistikler	88
Çizelge 4.13. Finike ilçesindeki indikatörlerin kalite skorlarına ait tanımlayıcı	95
istatistik bilgileri	
Çizelge 4.14. Fizyografik birimlere göre kalite skorlarına ilişkin ANOVA sonuçları...95	
Çizelge 4.15. Finike ilçesinin kalite skorlarına ait semivaryogram modellerinin	
RMS, RMSS ve ASE değerleri	101
Çizelge 4.16. P.6 profilinin morfolojik özellikleri.....	114
Çizelge 4.17. P.6 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	115
Çizelge 4.18. P.7 profilinin morfolojik özellikleri.....	118
Çizelge 4.19. P.7 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	119
Çizelge 4.20. P.8 profilinin morfolojik özellikleri.....	121
Çizelge 4.21. P.8 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	122

Çizelge 4.22. P.9 profilinin morfolojik özellikleri.....	124
Çizelge 4.23. P.9 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	125
Çizelge 4.24. P.10 profilinin morfolojik özellikleri.....	127
Çizelge 4.25. P.10 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	128
Çizelge 4.26. P.11 profilinin morfolojik özellikleri.....	129
Çizelge 4.27. P.11 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	130
Çizelge 4.28. Kemer ilçesindeki profillere ait mineralojik analiz sonuçları.....	131
Çizelge 4.29. Kemer ilçesi grid verilerine ait tanımlayıcı istatistikler	132
Çizelge 4.30. Kemer ilçesindeki indikatörlerin kalite skorlarına ait tanımlayıcı	135
Çizelge 4.31. Fizyografik birimlere göre kalite skorlarına ilişkin ANOVA sonuçları .	136
Çizelge 4.32. Kemer ilçesi kalite skorlarına ait semivaryogram modellerinin RMS, ...	142
Çizelge 4.33. P.12 profilinin morfolojik özellikleri.....	156
Çizelge 4.34. P.12 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	157
Çizelge 4.35. P.13 profilinin morfolojik özellikleri.....	160
Çizelge 4.36. P.13 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	161
Çizelge 4.37. P.14 profilinin morfolojik özellikleri.....	165
Çizelge 4.38. P.14 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	166
Çizelge 4.39. P.15 profilinin morfolojik özellikleri.....	168
Çizelge 4.40. P.15 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	169
Çizelge 4.41. P.16 profilinin morfolojik özellikleri.....	172
Çizelge 4.42. P.16 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	173
Çizelge 4.43. P.17 profilinin morfolojik özellikleri.....	176
Çizelge 4.44. P.17 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	177
Çizelge 4.45. P.18 profilinin morfolojik özellikleri.....	180
Çizelge 4.46. P.18 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları	181

Çizelge 4.47. Konyaaltı ilçesindeki profillere ait mineralojik analiz sonuçları.....	183
Çizelge 4.48. Konyaaltı ilçesi grid verilerine ait tanımlayıcı istatistikler	184
Çizelge 4.49. Konyaaltı ilçesindeki indikatörlerin kalite skorlarına ait	
tanımlayıcı istatistik bilgileri	187
Çizelge 4.50. Fizyografik birimlere göre kalite skorlarına ilişkin ANOVA sonuçları.	188
Çizelge 4.51. Konyaaltı ilçesi kalite skorlarına ait semivaryogram modellerinin	
RMS, RMSS ve ASE değerleri	193
Çizelge 4.52. SMAF modeline göre tekstür faktörü sınıfları	205
Çizelge 4.53. SMAF modeline göre organik madde faktörü sınıfları.....	206
Çizelge 4.54. Kil tipi faktörü için oluşturulan sınıflar	207

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimin en temel unsurlarından birisi topraktır. Toprak ile insan, var olmaya başladıklarından bugüne gelene kadar birbirleriyle etkileşim halindedir. Bu etkileşimde toprak, insanoğlunun en temel ihtiyacı olan gıdayı karşılamak, yüzeydeki suyu süzerek yeraltı kaynaklarına göndermek, bitkilere ve diğer canlılara durak ve/veya barınma ortamı olmak gibi pek çok vazifeyi üstlenmektedir (Brady ve Weil 2008). Toprak; farklı ana materyallerden farklı iklim ve topoğrafyalarda, farklı canlıların etkisi ile yüzlerce hatta binlerce yılda oluşan doğal kaynaklardır. Oluşum süreçleri bu kadar uzun olmasına rağmen, tarımsal üretim dışında başka amaçlarla kontrolsüz kullanılmaları, degrade olmaları, kirlenmeleri veya bir başka ifade ile kalitelerini kaybetmeleri, sürdürülebilirliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Her geçen gün artan nüfus, beraberinde artan ihtiyaçlar ile uluslararası anlaşmalar, doğal afetler vb. pek çok dışsal faktörün etkisiyle toprakların ve diğer doğal kaynakların daha işlevsel kullanımları ön plana çıkmıştır. İşlevsel kullanım tarım alanlarından maksimum verimi elde etmek için uygun olmayan arazi ve toprak kullanımı modellerini ortaya çıkarmıştır. Bu kullanım modelleri ise orta ve uzun vadede tarım arazilerinin tahrip olmasına, verimde azalmalara, ayrıca aşırı gübre-ilaç kullanımı gibi hatalı uygulamalarla çevre kirliliği vb. olumsuz durumlara neden olmuştur (Qi vd. 2009). Bu hatalı yaklaşımlar toprak kalitesini günden güne azalmaktadır (Bonilla vd. 2012). Toprak kalitesindeki bozulmalar toprağın sahip olduğu temel fonksiyonlarını yerine getirememesi anlamına gelmektedir (Karlen vd. 2008). O halde toprağın doğal koşullarındaki işlevlerini yerine getirebilmek ve toprak kalitesini arttırmak için uygun amenajman tekniklerini uygulamak gereklidir. Ancak bu şekilde toprakların kalitesi korunarak, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik sağlanmış olur. Tarımsal üretimin ve toprakların sürdürülebilir fonksiyonlarının korunması için yapılacak en önemli ve öncelikli iş, toprağın mevcut durumunun belirlenmesidir. Bu sayede toprağın temel fonksiyonlarını yerine getirip getirmediği anlaşılacak ve engel oluşturan etmenler varsa, gerekli tedbirlerin alınması sağlanabilecektir.

Toprakların kalitesinin ne olduğu, özellikle son yıllarda tartışılan ve üzerinde çalışılan bir konudur. Doran ve Parkin (1994), toprak kalitesini, sürdürülebilir toprak kapasitesi olarak tanımlamışlardır. Sürdürülebilir toprak kapasitesi, bir başka ifade ile toprak kalitesi, ancak toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve hatta genetik özelliklerinin bilinmesi ve bu özellikleri ile bulundukları yörede yetişen veya yetiştirilme ihtimali olan bitki çeşitleri ile ilişkilendirilerek, ayrıca diğer çevresel faktörleri de dikkate alarak yapılabilir. Bir bütün olarak toprak kalitesini en küçük tarımsal işletme büyüklüğünden başlayarak, genele doğru büyütmek, örneğin bir ülke ölçeğine kadar getirmek gerekmektedir (Günel vd. 2015). Söz konusu gereklilikle sürdürülebilir yönetim metotları ile farklı tarımsal uygulamalar geliştirilip, toprak kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Sonuçta kaliteleri belirlenen topraklar sınıflandırılıp, haritalanacak ve zaman içerisindeki değişimleri izlenebilecektir.

Dünyada bazı tarımsal ürünlerin belli coğrafyalarda ve ekolojik ortamlarda en optimum seviyede yetiştikleri bilinmektedir. Bu kapsamda bazı tarımsal ürünler yetiştikleri bölgeler ve ülkeler ile özdeşleşmişlerdir. Çalışmaya konu olan narenciye bitkileri de ülkemizde Akdeniz ikliminin hâkim olduğu coğrafyalarda, belli başlı fizyografik üniteler üzerinde daha kaliteli yetişebilmektedir. Türkiye'nin 2022 yılı narenciye üretim verilerine göre 4.7 milyon tonluk toplam narenciye üretiminin %10'u Antalya'da gerçekleşmektedir (TÜİK 2023). Özellikle dünya sıralamasında en kaliteli

portakal unvanına sahip olan ve coğrafi işaret alan Finike portakalı, uluslararası arenada ön plana çıkmıştır. Bu noktadan hareketle bölgede yetişen narenciye arazilerindeki toprakların ve/veya fizyografyaların diğer bölgelerdeki topraklar/fizyografyalardan farklı olduğu düşünülmektedir.

İç ve dış piyasanın her geçen gün artan isteklerini karşılamak amacı ile, bugün narenciye arazilerinde ve narenciye yetiştirilen topraklarda, toprak kalitesi tam olarak belirlenmeden gübrelenmekte, sulanmakta, işlenmekte ve ilaçlanmaktadır. Bunların yanı sıra değişen iklimsel koşullar, kullanılan sulama sularının kalitesi ve kantitesindeki değişimler de toprağın doğal fonksiyonlarının azalmasına ya da kaybolmasına neden olmaktadır. Bu türlü kayıpların önüne geçmek için yapılması gereken en önemli iş, arazilerin (fizyografik özelliklerinin) ve toprakların kalitesini belirlemek, sahip oldukları kalite özelliklerini dikkate alarak sınıflandırmak ve haritalandırmak olmalıdır. Nihayetinde sınıflandırılan ve haritalandırılan tüm özellikler kullanılarak araziye ve toprağa en uygun kullanım planlamalarının ve amenajman uygulamalarının yapılması gerekmektedir.

Yukarıda yazılı nedenleri değerlendirmek adına araştırma alanı içinde en büyük arazi büyüklüğüne sahip ve narenciyede coğrafi işaret almış Finike'nin farklı fizyografyalarındaki üretim alanlarının toprak kalitesi ile diğer bölgelerin (Kemer, Konyaaltı) aynı fizyografyalarındaki üretim alanlarının toprak kalitesi kıyaslanmak istenmiştir. Araştırma sonucunda şayet bir fark bulunursa, bu farklılıkların yorumlanmasıyla, tarımsal üretim uygulamalarında ve verimlilikte oluşan değişikliklerin sebepleri tartışılabilir.

Arazilerin fizyografik özellikleri, jeolojik yapı ve bu jeolojik yapıyı şekillendiren jeomorfolojik güçler ile ilişkilidir. İklim, eğim, bakı, yükseklik gibi birçok faktör, fizyografik yapıyı yönlendirmekte ve sınıflandırmaktadır. Tüm dünyada fizyografya ile ilgili yapılan değerlendirmeler belli bir standarda ulaşmıştır. Bugüne kadar yapılan toprak kalite çalışmalarında ise fizyografik üniteler, bir kalite parametresi olarak değerlendirilmemiştir. Bu konunun söz konusu çalışmalarda bir eksiklik olduğu ve fizyografik özelliklerin toprak kalitesine etki düzeyinin belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Oluşumları insan ömrü ile kıyaslandığında çok uzun yıllar süren (yüzlerce yıl) toprakların çeşitli nedenlerle sürdürülebilirliğinin tehlike altında olması, uzmanları toprakların kalitelerini belirleme ve arttırmaya yönelik çalışmalara yönlendirmiştir. Bu konu gelişmeye açık ve mevcut hali ile de bazı eksiklikleri bulunan bir konudur. Topraklara karakter kazandıran başka bir deyişle toprak kalitesini belirleyen indikatörler/göstergeler, sahip oldukları fiziksel, kimyasal, biyolojik ve hatta genetiksel özellikleri ile ilişkilidir. Aslında tüm bu özellikler birbirinden ayrı değil, bir bütündür. Topraklar arasındaki genetiksel farklılıklar, onları oluşturan materyalden ziyade, yaşadıkları toprak oluşum süreçleri ile ilişkilidir. Zira bilindiği üzere, aynı ana materyalden her zaman aynı özellikte topraklar oluşmayabilmektedir. Bir sistem veya canlı üzerindeki genetik çalışmalar, özelliklerin kodlandığı en küçük yapılarda gerçekleştirilir. Topraklarda ise genetiksel çalışmalar mineraloji ve genellikle de kil mineralojisi üzerinden yapılmaktadır. Bu nedenle killerin sahip olduğu farklı kolloidal yapıların, özellikle toprakların fiziko-kimyasal özelliklerini etkilediği bilindiğinden, toprak kalite çalışmalarında bir indikatör olarak mutlaka kullanılmaları gerektiği

düşünülmektedir. Örneğin aynı miktarda, ancak farklı nitelikte olan killerin toprak kalite parametresi üzerinde son derece farklı sonuçlar vereceği aşîkardır. Toprak kalite parametreleri içinde yer alan tekstür analizinde (fiziksel toprak özelliği) kil, miktar olarak belirlenmektedir. Ancak yukarıda da açıklandığı üzere, bugüne kadar toprak kalite parametreleri içerisinde kullanılmayan kil niteliğinin değerlendirmeye alınması tarafımızca büyük bir önem arz etmektedir. Pratikte kil niteliği katyon değişim kapasitesi (KDK) analizi ile laboratuvar ortamında kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Bu noktadan hareketle KDK (toprakların kimyasal ve genetik özelliği) bir kalite indikatörü olarak skorlamaya dahil edilmelidir.

Toprak kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın ve geçerli yöntem olan Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (Soil Management Assessment Framework-SMAF) (Andrews vd. 2004; Wienhold vd. 2009; Karlen 2015), her geçen gün farklı bilim insanlarının da katkılarıyla geliştirilerek güçlenmektedir. Zaten SMAF'ın en önemli özelliği de geliştirilebilir olmasıdır. Bu sebeple toprak kalite değerlendirmesinde SMAF'ta kullanılan göstergeler/indikatörler her geçen gün çeşitlilik kazanmaktadır. Toprağın en önemli verimlilik faktörlerinden olan katyon değişim kapasitesi özelliği henüz SMAF'ın değerlendirme tablosunda yerini almamıştır. Bu çalışmada katyon değişim kapasitesi ve onu etkileyen faktörler (Kil tipi, kil miktarı ve organik madde miktarı) birlikte değerlendirilmiş ve KDK'nın SMAF'ta kullanılacak bir indikatör olması için doğrusal olmayan skorlama yöntemine dayanan bir algoritması geliştirilmiştir. Böylelikle dünya literatürüne katkıda bulunacak olması, bu tez çalışmasını diğer çalışmalardan farklı ve özgün kılmaktadır. Toprak kalitesi çalışmalarında, KDK'nın bir indikatör olarak kullanılması ve doğrusal olmayan yöntemlerle skorlanması toprağa ilişkin sorunların tespitinde kolaylık sağlayarak, alınacak tedbirlerin etkinliğini arttıracaktır.

Ayrıca, literatürde aynı üretim modelinin farklı bölgelerde ve farklı fizyografyalarda toprak kalite parametreleri ile ilişkilendirilmesinin yapılmamış olması da bu konudaki çalışmalara farklı bir bakış açısı kazandırmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, aynı üretim modelinde farklı bölgelerdeki, aynı ve farklı fizyografyaların, toprak kalitesi ilişkileri de tespit edilmiştir.

Proje alanı olarak, Antalya ili Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde yer alan yaklaşık 2034 ha'lık bir narenciye üretim alanı seçilmiştir. Her üç ilçede belirlenen alanlarda, öncelikle fizyografik üniteler tespit edilip, daha sonra her bir fizyografik üniteyi temsil edecek profil noktaları belirlenmiştir. Profil noktalarında horizon esasına göre morfometrik-genetik tanımlamalar yapılmış, bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Ayrıca her bir fizyografyayı temsil edebilecek optimum büyüklükte alanlar seçilerek, grid yöntemiyle örnekleme noktaları belirlenmiştir. 0-30 cm derinlikten, fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler yapmak üzere bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların kalite değerlendirmelerinde ve indikatörlerin skorlanmasında, Amerikan Tarım Bakanlığı uzmanları tarafından geliştirilen Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF) yönteminde yer alan, doğrusal olmayan skorlama eğrileri kullanılmıştır. Son olarak bireysel göstergeler ve toprak kalite indeksleri, jeostatistiksel yöntemler ile modellenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımı ile haritalandırılmıştır.

Çalışma sonunda Antalya'da narenciye tarımının yoğun olarak yapıldığı Finike,

Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde fizyografik özelliklerin kaliteleri ve yeni oluşturulan kasyon değişim kapasitesi indikatörünün skorlanıp yorum yapılmasını sağlayacak skorlama eğrisi geliştirilmiştir. Doğrusal olmayan yöntemlerle oluşturulan KDK indikatörü ile mevcut toprak kalitesi belirlenmiş, kaliteyi etkileyen sorunlar tespit edilmiş ve ilerleyen dönemlerde toprak kalitesinin izlenebilmesine olanak sağlayacak bir veri tabanı hazırlanmasına imkân sağlanmıştır. Böylece narenciye arazilerinde yapılacak toprak kalitesi çalışmalarında, toprakların mevcut fonksiyonlarını korumayı ve geliştirmeyi hedefleyen bir erken uyarı sistemi geliştirilmesinin de mümkün olacağı vurgulanmıştır.

Bu tez çalışmasının temel amacı, fizyografyanın, mevcut toprak kullanım modellerinin veya amenajman tekniklerinin toprak kalitesine etkisini incelemek ve kalitedeki farklılaşmaya sebep olan etmenleri ve ne derecede etkilediklerini ortaya çıkarmaktır. Bu temel anlayışla birlikte, Dünyada incelenen toprak kalite modellemelerinde kullanılan parametrelere, yeni bir yaklaşım ile katkı sağlayarak, en doğru kalite skorlamasının yapılmasına destek olunmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Turunçgil Üretimi

Sistemik sınıflandırmadaki *Citrus* türündeki turunçgiller; turunç, portakal, limon, mandarin, altıntop, kamkat gibi türleri içermektedir. Genellikle güneydoğu Asya kökenli olan bu tür 40° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında yetiştirilmektedir. Yaş sebze ve meyve ihracatında uzun yıllar ilk sırada bulunan turunçgiller yetiştirildiği bölgedeki insanlara istihdam sağlaması bakımından da önem arz etmektedir (Turgutoğlu vd. 2023). FAO' nun 2021 yılı verilerine göre dünya turunçgil üretim rakamlarına bakıldığında Türkiye 2020 yılı verilerine göre yaklaşık 4.348.742 ton üretimle dünyadaki turunçgil ürünlerinin yaklaşık %3'ünü oluşturarak 8. sırada yer almaktadır (Anonymous 3). Ülkemizde turunçgil üretiminde Çukurova bölgesi ilk sırada yer almaktadır. Antalya bölgesindeki turunçgil üretim alanlarında daha çok turizm işletmeciliği gelişmiş, bunun yanı sıra tarla bitkileri için uygun alanlarda da turunçgil üretilmeye devam etmektedir (Akgün 2006). İnsanların gerekli verim ve kaliteye ulaşamamasından dolayı ekonomik olarak yaşadıkları sorunlar onları farklı arazi kullanım modellerine geçmesine neden olmuştur. Çünkü tarım sektöründen elde edilecek ekonomik gelir uzun vadede ve daha zorlayıcı süreçler gerektirmektedir. Ancak şu da unutulmamalıdır ki tarım, sadece artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayan bir sektör olmasının yanı sıra ekonomik kalkınmanın en önemli finansman kaynağı olabilecek niteliktedir (Yelboğa vd. 2018). Bu nedenle ekonomik refaha ulaşılması için tarım sektörünün sürdürülebilir olması büyük önem arz etmektedir.

Arazilerin tarım sektörüne kıyasla diğer sektörlerdeki kullanım alanları için tercih edilmesinin önüne geçebilmek için de tarımdan elde edilen gelirleri niceliksel olarak arttırmak gereklidir. Dünyada birçok ülkeye kıyasla çok fazla bitki çeşidinin niteliksel olarak kaliteli üreticiliğinin yapıldığı ülkemizde birim alandan elde edilecek geliri arttırmanın tek yolu doğru üretim modelleri tercih edilerek yine ona uygun amenajman uygulamalarıyla üretim yapmaktır. Bunun içinde doğru arazide uygun toprak koşullarında uygun bitki yetiştiriciliğini tercih etmek gereklidir.

Bölgemizde önemli bir üretim miktarına sahip olan turunçgil üretimi her geçen gün rekoltesini ve ihracat miktarını arttırmaktadır (Ertek vd. 2020). Bu üretimin daha etkili olabilmesi için mevcut tarımsal uygulamalarını destekleyecek farklı bilişim teknolojileri de geliştirilmelidir.

Gelişen dünyada teknolojik sistemleri kullanarak kaynakları doğru yönetecek sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Berberoğlu vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, turunçgil üretim alanlarına ait konumsal veriler bir bütün haline getirilerek turunçgil tarımı için bir yönetim modeli geliştirilmiştir. Araştırmada CBS kullanılarak, turunçgil alanlarına ait uzaktan algılama verileri, ağaç sayısı, türü, verimliliği, bölgenin toprak, hidroloji ve iklim gibi veriler kullanılmıştır. Bu bilgilerin bir veri tabanında birleştirilmesiyle turunçgil alanlarının izlenmesi ve birbirleriyle olan ilişkileri analiz ederek olası risklere karşı planlamaların oluşturulabileceğini ortaya koymuşlardır.

2.2. Fizyografya

Fizyografya, yeryüzünün doğal unsurlarını, arazi şekillerini, iklimi, su kaynaklarını, bitki örtüsünü ve diğer jeolojik ve atmosferik faktörleri araştıran coğrafyanın bir dalıdır (Theobald vd. 2015). Fizyografya yeryüzünün oluşumunu, değişimini ve hatta fizyografyayı oluşturan bütün unsurların birbirleriyle olan etkileşimini anlamak için önemlidir. Fizyografya teriminin esası olan “physis” ve “grapho” doğa ve çizmek anlamına gelmektedir. O halde fizyografya da coğrafi özellikleri haritalar ve diğer görsel araçlar ve arazi unsurlarıyla birlikte anlamlandırmaya çalışır. Yeryüzünde fizyografyanın etkilerinin doğrudan görüldüğü en önemli arazi unsuru topraktır.

Toprağın oluşturan 5 faktörden birisi olan fizyografya, farklı toprak karakteristiklerinin oluşmasında önemli rol oynar. Genel olarak, fizyografyanın toprak üzerindeki etkisini anlamak, etkili arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalar için çok önemlidir. Fizyografyanın toprak üzerindeki etkisi, bir bölgenin sadece fiziksel ve coğrafi yönlerinin ötesine geçer ve aynı zamanda toprak özelliklerini şekillendiren ekolojik ve biyolojik etkileşimleri de kapsar (Marzaioli vd. 2010). Fizyografya ve toprak arasındaki karmaşık ilişki, topraktaki mikroorganizmalar, flora ve faunanın varlığı ile daha da örneklenmektedir. Bu canlı bileşenler, toprağın zenginliğine ve verimliliğine katkıda bulunmak için yeryüzünün fiziksel özellikleriyle etkileşime girer. Bakteri, mantar ve protozoa gibi mikroorganizmalar, besin döngüsü ve organik madde ayrışmasında hayati bir rol oynar ve sonuçta toprak yapısını ve bileşimini etkiler. Belirli bir fizyografik alanda belirli bitki türlerinin varlığında kök gelişimi ve mikorizal birliktelikler gibi süreçler yoluyla toprağın özelliklerini etkileyebilir (Eisenhauer vd. 2018).

Ayrıca dağların oluşumu, tortuların birikmesi ve volkanik faaliyetler gibi bir bölgenin fizyografyasını şekillendiren tarihi jeolojik süreçler, toprak gelişimi ve besin mevcudiyeti üzerinde uzun vadeli etkilere sahiptir. Fizyografya ve toprak arasındaki bu karmaşık ilişkilerin anlaşılması, sürdürülebilir arazi yönetimi ve koruma uygulamaları için değerli bilgiler sağlar (Duan vd. 2015). Arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalara ek olarak, fizyografyanın toprak üzerindeki etkisinin kentsel planlama, ekosistem restorasyonu ve biyolojik çeşitliliği koruma çabaları üzerinde de etkileri olabilir (Evans vd. 2020). Bu bağlantıları daha derinlemesine inceleyerek, araştırmacılar ve uygulayıcılar toprağı ve çevresindeki ortamı etkili bir şekilde yönetmek ve korumak için daha bütünsel yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Çünkü bir bölgenin fizyografyasını anlamak, özellikle tarım, koruma uygulamaları ve su kaynaklarının kullanımı açısından etkili arazi kullanımı planlaması ve yönetimi için çok önemlidir (Moriasi vd. 2014). Fizyografya ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı fizyografyaların farklı arazi kullanım modelleri, toprak, su yönetimi ve bitki üzerindeki etkisinin araştırılması gibi birçok farklı konu araştırılmıştır.

Fizyografya ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda genel arazi yapısının incelenmesi ve ilgili verilerin toplanmasıyla çalışma alanlarının sürdürülebilir yönetimi hakkında çalışmalara yer verilmiştir. Siddique vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada farklı fizyografyalara göre arazi kaynakları ve üretim uygulamaları verileri toplanmıştır. Araştırmadaki amaç Bangladeş’in Dinajpur bölgesindeki küçük toprak sahiplerinin arazi kaynaklarını ve ürün yetiştirme uygulamalarına dayalı bir tarım sistemi tipolojisi geliştirmek olarak belirlemişlerdir. Bölgedeki orta yükseklikteki arazilerde ve yüksek arazilerde fizyografyalar; pediment, taşkın düzlüğü ve nehir terası olarak tespit edilmiştir.

Bu fizyografyalardan elde edilen verilerle yapılan kümeleme analizlerinde, geliştirilecek bir tarım sistemi ile belirli arazilerde, ekim sistemi ve bunların yönetimi için tarla düzeyinde toprak karbonunun da ölçülmesiyle daha fazla doğrulama yapılmasını gerektiği belirlenmiştir. Daha genel bir ölçekte fizyografyanın ürün ve arazi yönetiminin ülke ekonomisine katkısını incelendiği bir çalışmada, Vaidya vd. (2021), farklı biyolojik ve fizyografik çeşitliliğin görüldüğü az eğimli Nepal arazilerinde farklı toprak tiplerinin bulunduğu farklı fizyografyalardaki değişimleri ortaya koyarak ülke ekonomisi için en uygun ürünü ve fizyografyasını belirleme çalışmaları yapmışlardır. Soil taxonomy (1998)'e göre Entisol, İnseptisol, Alfisol, Mollisol ve Spodosol toprak gruplarının bulunduğu arazilerde ve toprak ordolarının tespit edildiği farklı fizyografyalarda geniş bir ürün yelpazesinin yetiştirilebileceği alanların tespiti yapılmıştır.

Fizyografya ile ilgili yapılan küçük ölçekli çalışmaların yanı sıra havza ve alt havza ölçeğinde yapılan çalışmalarda dikkat çekici olmuştur. Arazi planlamasını konu alan bir çalışmada, Devito vd. (2023), Kanada'da 20 orta ölçekli havzada 25 yıl boyunca yaptıkları çalışmalarda fizyografya ve uzun yıllar iklim verileri kullanılarak az eğimli arazilerde yıllık yağışlar incelenerek yüzey akışlarının karakteristikleri belirlenmiştir. Böylece az eğimli arazilerdeki yüzey akışların, iklimsel ve arazi kullanım farklılıklarına göre tahminlenmesini sağlayan bir modelleme geliştirilmiştir.

Zeinivand ve Nourmohammadi (2017) Chardavol havzasında bulunan 319 alt havzadaki farklı fizyografya, arazi kullanımı ve toprak özelliklerinin sediment birikimine etkisini incelemişlerdir. Arazi kullanımı ve toprak özelliklerinin sediment birikim verimi üzerinde %79 etkili olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada havza ölçeğinde sediment verimi ile arazi kullanımı arasında görünürdeki ilişkisinden ziyade temelde arazi kullanım modellerini etkileyen fizyografya ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Konusu itibarıyla benzer ancak amacı daha farklı olan bir fizyografya – sediment birikimi çalışmasında, Asadi (2023) Avustralya'daki Logan-Albert havzasındaki yüzey toprak nemi ve NDVI gibi dinamik parametreler ile fizyografya bütünleştiren bir yapay sinir ağları algoritması geliştirerek sediment birikimini tahmin eden bir modelleme geliştirmiştir. Araştırmanın sonucunda havzanın jeomorfolojik özelliklerinin tek başına bu bağlantıyı açıklayamadığını ve havzaya ait biyofiziksel ve hidrolojik özelliklerin de dikkate alınması gerektiğini belirlemişlerdir. Ancak ortaya çıkartılan tahmin modellemesinin havzadaki kaynak kullanıcılarının planlama çalışmalarına, havzanın imar yapılmasına ve havzadaki sediment kontrolünün sağlanmasına yönelik araştırmalarda kullanılacak bir model olabileceğine dikkat çekmişlerdir.

Yeryüzü coğrafyası birçok farklı ve karmaşık sistemin birlikte çalıştığı ve her bir unsurun birbirine hizmet ettiği bir olgudur. Bu yüzden fizyografya temelinde birçok arazi unsurunun yönetimi sürdürülebilir bir şekilde sağlanabilir. Qadir ve El-Rawy (2021)'de Pakistan'daki İndus nehri kıyısında yaptıkları çalışmada fizyografya, hidrolojik eğim, taban suyu ve yüzey altı litolojik heterojenlik gibi doğal faktörlerin suyun kullanımındaki süreçlere mekânsal olarak etkisini incelemişlerdir. Çalışmada farklı yerlerden alınan su örneklerinin kimyasının fizyografya ve yer altı litolojik ve hidrolojik değişimlerinden etkilendiği görülmüştür. Bu araştırmada elde edilen verilerin birbirleriyle korele edilip harita üzerindeki dağılımları incelendiğinde ise yer altı suyu kalitesinin bozulmasında çeşitli faktörlerin rolü hakkında sonuçlara varılmıştır.

Benzer şekilde fizyografya ve su ilişkilerinin incelendiği bir başka çalışma da Wu ve Lu (2021) yer yüzündeki metriklerin akarsuyu su kalitesi ve mevsimsel değişimleri üzerindeki mekânsal etkisini araştırılmıştır. Çalışmaya konu olan Doğu Çin'in 12 tipik alt su havzasında 4 yıl boyunca su kalitesi verileri incelenmiştir. Fizyografya ve arazi kullanım modellerinin noktasal olamayan kaynakların kirlilik sürecine etkileri üzerine yaptığı çalışmada, fizyografyanın su kalitesine etkisinin yerel ölçekte etkili olduğu tespit edilmiştir. Konumsal bir veri olan fizyografyanın da etkisinin araştırıldığı bu çalışmada yer altı suyunun kalitesine etkisinin %4 – 15.9 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Fizyografya, arazideki fiziksel unsurları etkilemesinin yanı sıra arazinin en temel bileşeni olan toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerini de etkilemektedir. Öyle ki; Saini vd. (2021) yaptıkları çalışmada Hindistan'daki Aşağı Himalayalar bölgesindeki Shiwalik sıra dağlarında fizyografyadaki değişime bağlı olarak toprak organik karbon stoklarının değerlendirmesini çalışmışlardır. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde 0-60 cm'deki toprak organik karbonu en fazladan en aza doğru ovalarda, pedimentlerde ve düşük rakıma sahip tepe arazilerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerle yapılan tek yönlü varyans analizinde (Analysis of Variance-ANOVA) arazi kullanımı ve toprak derinliğinden etkilenen toprak organik karbonunun arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Dolayısıyla da fizyografyanın toprak organik karbonu üzerindeki etkisinin anlaşılmasının toprak kalitesi yönetimi için de önemli olacağı anlaşılmıştır. Benzer nitelikteki bir diğer karbon çalışmasında Nave vd (2022)'nin Güney Atlantik eyaletlerinden Güney Carolina ve Kuzey Carolina'da toprağın ve organik karbonun yönetim planlamaları sırasında fizyografya, ekoloji ve toprak özellikleri dikkate alınmasıyla yapılacak planlama çalışmalarında toprak organik karbonu kayıplarını en aza indirebileceğini ortaya koymuşlardır.

Yeryüzü coğrafyasını bir bütün olarak düşündüğümüzde fizyografya sadece araziye oluşturan unsurları değil aynı zamanda üzerinde yetişen bitki topluluklarının da sağlıklı gelişip büyümesi üzerinde etkilidir. Bu yüzden fizyografya yaygın olarak ekolojik gelişimin önemli bir belirleyicisi olarak tanımlanmaktadır ve fizyografya, orman ekosistemlerini etkilemede önemli bir rol oynamaktadır. Bununla ilgili olarak Antunez (2021), orta ve kuzey Amerika'da nesli tükenmekte olan Meksika Porsuğu (*Taxus globosa*) bitkisinin gelişimini etkileyen sıcaklık, toprak pH'sı, yağış ve fizyografya özelliklerinin etkisini araştırmıştır. Araştırmada 3 farklı fizyografyada 29 farklı iklimsel varyasyon ve her birinde farklı topraklar incelenmiştir. Toplanan verilerin birbirleriyle olan istatistiksel ilişkileri kurulmuş ve sıcaklık, yağış ve fizyografya arasında güçlü bir ilişki gözlemlenmiştir. Buna göre nesli tükenme tehlikesinde olan Meksika Porsuğu'nun yetiştirilebilme ekolojisine uygun optimum fizyografik koşulların önerisi yapılmıştır. Bu bağlamda yine yapılan başka bir çalışmada Kelsey vd. (2018) orman envanteri üzerinde iklimin yarattığı stres koşullarını incelerken yükseklik, eğim, bakı, toprak tipleri ve diğer arazi özelliklerini araştırmıştır. Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Sahil çamı (*Pinus pinaster*) karışık ve tek tür meşcereleri üzerine yapılan çalışma kapsamında rakım, eğim ve yönelim gibi fizyografik değişkenler toplanmış ve analiz edilmiştir. Araştırma sonunda fizyografik birimlerin temel özelliklerinin yanı sıra yükseklik, eğim, bakı gibi değişkenlerin de orman meşcerelerinin büyümesi, üretkenliği ve tür kompozisyonunu geliştirerek orman envanteri üzerindeki iklimin yaratacağı olumsuz etkiyi sınırlandırdığı ya da düzelttiğini ortaya koymuşlardır.

Arazi üzerindeki farklılıkların bitkileri doğrudan etkilemesinin yanı sıra bitkiler için bir durak yeri olan ve beslenmelerini sağlayan toprakların içerdikleri besin elementlerinin de farklı fizyografyalarda miktar ve yayışlılık adına değişiklik göstereceği aşıkardır. Bununla ilgili olarak Tanaka vd (2020) Malezya yarımadasındaki yaptıkları çalışmada 6 faklı fizyografik ünite üzerindeki çeltik tarlalarının 50 yıl boyunca toprak özelliklerini ve değişen verimlilik durumlarını incelemişlerdir. Benzer bitki besleme uygulamaları yapılmasına rağmen farklı fizyografyalarda; kil tiplerinde, katyon değişim kapasitelerinde ve bitki besin elementi içeriklerinde çeşitli farklılıklar tespit etmişlerdir. 1960'lı yıllardaki Yeşil Devrim'deki verim artışlarına rağmen farklı fizyografik birimlere bağlı olarak uzun vadede fizyografyanın etkisinin olumlu ya da olumsuz yönlerinin olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonunda farklı fizyografik ortamlardaki farklı toprak özelliklerini dikkate alan uygun gübre uygulama planları, hem verimli ve sürdürülebilir pirinç üretimi hem de çevrenin korunması için gerekli olduğu tespit edilmiştir.

Bitki örtüsündeki değişikliklere ilişkin kapsamlı çalışmalar, ekosistemdeki tüm etkili faktörlerin dikkate alınmasını gerektirir. Bu nedenle, bitki örtüsünün doğru bir şekilde tanımlanması ve ekolojik rollerinin bilinmesi, doğal kaynakların korunmasına ve sürdürülebilir kalkınmaya yardımcı olabilir. Mirazadi vd. (2022) Lorestan eyaletinin Hashtadpahoo ormanlarındaki otsu bitki örtüsündeki değişikliklerini araştırdıkları çalışmalarında farklı vejetasyon tipleri arasında bakı, eğim ve yükseklik gibi arazinin fizyografik özellikleri açısından önemli farklılıkların olduğunu tespit etmişlerdir. Elde ettikleri bitki türü, fizyografik özellik (eğim, bakı ve yükseklik), topraktaki kullanılabilir potasyum ve magnezyum verilerini temel bileşenler analizi kullanarak yorumlamıştır. Araştırmanın yapıldığı Zagros orman alanlarında; ormandaki bitki türü, fizyografya ve toprak özelliklerinin aynı anda değerlendirilmesinin bitki türlerindeki değişiklikleri olumlu yönde etkileyeceğini ve bu ormanların sürdürülebilir yönetiminde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Bitki çeşitliliğinin gelişimine toprak ve fizyografyanın etkisi farklı bölgeler için farklı etki oranları olmasına rağmen birbirlerini doğrudan etkiledikleri birçok çalışmada ortaya konmuştur. Sadeghpour vd. (2019)'nin yaptıkları çalışmada fizyografik, topografik ve toprak özelliklerinin bitki çeşitliliğini nasıl etkilediğini anlamayı ve böylece mera rehabilitasyon teknikleri için değerli bilgiler sağlamayı ve yerel habitatlarda biyolojik çeşitliliği koruma çabalarına öncelik verilmesi gerektiğini araştırmışlardır. Çalışmada bitki çeşitliliği, fizyografya, topraktaki kimyasal ve fiziksel veriler incelenmiştir. Verilerin arasındaki ilişkiyi açıklamak için doğrusal bir yöntem olan artıklık analizi yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlara göre fizyografik faktörler tür zenginliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Öte yandan, toprakların kimyasal özellikleri, ekolojik birimlerin tür eşitliği ve çeşitliliği miktarı üzerinde varyasyonların %89.64'ünü açıklanmasıyla en büyük etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Dünya üzerinde çok sayıda yer yüksek bitki türü zenginliğini desteklerken, antropojenik müdahaleler, yok olma tehdidi altındaki zengin endemik türlere sahip biyolojik çeşitlilik yoğun olduğu alanlara vurgu yapmaktadır. Biyoçeşitliliğin yoğun olduğu bu alanlar, özellikle benzersiz türlerin yaşadığı ve korunması gereken alanları ifade eder. Bu bölgeler, biyolojik çeşitliliğin korunması için öncelikli olarak ele alınmalıdır. Bu tür alanlar, genellikle yüksek bitki türü çeşitliliği, endemik türlerin varlığı ve tehdit altında olmaları nedeniyle önemlidir. Biyolojik çeşitlilik sıcak noktaları, doğal

yaşamın korunması ve gelecek nesiller için türlerin devamlılığının sağlanması açısından büyük önem taşır. Bu nedenle bu alanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi gereklidir. Panda vd. (2020) yaptıkları çalışmada bitki tür zenginliği ile çevresel faktörler arasındaki ilişkileri anlamak, etkili koruma, yönetim ve bozulan bitkisel zenginliği düzeltme yöntemlerini araştırmışlardır. Araştırmada 26 çevresel değişkeni incelemişlerdir. Bu değişkenler içerisinde bulunan ortalama yıllık yağış, sıcaklık, fizyografya ve insan etkisi gibi faktörler bulunmaktadır. İncelenen iklim, fizyografya özellikleri ve insan faaliyetlerinin karmaşık etkileşiminin araştırma yapılan alandaki bitki topluluklarının şekillenmesinde doğrudan etkisi olduğu ancak bu verilere katkı sağlaması adına çalışma yapılan alandaki biyolojik verilerin de dahil edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Bitki topluluklarının arazideki çeşitliliğini araziye ait faktörlerin etkilediğini araştıran bir diğer çalışmada Huebner ve McGill (2018), bitki topluluklarının gelişimine insan etkisiyle yapılan bozulmalar (yangın ya da planlı kesimler) mı ya da fizyografyanın mı etkili olduğu araştırılmıştır. Araştırmada bitki topluluklarındaki degradasyonunu önlemede, fizyografyanın mikroklima gelişimine, toprak karakteristiklerine, suyun kullanılabilirliğine, vejetasyon çeşitliliğine ve ekosistem döngüsüne katkıları sebebiyle karmaşık yapıdaki bu alanların yönetiminde kritik rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Kurak alanlardaki bitki örtüsünün uydu ölçümlerindeki değişkenliği, gelişim süreci ve küresel değişim çalışmalarında yaygın olarak gözlemlenmektedir. Ancak bunun altında yatan nedenler farklılıklar içermektedir ve bunun nedeni tam olarak açıklanamamıştır. Du vd. (2017) yaptıkları çalışmada yeni bir mekânsal istatistiksel yaklaşım olan GeogDetector modelini kullanarak, fizyografik faktörlerin kurak alan bitki örtüsü yeşilliğinin değişiklikleri üzerindeki bireysel ve birleşik etkilerini incelemişler ve bitki örtüsü büyümesini teşvik etmek için her bir temel faktörün en uygun özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışma Çin'in en büyük idari bölgesi olan Xinjiang Uygur Özerk bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonunda kurak alan yeşilliğinin ağırlıklı olarak yağış, toprak tipi, bitki örtüsü tipi ve sıcaklıktan ayrı ayrı veya birlikte etkilendiğini göstermiştir. Fizyografik faktör çiftleri arasındaki etkileşimin, herhangi bir faktörün etkisini artırmış ve bitki örtüsü yeşilliği üzerinde önemli ölçüde doğrusal olmayan etkiler sergilemiştir. Sonuçlar ayrıca, bitki örtüsünün yeşilliğinin başlıca fizyografik faktörlerin uygun aralıkları veya türleri benimsenerek teşvik edilebileceğini ve böylece çevresel bozulmayı azaltmayı amaçlayan ekolojik koruma ve restorasyon için faydalı olabileceğini yorumunu getirmiştir.

Tarım arazilerinin genel arazi özelliklerini ve toprak yönetimi uygulamalarını anlamak, toprak kaynaklarının potansiyelini ve sınırlamalarını doğrulamak ve ilgili arazi yönetimi stratejilerini tasarlamada yol göstericidir. Bu nedenle, Laekemariam vd. (2016) tarım arazilerinin fizyografik özelliklerini, çiftçilerin toprak verimliliği yönetimi uygulamalarını ve bunların toprak verimliliği ve mahsul verimliliği üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Araştırmada rastgele örneklenmiş 789 (düz, hafif ve kuvvetli eğimli) tarım arazisi dahil edilmiştir. Toprak numunesinin yanı sıra eğim, topografya, arazi kullanımı, ürün rotasyonu, nadas, ekim yoğunluğu, ürün kalıntısı yönetimi, gübre kullanımı ve çiftçilerin ürün verimi tahmini ile ilgili veriler toplanmış ve değerlendirilmiştir. Güney Etiyopya'daki Wolaita bölgesinde yapılan araştırma sonucunda tarımın farklı eğim pozisyonlarında (%1-58) yapıldığını belirlenmiştir. Bu durum toprağın fiziko-kimyasal özelliklerinin çoğunu önemli ölçüde

etkilemiş, eğimin artmasıyla toprak hacim ağırlığında artış ve alınabilir fosfor, değişebilir kalsiyum, ekstrakte edilebilir bor, bakır, demir ve çinkoda azalma tespit edilmiştir. Bu nedenle, toprak verimlilik sorunlarıyla mücadele etmek ve potansiyel ürün verimliliğine ulaşmak için uygun toprak koruma önlemleri, onarıcı ürünlerin ekim sistemlerine dahil edilmesi, yerel olarak mevcut organik materyallerin kullanımı, biyo-gübre kullanımı ve dengeli gübreleme gibi faaliyetlerin mevcut üretim modellerine entegre edilmesi önerilmektedir.

Ekosistemdeki doğal yapıların yanlış ve plansız arazi kullanım modelleriyle yönetilmesinden kaynaklanan sorunların sebebi insan baskısının artmasının yanında fizyografik karakteristiklerin de değerlendirilmemiş olmasıdır. Bilgili vd. (2020)'nin yaptıkları çalışmada Erzurum ilindeki Anzav bağları havzasındaki toprakların özelliklerindeki farklılaşmanın tespit edilmesi amacıyla toprak özellikleri ile arazi kullanım modelleri ve fizyografya arasındaki ilişki araştırılmıştır. Farklı eğim gruplarına sahip 129 toprak örneğinin analizleri yapılarak fizyografya ile olan ilişkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre arazi kullanım farklılıklarının toprağın organik maddesi, tekstürü ve bazı değişebilir katyonlar üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Farklı arazi eğimlerinin kum, kil ve kireç miktarını etkilediği ölçülmüştür. Bunun yanı sıra farklı yükseklik gruplarından etkilenen toprak özellikleri organik madde, kum, kil, silt, pH, kireç, P, K, Na ve Mg olduğu, arazinin bakı özelliklerinden etkilenen toprak özelliklerinin ise organik madde, kireç ve değişebilir Na miktarı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak arazilerin fizyografik özellikleri toprak özelliklerinin değişimi ve gelişimi üzerinde önemli bir role sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Alüvyal fizyografiler, nehirler ve akarsular tarafından taşınan tortuların birikmesiyle şekillenen arazileri ifade eder. Bu peyzajlarda, her biri kendine özgü özelliklere sahip çeşitli topraklar bulunabilir (Mandal vd. 2021). Dengiz ve Efendiler (2016) yaptıkları çalışmada farklı zamanlarda depolanmış alüviyaller ve yamaç araziler üzerinde oluşumu toprakların dağılımlarını haritalandırmış ve farklı toprak gruplarını sınıflandırmışlardır. Yapılan çalışmanın sonunda yamaç arazilerdeki sorunların eğim, erozyon ve toprak derinliği olarak tespit edilirken taban arazilerdeki ağır bünyeli topraklarda drenaj, kaba bünyeli topraklarda ise düşük su tutma kapasitesi olarak tespit etmişlerdir.

Fizyografya, yeryüzü şekilleri, iklim modelleri ve bitki örtüsü dahil olmak üzere Dünya yüzeyinin fiziksel özelliklerini ve niteliklerini ifade eder. Arazi kabiliyet sınıflandırması ise arazinin tarım, ormancılık veya kentsel gelişim gibi farklı kullanımlar için uygunluğunu sınıflandırmak ve değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Farklı fizyografyaları ve arazi kabiliyet sınıflandırmalarını anlamak, etkili arazi yönetimi ve planlaması için çok önemlidir (Somantri 2018). Bu yüzden Altunbaş vd. (2020) Antalya'nın verimli alüvyal ovalarından birisi olan ve Aksu çayının oluşturduğu alüvyal arazilerin üst ve orta zonlarında 3 farklı fizyografya tespit etmişlerdir. Araştırmacılar tespit edilen bu fizyografyalardan aldıkları grid esasına dayalı örnek verilerini jeostatistiksel olarak kriging metoduna göre haritalayarak arazi yetenek sınıflaması haritalarını oluşturmuşlardır. Yapılan bu çalışma ile ideal arazi kullanım planlamalarına altlık oluşturmasıyla karar vericilere yol gösterici nitelikte olacak ve verimli arazilerin amacı dışında kullanımına engel olunabilecektir.

Toprak oluşum faktörlerinden birisi olan fizyografyanın toprak profillerindeki farklılıkların ortaya konulduğu bir çalışmada (Demir ve Başayığit, 2021) 3 farklı fizyografyada toprakları morfolojik olarak tanımlamalarını yaparak incelemişlerdir. Araştırmaya konu olan üst etek, alt etek ve alçak plato düzlüğü fizyografyalarından tüm profiller Lithic Xerorthent olarak sınıflandırılmıştır. Üst ve alt etek arazilerinde gelişen toprak profilleri benzer toprak özelliklerini gösterirken alçak plato düzlüklerinde gelişen toprak profillerinin horizon derinlikleri, kalınlıkları, toprak renkleri, kireç mevcudiyetleri, bünyesi ve su karakteristikleri bakımından farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu farklılıkların istatistiksel yaklaşımlarla değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Toprak oluşumu, geliştiği ana materyal de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık bir süreçtir. Farklı jeolojik dönemler ve fizyografyalar, lakustrin ana materyalin bileşiminde, yapısında ve özelliklerinde değişikliklere neden olarak toprakların oluşumunda ve özelliklerinde farklılıklara yol açabilir. Gözükkara vd. (2020) farklı jeolojik devirlerde oluşmaya başlamış lakustrin ana materyal üzerinde gelişen toprakların farklılıklarını araştırdıkları çalışmada yaşlı göl terası fizyografyasında gelişmiş 4, alüviyal teras üzerinde gelişmiş 3 farklı toprak profili tanımlamışlardır. Burdur Gölü çevresinde farklı zamanlarda sudan kurtularak toprak oluşum proseslerinin gelişmeye başladığı bu toprak profillerinde toprakların morfolojik, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonunda incelenen bu profillerdeki kil miktarı, katyon değişim kapasiteleri ve değişebilir katyonları miktarlarında önemli düzeyde farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıklara sebep olarak, profillerin bulunduğu yerlerin zamansal ve mekânsal olarak farklı dönemlerde sudan kurtulduğu ve pedogenetik toprak oluşum faktörlerinin her bir profilde farklı oluşumlar gösterdiği yorumu yapılmıştır.

2.3. Toprak Kalitesi

Tarımsal üretimin vazgeçilmez kaynaklarından toprağın yönetimi, sürdürülebilir çevresel yönetim sistemleri çerçevesinde gerçekleştirilecek uygulamalarla mümkündür. Toprak, sahip olduğu doğal fonksiyonları gereği karasal ekosistemin en önemli bileşenlerindendir. Bu kaynakları yetenekleri doğrultusunda tanımlayarak öncelikle korumalı ve daha sonra da uygun üretim koşullarına ulaşması sağlanmalıdır. Bu yüzden mevcut toprakların potansiyellerini koruyarak ve hatta gerekli ise toprakların kalitesini arttırarak sürdürülebilir bir kullanım sağlamak bütün üretim tekniklerinin ön koşulu olmalıdır. Toprak verimliliği için yapılan analizler, bitki besleme açısından çok önemli bir rol oynamasına rağmen, toprak kalitesinin değerlendirilmesi, büyük ölçekte toprak fonksiyonlarının çevresel etkilerle beraber değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (Jordan ve Manuel 2023) Toprak kalitesi, üretimin sürdürülebilirliğini sağlayacak tarımsal uygulamaların seçiminde kullanıcılar için bir erken uyarı sistemi niteliğinde olacak, ileride yaşanabilecek olumsuzluklar için tedbir alınmasını ön gören bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır (Rahmanipour vd. 2014; Acar 2023). Bu sebeple toprak bilimciler toprağın mevcut potansiyelinin belirlenmesi ve bunun korunması adına toprak kalitesi kavramını geliştirmişlerdir.

“Toprak sağlığı” ve “toprak kalitesi” genellikle birbirinin yerine kullanılan iki

terimdir, ancak aralarında bazı farklar vardır. Toprak kalitesi, toprağın genel durumunu ve bitki büyümesini desteklemek, besin maddelerini döngüye sokmak ve erozyona karşı yalıtım gibi amaçlanan işlevlerini yerine getirme kabiliyetini ifade eder (Harris vd. 2022). Öte yandan, toprak sağlığı özellikle mikroorganizmaların, solucanların ve diğer toprak organizmalarının çeşitliliği ve aktivitesi de dahil olmak üzere toprağın biyolojik yönlerine odaklanmaktadır (Kumawat vd. 2023). Bu biyolojik bileşenler toprak verimliliğinin, besin döngüsünün ve genel ekosistem işleyişinin sürdürülmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Mason vd. 2023). Ayrıca toprak sağlığı, toprağın fiziksel ve kimyasal bileşiminin yanı sıra işlevselliğini etkileyebilecek yönetim uygulamalarını da dikkate alır. Toprak kalitesinin iyileştirilmesi, topraktaki genel biyolojik aktiviteyi ve çeşitliliği teşvik etmeyi, böylece verimliliğini ve zorluklara dayanma kabiliyetini artırmayı gerektirir. Toprak kalitesi, toprağın genel durumunu ve amaçlanan işlevlerini yerine getirme kabiliyetini ifade ederken, toprak sağlığı özellikle toprağın biyolojik yönlerine ve ekosisteminin sağlığına odaklanır.

Toprak kalitesi fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenler de dahil olmak üzere toprağın tüm yönlerini kapsayan daha geniş bir terimken, toprak sağlığı özellikle toprağın biyolojik yönlerine ve genel işlevselliğine odaklanmaktadır (Meersmans vd. 2024). Sağlıklı bir toprak ekosistemi daha iyi besin döngüsüne, daha fazla organik madde içeriğine ve daha iyi su tutma kapasitesine sahip olacağından, toprak sağlığının iyileştirilmesi toprak kalitesinin de iyileşmesine yol açabilir. Özetle, toprak kalitesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönleri de dahil olmak üzere toprağın genel durumunu ve işlevselliğini ifade eder.

Toprak kalitesi kavramı çok genel anlamda toprakların kendine özgü özelliklerinin optimum düzeyde gösterebilmesi olarak tanımlanabilir (Karlen vd. 1997; Mukherjee ve Lal, 2014). Toprak kalitesinin tarım ve ekosistem sağlığı açısından çok önemli bir faktör olduğu uzun zamandır kabul edilmektedir ve toprak bilimi camiasında her geçen gün ilgi odağı olmaktadır. (Karlen vd. 2008; Vasu vd. 2016; Barão vd. 2019). Tarihsel olarak toprak kalitesine ilişkin çalışmalar ilk olarak 20. yüzyılın başlarında ilgi görmeye başlamıştır. Bu süre zarfında araştırmacılar toprağın verimliliğini etkileyen fiziksel ve kimyasal özelliklerini anlamaya odaklanmışlardır (Chen ve Shi, 2020). pH, organik madde içeriği, besin elementlerinin bulunabilirliği ve yararlı su kapasitesi gibi önemli toprak özelliklerini ölçmek için yöntemler geliştirmişlerdir. Tarım yoğunlaştıkça ve sanayileşme arttıkça, toprağın bozulmasıyla ilgili endişeler ve sürdürülebilir uygulamalara duyulan ihtiyaç da artmıştır. 1970'lerde başlayan çalışmalarla birlikte, toprak kalitesi değerlendirme araçlarının geliştirilmesi ve kullanımı zaman içinde gelişmiştir. Bu ilk çabalar, toprak bozulması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına duyulan ihtiyaç konusunda artan farkındalıkla aynı zamana denk gelmiştir. Araştırmacılar, fiziksel, kimyasal ve biyolojik göstergeler de dahil olmak üzere toprak kalitesini değerlendirmek için çeşitli yaklaşımlar araştırmışlardır (Barão vd. 2019). Bu araştırmalarda toprak organizmaları, bitki besin maddeleri, bitkiler ve çevre arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamaya çalışılmışlardır.

Toprağın temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesinin bir ölçütü olarak kabul edilen toprak kalitesinin tespit edilmesinde direkt olarak sayısal bir değerlendirme yapabilmek oldukça zordur. Toprak kalitesini değerlendirmek için kullanılan ilk yöntemlerden bazıları, toprak kalitesi puan kartları ve test kitlerinin geliştirilmesi ve kullanılmasını içeriyordu (Romig vd. 1996; Sarrantonio vd. 1996; Liebig vd. 1996;

Karlen vd. 2008). Bu puan kartları, toprak kalitesini değerlendirmek ve göstergelerdeki değişiklikleri farklı toprak yönetimi uygulamalarına bağlamak için nicel bir formül sağlamıştır. Zaman içinde bilim insanlarının bu çalışmaları çevreciler, çiftçiler ve özellikle de karar vericiler arasında toprak kalitesi değerlendirmesine olan ilgiyi artmıştır. Bu artan ilgi, toprak kalitesine odaklanan ulusal programların, enstitülerin ve sempozyumların oluşturulmasına yol açmıştır (Barão vd. 2019; Doran vd. 1994; Doran ve Jones, 1996; Doran ve Parkin, 1994). Toprak kalitesini değerlendirme kavramı daha sonraki dönemlerde toprak iklimlendirme indeksi (SCI) (NRCS, 2003), tarımsal ekosistemin performansını değerlendirme aracı (AEPAT) (Liebig vd. 2004), arazi değerlendirme karar destek sistemi (MicroLEIS DSS) (De la Rosa vd. 2004), toprak amenajman değerlendirme çerçevesi (SMAF) (Andrews vd. 2004) ve Cornell Toprak Sağlığı Testi gibi birçok toprak kalitesi değerlendirme yöntemiyle geliştirilmiştir.

Toprak temel fonksiyonlarını etkileyen toprak özellikleri kolaylıkla ölçülebilir olarak 2004 yılında geliştirilen toprak amenajmanı değerlendirme çerçevesi (SMAF) toprak fonksiyonlarının incelemek için bir araç olup, amenajman uygulamalarını değerlendirilen bir metot olarak ortaya koyulmuştur (Andrews vd. 2004). Toprak kalite değerlendirmesi, toprakta var olan sorunların araştırılması ve bunların çözüme ulaştırılmasında kullanılacak bir yöntem olmasının yanı sıra kullanılan farklı amenajman tekniklerinin de karşılaştırılması için bir araç olarak kullanılabilir. Bu sebeple toprak kalite değerlendirme çalışmaları benzer iklim veya toprak koşullarına sahip ancak farklı amenajman tekniklerinin uygulandığı durumlarda ya da tam tersi koşullarda, uygun amenajman tekniği ve toprak özelliklerinin ya da uygun üretim bölgesinin belirlenmesinde bir araç olarak kullanılmaktadır.

Dünya çapında toprakların yaygın olarak bozulması nedeniyle toprak kalitesi için daha doğru değerlendirme araçlarının geliştirilmesi çok önemlidir (Karlen vd, 2008; Marzaioli vd. 2010). Bu araçların bütüncül bir yaklaşımı kapsamı ve aşırı su, sıkışma, ağır metaller, asitleşme ve besin kaybı ve organik madde tükenmesi gibi birden fazla faktörü dikkate alması gerekecektir. Ayrıca, toprak kalitesi değerlendirme araçlarının geliştirilmesi ve sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamaları için rehberlik sağlanmasında iş birliği ve araştırma ilerlemeleri çok önemli olacaktır. Dahası, gıda güvenliği, küresel iklim değişikliği ve tarım arazilerinin bozulması gibi süregelen zorluklarla birlikte, toprak kalitesinden tarım arazisi kalitesine doğru bir odak kayması yaşanmaktadır. Bu yüzdendir ki büyük ölçekteki araziler toprak kalitesinin belirlenip bölgelere uygun amenajman yöntemlerinin seçiminde toprak kalitesini büyük bir önem arz etmektedir (Çelik vd. 2021).

Geleceğe baktığımızda, toprak kalitesi değerlendirmesinin sadece bilimsel bir çaba değil, toprak bilimi, ekoloji, ekonomi, sosyoloji ve geleneksel bilgi sistemleri de dahil olmak üzere çeşitli uzmanlıkların iş birliğini gerektiren çok disiplinli bir çaba olduğu açıktır (Chen ve Shi 2020). Bu bütüncül yaklaşım, tarım arazilerinin bozulması sorununu ele almak ve küresel gıda güvenliğini sağlamak için sağlam değerlendirme araçlarının geliştirilmesinde ve sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamalarına rehberlik edilmesinde çok önemli olacaktır. Özellikle yakın geçmişe kadar sözünü ettiğimiz küreselleşen dünya olgusu üretim açısından değişime uğramış, her ülkenin kendi sınırları içerisinde üretimi yetirebilme ve milli kaynaklarını daha etkili kullanma senaryoları geliştirmeye başlamıştır. Böyle bir durumda da doğal kaynakların ve özelinde üretimin en temel ögesi olan toprakların sürdürülebilir kullanımının önemi bir adım daha öne

çıkıştır.

Toprak kalitesinin kavramı içerisinde birçok kavramı barındırdığı için nicel olarak doğrudan ölçümü mümkün değildir. Ancak toprak kalitesi, toprağın yeteneklerini gelişmesinde rol oynayan pedogenetik olayların ve bulunduğu yerdeki diğer değişken faktörlerin birlikte değerlendirilmesiyle tespit etmek mümkündür. Bu tespitleri yapabilmek için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yanı sıra bazı genetik faktörleri ve dinamik arazi durumları birlikte değerlendirilerek veri setleri oluşturulmalıdır. Toprak kalite değerlendirmesi, toprağın yeteneklerini ortaya çıkarmak için gerekli olan gösterge/indikatörlerin belirlenmesi, bu göstergelerin sayısallaştırarak yorumlanması ve çıkan sonuçların bir indeks içerisinde birlikte değerlendirilebilecek duruma getirilmesi gibi temelde üç basamaktan oluşur (Andrews 2004).

Toprak kalitesinin belirlenmesinde ilk aşama olan göstergelerin belirlenmesi aşamasında kullanılan 2 farklı yöntem vardır. Bunlardan ilki çalışma yapılan alandaki toprak özelliklerinden toprakların kalitesini belirleyeceğine inanılan en az sayıdaki göstergelerin seçilerek oluşturulduğu minimum veri setinin (MVS) belirlenmesidir (Karlen vd. 2003; Amirinejad vd. 2011; Veum vd. 2017). Araştırmacılar ve arazi yöneticileri bu göstergeleri analiz ederek toprak ekosisteminin genel sağlığı ve işlevselliği hakkında fikir edinebilirler. Bu bilgiler arazi kullanımı, ürün seçimi ve toprak yönetimi uygulamalarına ilişkin bilinçli kararlar almak için çok önemlidir (Ngo-Mbogba vd. 2015). Bu yaklaşım, daha hedefe yönelik ve verimli toprak yönetimi stratejilerine olanak tanıyarak tarımsal sistemlerde verimliliğin ve sürdürülebilirliğin artmasını sağlayabilir.

Toprak kalitesini belirlemek için çeşitli göstergeleri dikkate almak önemli olmakla birlikte, ana hatlarıyla belirtilen minimum veri setinin her zaman toprak ekosistemlerinin tüm karmaşıklığını yakalayamayabileceğini kabul etmek çok önemlidir. Toprak kalitesi iklim, arazi kullanım geçmişi ve belirli yerel koşullar gibi çok çeşitli faktörlerden etkilenir ve bu faktörler önerilen göstergeler tarafından tam olarak temsil edilemeyebilir. Bu nedenle, toprak kalitesinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için asgari veri setinin belirli bölgesel veya sahaya özgü faktörlere dayalı olarak daha da iyileştirilmesi ve uyarlanması önemlidir. Ayrıca, toprak kalitesi değerlendirmesi için yalnızca önceden belirlenmiş bir dizi göstergeye güvenmek, değişen çevresel koşullara ve gelişen tarımsal uygulamalara uyum sağlama yeteneğini sınırlayabilir. Toprak ekosistemlerine ilişkin anlayışımız gelişmeye devam ettikçe, yeni göstergeleri ve yeni araştırma bulgularını toprak kalitesi değerlendirme protokollerine dahil etmeye açık olmak önemlidir (Thoumazeau vd. 2019). Bu esneklik, toprak sağlığını anlamak ve yönetmek için daha kapsamlı ve uyarlanabilir bir yaklaşım sağlar. Toprak kalitesinin belirlenmesi için minimum veri seti kavramının kendine has avantajları olsa da toprak ekosistemlerinin karmaşıklığını tam olarak yakalamadaki sınırlamalarını kabul etmek önemlidir. Toprak kalitesi değerlendirmesinde daha geniş bir gösterge yelpazesini dikkate alan ve bilimsel gelişmelere duyarlı kalan daha dinamik ve kapsayıcı bir yaklaşımın benimsenmesi, sürdürülebilir arazi yönetimi ve tarımsal uygulamaların teşvik edilmesi için elzemdir.

Toprak kalitesi değerlendirmesi, arazi kaynaklarının etkin bir şekilde anlaşılması ve yönetilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Dengiz 2016). Arazi kullanımı, tarımsal uygulamalar ve çevre yönetimi hakkında bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olur. Toprak kalitesi değerlendirmesinde toplam veri setinin (TVS) kullanılması, toprak

sağlığının kapsamlı ve bütüncül bir şekilde anlaşılmasını sağladığı için önemlidir (Rachman 2019; AbdelRahman vd. 2019; Thoumazeau vd. 2019). Bu yaklaşım, ilgili tüm toprak göstergelerinin dikkate alınmasını sağlayarak toprak kalitesinin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Toprak kalitesi değerlendirmesinde toplam veri setinin kullanılması, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler gibi toprak sağlığına katkıda bulunan çeşitli faktörlerin dikkate alınmasını sağlar. Toprak strüktürü, besin seviyeleri, organik madde içeriği ve mikrobiyal aktivite dahil olmak üzere çok çeşitli göstergeler incelenerek toprak kalitesinin daha incelikli ve ayrıntılı bir değerlendirmesi elde edilebilir. Buna ek olarak, kapsamlı bir veri seti, farklı toprak özellikleri arasındaki etkileşimlerin daha kapsamlı bir analizine olanak tanıyarak besin döngüsü, toprak yapısı gelişimi ve su tutma gibi karmaşık süreçler hakkında öngörü sağlar (Lalitha vd. 2024). Bu anlayış derinliği, arazi yönetimi uygulamalarını belirli toprak koşullarına göre uyarlamak ve sürdürülebilir tarımsal üretkenliği sağlamak için gereklidir. Ayrıca, toplam veri seti yaklaşımı, toprak ekosistemindeki potansiyel sorunların ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesini kolaylaştırır (Tripathy vd. 2023). Birden fazla göstergenin eş zamanlı olarak ele alınmasıyla, tek tek faktörler ayrı ayrı analiz edildiğinde görülemeyebilecek örüntü ve korelasyonların tespit edilmesi mümkün hale gelir. Bu bütüncül bakış açısı, toprak bozulmasını düzeltmek ve genel toprak kalitesini artırmak için hedeflenen müdahalelerin tasarlanması açısından değerlidir (Rachman 2019). Özetle, toprak kalitesi değerlendirmesinde toplam veri setinin kullanılması, toprak sağlığının kapsamlı ve çok boyutlu bir şekilde anlaşılmasını sağlayarak, arazi yöneticilerini ve tarım uygulayıcılarını hem verimliliği hem de çevresel sürdürülebilirliği destekleyen iyi bilgilendirilmiş kararlar almaları için güçlendirir.

Toprakların kalitelerinin belirlenmesi için gerekli ikinci aşama, hazırlanan veri setindeki (MVS ya da TVS) göstergelerin doğrusal ya da doğrusal olmayan yöntemlerle skorlanarak yorumlanmasıdır.

Toprak kalitesinin belirlenmesinde skortlama, toprak kalitesiyle ilgili farklı parametrelere veya göstergelere sayısal değerler veya skorlar atanmasını içeren önemli bir adımdır (Yu vd. 2018). Değişken birimlere ve değer aralıklarına sahip toprak niteliklerine ilişkin veriler normalleştirilir ve puanlama eğrileri kullanılarak 0 ile 1 arasında birimsiz puanlara dönüştürülür (Acar 2023; Chaudhry vd. 2024). Bu da her birisi farklı birimlere sahip göstergelerin birbirleriyle ilişkilendirilip kıyaslanabilecekleri ortak bir payda da buluşturuldukları anlamına gelmektedir. Bu skortlama sürecine doğrusal ya da doğrusal olmayan bir şekilde yaklaşılabilir. Doğrusal skortlama, basit ve tutarlı bir ölçeğe dayalı olarak toprak kalitesi göstergelerine skorlar atamayı içerir (Majeed vd. 2023). Öte yandan, doğrusal olmayan skortlama, her bir göstergenin göreceli önemine veya etkisine dayalı olarak skorların atanmasını içerir (Xi 2023). Bu, skorların değerlendirilen gerçek değerler veya koşullarla doğrusal olarak ilişkili olması gerekmediği anlamına gelir. Doğrusal olmayan skortlama, farklı göstergeler arasındaki karmaşık ilişkileri ve bunların genel toprak kalitesi üzerindeki birleşik etkisini dikkate alır. Doğrusal ve doğrusal olmayan skortlama arasındaki seçim, toprak kalitesi değerlendirmesinin belirli hedefleri, veri ve kaynakların mevcudiyeti ve değerlendiricilerin uzmanlık düzeyi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Majeed vd. 2023). Toprak kalitesinin belirlenmesinde doğrusal veya doğrusal olmayan bir skortlama yaklaşımının kullanılıp kullanılmayacağına karar verirken, toprak sağlığı göstergelerinin karmaşıklığını ve birbirine bağıllığını göz önünde bulundurmak önemlidir. Doğrusal

olmayan puanlama, farklı parametreler arasındaki dinamik ve genellikle doğrusal olmayan ilişkileri dikkate alarak toprak kalitesinin daha bütünsel bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (Işık vd. 2024).

Doğrusal olmayan skorlamada, her bir göstergenin göreceli önemi dikkatlice değerlendirilir ve ağırlıklandırılır, bu da daha ayrıntılı ve kapsamlı bir değerlendirmeye olanak tanır (Majeed vd. 2023; Xiao vd. 2022). Örneğin, toprak sıkışması doğrusal bir çerçevede doğrusal bir ölçek kullanılarak değerlendirilebilse de, doğrusal olmayan değerlendirme, genel toprak durumunun daha kesin bir göstergesini sunmak için sıkışma, besin seviyeleri ve mikrobiyal aktivite arasındaki karşılıklı ilişkileri dikkate alabilir.

Skorlama yaklaşımının seçimi, toprak kalitesi değerlendirmesinin özel hedefleriyle uyumlu olmalıdır. Amaç, toprak göstergeleri arasındaki karmaşık ilişkileri ve bunların genel toprak kalitesi üzerindeki etkisini ortaya çıkarmaksa, doğrusal olmayan bir puanlama sistemi daha aydınlatıcı bir değerlendirme sağlayabilir (Moghim vd. 2024). Ayrıca, verilerin kullanılabilirliği ve değerlendiricilerin uzmanlığı, en uygun skorlama yönteminin belirlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır (Bouzoudja vd. 2020). Doğrusal olmayan bir skorlama yaklaşımı tercih edilerek, toprak kalitesi değerlendirmeleri toprak kalitesinin karmaşıklığını daha iyi yansıtabilir ve tarım ve çevre yönetiminde bilinçli karar verme için daha ayrıntılı bilgiler sağlayabilir (Karlen ve Stott, 1994; Andrews vd. 2004; Wienhold vd. 2009; Marzaioli vd. 2010; Askari ve Holden, 2014; Günel vd. 2015; Veum vd. 2015a, Veum vd. 2015b; Raiesi, 2017; Lu vd. 2019; Valani vd. 2020; Bouzoudja vd. 2020; Rachman, 2019; De Laurentiis vd. 2019; Jimenez vd. 2022).

Toprak kalitesinin belirlenmesinin son aşaması, skorlanmış olan her bir kalite göstergesinin bir indeks içerisinde birleştirilerek Toprak Kalite İndekslerinin (TKI) oluşturulmasıdır. İndeksleme işlemi basit eklemeli (Andrews ve Carroll, 2001; Andrews vd. 2002; Cherubin vd. 2016), ağırlık ilaveli (Karlen vd. 1998a; Mukherjee ve Lal, 2014; Vasu vd. 2016) veya çarpımsal indeksleme (Doran ve Parkin, 1996) yöntemleri kullanılabilir. Basit eklemeli indeksleme yönteminde göstergelerin skorlarının toplanması ve toplam gösterge sayısına bölünmesiyle bulunan bir aritmetik ortalama işlemidir. Ağırlıklı ilave yönteminde ise temel bileşenler analizinden (PCA) elde edilen ağırlıkların skorlarla çarpılması sonucu elde edilmiş indeksleme işlemidir (Negaresh vd. 2016; Kumar vd. 2017; Liu vd. 2017; Dengiz 2020; Acar 2023). Bir diğer ağırlıklandırma yöntemi ise Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'dir. Bu yöntem ağırlıklandırma skorlanan indikatörlere AHP ile belirlenen ağırlıkların verilmesiyle indeksleme yapılır. AHP ile ağırlıklandırma yönteminde, indikatörlerin değerlendirmesi uzman görüşleri alınmasıyla, çıkan skorların matematiksel bir yöntemle değerlendirilmesiyle indeksleme işlemi yapılır (Othman vd. 2010; Salehpour Jam vd. 2017).

2.4. Farklı Fizyografya ve Arazi Kullanım Modellerinde Toprak Kalitesi

Toprak kalitesi değerlendirmeleri, farklı fizyografyaların ve arazi kullanımlarının sağlığını ve verimliliğini anlamak ve değerlendirmek için gereklidir (Budak vd. 2017). Bu değerlendirmeler, uygunsuz yönetim uygulamaları, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormansızlaşma, kentleşme, endüstriyel faaliyetler ve iklim değişikliği gibi

çeşitli faktörlerin neden olduğu toprak işlevlerindeki bozulma veya değişikliklerin belirlenmesine yardımcı olur. Toprak kalitesini değerlendirerek, toprağın bir ekosistem sınırı içinde ne kadar iyi işlediğini ve ürün verimliliği için sürdürülebilir olup olmadığını belirleyebiliriz (Vasu vd. 2019). Ayrıca, toprak kalitesi değerlendirmeleri, insan yönetimi kararlarının doğrudan ve dolaylı çevresel etkilerini değerlendirmek için etkili bir yöntem sağlar. Toprak kalitesinin değerlendirilmesi, tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için gereklidir (Tripathy vd. 2023). Dünyanın birçok bölgesinde, yoğun arazi kullanımı ve diğer faktörler nedeniyle toprak kalitesinde hızlı bir düşüş yaşanmaktadır. Bu nedenle, potansiyel sorunları belirlemek, uygun yönetim uygulamalarını hayata geçirmek ve toprak ve tarım sistemlerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için farklı fizyografyalarda ve arazi kullanımlarında toprak kalitesini izlemek ve değerlendirmek çok önemlidir. Sonuç olarak, toprak kalitesi değerlendirmeleri, farklı fizyografyaların ve arazi kullanımlarının sağlığını ve verimliliğini anlamada ve sürdürmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu değerlendirmelerin, bozulmayı tanımlamak, bir ekosistem içinde toprağın sürdürülebilirliğini değerlendirmek ve insan yönetimi kararlarının çevresel etkilerini değerlendirmek için gerekli olduğu açıktır (Karlen vd. 2019). Toprak ve tarım sistemlerinin uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için, çeşitli fizyografyalarda ve arazi kullanımlarında toprak kalitesinin sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesi zorunludur (Tripathy vd. 2023). Bu değerlendirmelere dayalı uygun yönetim uygulamalarını hayata geçirerek, potansiyel sorunları hafifletmek ve gelecek nesiller için toprağımızın ve tarım sistemlerimizin bütünlüğünü korumak için çalışabiliriz.

Toprak kalitesi, tarımsal üretkenlik ve ürün veriminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Farklı fizyografyalar, farklı jeolojik oluşumlara, iklim modellerine ve yeryüzü şekillerine sahip çeşitli arazileri ifade eder (Paoloni ve Uriarte, 1995). Farklı fizyografyaların toprak kalitesi üzerinde farklı etkileri olabilir ve bu da ürün yetiştiriciliği sistemlerinin genel verimliliğini etkileyebilir (Marzaioli vd. 2010). Bu nedenle, toprak kalitesini etkileyen belirli faktörleri anlamak ve sürdürülebilir toprak yönetimi ve tarımsal uygulamalar için etkili stratejiler geliştirmek amacıyla farklı fizyografyalarda toprak kalitesi çalışmaları yürütmek önemlidir. Farklı fizyografyalardaki toprak kalitesindeki değişimleri anlamak, tarımsal verimliliği artırmak için özel stratejiler geliştirmek için gereklidir. Topografya, ana materyal ve iklim gibi faktörler tekstür, strüktür ve bitki besin elementi içeriği gibi toprak özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir (Laekemariam vd. 2016). Örneğin, tepelik alanlardaki topraklar erozyona eğilimli olabilir ve bu da toprak verimliliğinin azalmasına neden olurken, alçak alanlarda su basması yaşanabilir ve bu da toprağın havalanmasını ve besin kullanılabilirliğini etkileyebilir. Ayrıca, farklı fizyografik ünitelerin, toprak kalitesini etkileyebilecek kendine özgü toprak yönetimi uygulamaları veya tarım sistemlerine ihtiyacı olabilir. Bu nedenle, farklı fizyografyalarda toprak kalitesi çalışmaları yürütmek, toprak yönetimi ve tarım uygulamaları için belirli zorlukları ve fırsatları belirlememize olanak tanır (Nave vd. 2022). Farklı fizyografik bölgelerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik göstergelerle toprak özelliklerini değerlendirerek, toprak kalitesini etkileyen faktörleri ve tarımsal üretkenlik için potansiyel sınırlamaları hakkında bilgi edinebiliriz. Bu bilgi daha sonra toprak koruyucu uygulamalar, uygun gübre ve besin elementi yönetimi stratejileri ve arazi kullanım planlama teknikleri gibi hedefe yönelik yöntemler geliştirmek için kullanılabilir. Bu yöntemler toprak kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olabilir ve farklı fizyografyalarda sürdürülebilir tarımı teşvik edebilir (Marzaioli vd. 2010). Ayrıca, farklı

fizyografyalardaki toprak kalitesini karşılaştırarak, benzer bölgelerde paylaşılabilecek ve uygulanabilecek en iyi uygulamaları ve başarılı toprak yönetimi stratejilerini belirleyebiliriz. Bu nedenle, farklı fizyografyalarda toprak kalitesi çalışmaları yürütmek, toprak sağlığını etkileyen belirli faktörleri anlamak ve sürdürülebilir toprak yönetimi ve tarımsal uygulamalar için etkili stratejiler geliştirmek açısından çok önemlidir.

Toprak kalitesi değerlendirmelerinde kullanılan indikatörlerin farklı fizyografyalarda değerlendirmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada Saini vd. (2021) Hindistan'ın Shiwaliks bölgesinde tepelik ve alüviyal düzlük arazilerde toprak organik karbon (TOK) stokunun değişimini incelemişlerdir. 0-60 cm'den yapılan toprak örneklemelerine göre TOK stoğu düzlük alüviyal düzlük arazilerde en yüksek iken onu sırasıyla pediment ve tepelik bölge arazileri takip etmektedir. Bununla birlikte yüzeydeki TOK stoğu düşük eğimli arazilerde en yüksek iken onu takip eden orta eğimli arazilerde orta seviyede ve eğimi yüksek arazilerde ise en düşük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan ANOVA analizine göre de toprak kullanımı ve derinliği tarafından etkilenen TOK konsantrasyonu ve stoğu arasında önemli farklılıklar ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın bir sonucu olarak fizyografyanın TOK'un üzerinde etkili bir faktör olduğu yorumu yapılmıştır.

Burak vd. (2020) mera kalitesi ve mevsimsel değişimlerin yanı sıra fizyografik etkilere de vurgu yapılarak, Ferralsol bir toprak için bir toprak kalite endeksini değerlendirmek ve haritalamak üzere bir çerçeve geliştirilmişlerdir. Farklı bozulma seviyelerine sahip mera alanlarında toprak örtüsünü belirlemişler ve mera kalitesi ve verimliliği ile ilişkili minimum veri setini ile toprak kalitesini oluşturmak için kısmi en küçük kareler regresyonu modelini seçmişlerdir. Dağlık fizyografyaların gelişen Ferrasollerden bazik katyonların derine yikanmasıyla oluşan asit karakterli topraklarda organik madde artmasına rağmen meralarda toprak kalitesi için düşük tespit edilmiştir. Alçak arazilerde ise daha az ayrışmış saproliti ortaya çıkmasıyla daha kaliteli Ferrasoller tespit edilmiştir.

Demirel vd. (2021) yaptıkları bir araştırmada Antalya'nın Aksu alüviyal ovasındaki arazilerde 3 farklı fizyografyada (taşkın düzlüğü, nehir sırtı, yan dere alüviyalı) toprak kalitelerini belirlemişlerdir. 0-20 cm derinlikten alınan 75 toprak örneğinin alındığı 1625 ha arazideki toprakların %50.1' düşük (%40-55), %44.8 orta (%55-70) ve %5.1'i yüksek (%70-85) kaliteli toprak olarak sınıflandırılmıştır. Verimli topraklar olarak nitelendirilebilecek alüviyal toprakların daha az kaliteli tespit edilmiş olmasına sebep olarak arazilerde mevcut uygulanan yoğun tarımsal uygulamaların yarattığı olumsuzluklar olarak yorumlamışlardır.

Fizyografyanın pedogenik süreçleri güçlü bir şekilde etkilediğini savunan Kumar vd. (2023) tepelik ve dağlık arazilerdeki toprakların değişkenliklerini incelemişlerdir. Çeşitli eğimli arazileri tanımlama için sayısal arazi modeli kaynaklı topografik konum indeksi kullanılmış ve arazi kullanım modelleri rastgele orman makine öğrenme tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Toprak kalite parametrelerini karakterize etmek için toplam karbon, toplam organik madde, toplam azot ve agregat stabilitesi gibi indikatörler kullanılmıştır. Çalışma, tepelik ve dağlık arazilerde, topografya ve arazi örtüsü tiplerinin toprak kalitesini belirlemede önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir.

Baruah vd. (2022) Hindistan'ın Jorhat bölgesindeki alüviyal arazilerde pirinç-

nadas şeklindeki bir üretim modelinde toprak kalitesi değerlendirmesi yapmışlardır. Araştırmada hacim ağırlığı, kation değişim kapasitesi, toplam N, organik karbon, EC, kullanılabilir B, Fe, Zn, K₂O ve ekstrakte edilebilir Ca toprak kalite göstergeleri olarak kullanılmıştır. Her bir indikatörün toprak kalitesine katkısının değerlendirildiği bu çalışmada toprak kalitesine en az etki eden indikatör hacim ağırlığı (%16.74) olarak bulunmuştur.

Sürdürülebilir olmayan arazi yönetimi uygulamaları, dik yamaçlar ve iklim değişikliği dağlık ve tepelik ekosistemleri tahrip etmektedir. Dolayısıyla dağlık ve tepelik bölgelerdeki toprak erozyonu, toprak kalitesi için önemli bir tehdittir. Bu yüzden David ve Kumar (2022)'a göre toprağın hidrolojik özellikleri, dağlık ve engebeli bölgelerde toprak kalitesi değerlendirmesi için kullanılabilecek en potansiyel göstergelerdir. Araştırmacılar Jeo-uzamsal teknolojiler kullanılarak toprak kalitesinin arazilerdeki dağılımını belirleyip dağlı ve engebeli arazilerdeki erişilemeyen bölgelerin toprak kalitesi değerlendirmelerinin iyileştirilebileceğini savunmaktadırlar.

Genel olarak, toprak kalitesi değerlendirmesine ilişkin geçmiş ve mevcut çalışmalar, toprak kalitesini etkileyen faktörler ve çeşitli arazi kullanım modellerinin etkinliği hakkında değerli bilgiler sağlamıştır (Karlen vd. 2019). Toprak Yönetimi Değerlendirme Çerçevesi, arazi kullanımı ve yönetim uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için geliştirilmiş bir yöntemdir (Cherubin vd. 2016). Arazi kullanımı ve yönetim uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkilerini anlamak için çeşitli faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Örneğin, tarım, ormancılık, kentsel gelişim veya madencilik gibi arazi kullanım türlerinin toprak kalitesi üzerinde farklı etkileri olabilir. Tarım gibi bazı arazi kullanımları, genellikle toprağın bozulmasına ve besin maddelerinin tükenmesine yol açabilecek yoğun tarım uygulamalarını içerir (Marzaioli vd. 2010). Ayrıca, toprak işleme, sulama, gübreleme ve kimyasal pestisit uygulaması gibi yönetim uygulamaları da toprak kalitesini etkileyebilir. Bu uygulamalar toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirebilir. Erozyona, organik madde kaybına, sıkışmaya ve besin dengesizliklerine yol açabilirler. Zaman içinde bu değişiklikler toprak verimliliğinin azalmasına, su sızma ve tutma kapasitesinin düşmesine, yüzey akışının ve erozyonun artmasına ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olabilir. Sonuç olarak, arazi kullanımı ve yönetim uygulamalarının toprak kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğu açıktır. Tarım, ormancılık, kentsel gelişim veya madencilik olsun, her bir arazi kullanımı toprak üzerinde farklı baskılar oluşturabilir ve sonuçta toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir.

Ormanlar gibi arazi kullanımlarının ekim alanlarına dönüştürülmesi ve ekim alanlarındaki hatalı yönetim uygulamaları toprağın bozulmasına neden olmaktadır. De vd. (2022), Himalaya terasını kapsayan ve alüvyonlu ovalara yaklaşan doğu Hindistan'ın temsili küçük bir bölümünde bu etkilerin boyutunu anlamak için bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada orman, 50-60 yıldır tarımsal uygulamalar yapılan ekili alanlar ve son 15-20 yılda ormandan ekili tarım arazisine dönüştürülmüş araziler kullanılmıştır. Araştırma sürekli organik madde birikiminin ve herhangi bir bozulmanın olmamasının orman topraklarında en yüksek toprak karbon stoklarının varlığına, daha fazla agregasyona ve maksimum mikrobiyal dinamiğe neden olduğunu gösterirken, yüksek miktarda gübre uygulamasının ekili alan topraklarında en yüksek kullanılabilir azot ve fosfora neden olduğunu göstermiştir. Yapılan toprak kalite değerlendirmesinde en kaliteli toprakların ormanlarda (0.532), daha az kaliteli toprakların dönüştürülmüş arazilerde (0.432) ve en

düşük kaliteye sahip toprakların da uzun süre tarım yapılan arazilerde (0.301) olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar aşırı toprak işleme, yüksek ekim yoğunluğu, ekim nöbetlerinde baklagil olmaması, ağır besleyici ürünlerin yetiştirilmesi gibi uygulamaların ekim alanlarında toprak kalitesinin bozulmasına neden olduğunu yorumlamışlardır.

Benzer bir çalışmada Kooch vd. (2023) ormanın meraya dönüştürülmesi, toprak kalitesi göstergeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan en yaygın arazi kullanım değişikliği biçimlerinden biri olduğunu savunmaktadırlar. Yaptıkları araştırmada 30 yıldan fazladır ormandan meraya çevrilerek kullanılan arazilerde arazi kullanım değişikliğinin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin durumunu incelemişlerdir. Araştırmanın sonuçları, arazi kullanımının ormandan meraya değişmesinin ardından toprak gözenekliliği, agregat stabilitesi, pH, elektriksel iletkenlik ve bitki besin elementi (yani toplam N ve kullanılabilir P, K, Ca ve Mg) içeriklerinin arttığını, buna karşın toprak hacim ağırlığı ve C/N oranının azaldığını göstermiştir. Buna ek olarak, toprak biyotası (toprak solucanları, akarına, kollembola, nematod, protozoa, bakteri ve mantar) popülasyonu, mikrobiyal ve enzim aktiviteleri, ormandan meraya otuz yıldan fazla süren arazi kullanım değişikliğinden sonra azaldığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak toprak kalitesi, ormandan meraya dönüşümünden sonra otuz yıldan fazla süren arazi kullanım değişikliğinde iyileşmemiştir ve bu da bozulmuş orman ekolojisini diğer arazi kullanım modellerine dönüştürmek yerine yerli ağaç türleri ile iyileştirilmesi edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Tropikal ekosistemlerdeki sürdürülebilir olmayan üretkenliği ve buna bağlı toprak kalitesindeki düşüş arazi kullanımlarındaki değişkenliklerin araştırılmasını ve daha etkili yönetim seçeneklerinin oluşturulması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Nijerya'nın Gine Savanasındaki çalışmada (Obidike vd. 2023) arazi kullanımı değişikliklerinden kaynaklanan toprak kalitesi değişimleri incelenmiştir. Orman alanları ve orman alanlarından ekili tarımsal arazilere dönüştürülmüş arazilerde yapılan toprak kalite değerlendirmelerinde, toprak organik karbonunun %42 azaldığını tespit edilirken toprak tekstür boyutlarının arasında da önemli farklılıklar ($p=0.01$) tespit edilmiştir. Buna göre kalan ormanlık alanların korunması ve dolayısıyla gıda güvenliği riskinin azaltmak için yeni tarımsal politikaların gelişmesi gerekliliğini yorumlamışlardır.

Arazi kullanımlarındaki değişimleri takip etmek toprak kalitesinin değerlendirilmesi ve sürdürülebilir arazi yönetim modellerinin geliştirilmesi için değerlidir. Kurak arazilerden çeltik tarımına dönüşümün olduğu bir arazi kullanımında Yang vd. (2023) toprak kalitesindeki zamansal değişimini tespit etmeye çalıştıkları çalışmada, farklı sürelerde (0, 10, 20, 30 yıl) farklı toprak türlerinde (çayır ve albik toprak) toprak kalitesi değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışmada toprak organik karbonu, alınabilir P, nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{--N}$), alınabilir K, ince kum, kaba kum ve pH minimum veri setini oluşturan indikatörler olarak belirlenmiştir. Çayır arazilerinde toprak kalitesi ilk 10 yılda önemli ölçüde artmış ve 30 yılda en düşük seviyeye ulaşmıştır ($p < 0.05$). Albik toprakda, toprak kalitesi 20 yıl içinde sabit kalmış ve ardından 30 yıl içinde önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Meralar insanlara birçok destekleyici, düzenleyici ve sağlayıcı ekosistem hizmeti sunmaktadır. Ancak üzerlerinde artan antropojenik baskı, bozulmalarına ve verimliliklerinin azalmasına neden olmaktadır. Tadla vd. (2019) Etiyopya'daki Abargay merasının 30 yıldır koruma altındaki ve koruma altında olmayan bitişik birimlerinin

toprak kalitesini değerlendirmişlerdir. Son otuz yıldır korunan mera arazisi, korunmayan araziye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek kil ve silt fraksiyonları, daha düşük hacim ağırlığı, daha yüksek toplam gözeneklilik, daha yüksek organik madde ve bitki besin elementi (azot, fosfor ve potasyum) içeriği gösterdiğini tespit etmişlerdir. Hacim ağırlığı, pH, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyumun puanlanmasına dayanan bileşik toprak kalitesi indeksinde, korumalı meralarda (0.61) korumasız arazilere (0.45) kıyasla önemli ölçüde daha yüksek belirlenmiştir. Korunmayan meralar farklı toprak kalitesi parametreleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu ve ekosistem sürdürülebilirliği için gerekli koruma önlemlerinin alınması gerekliliği ortaya çıkarılmıştır.

Sürdürülebilir toprak yönetimi ve toprak bozulmasını değerlendirmek için toprak kalitesini modelleme ve izleme yöntemlerine ihtiyaç vardır. İran'da artan kaynak talepleri, yarı kurak meşe ormanlarının ormansızlaşmasına yol açmıştır; ancak bu faaliyetlerin toprak kalitesinin mekânsal dağılımı üzerindeki etkileri belirsiz olduğu tespit edilmiştir. Taghipour vd. (2022)'nin yaptıkları çalışmada, toprak biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden entegre bir toprak kalite indeksi (SQI) hesaplanmış ve dijital toprak haritalama yaklaşımıyla ormansızlaştırılmış alan ile korunan ormanlık alanı karşılaştırılmıştır. Her iki alandan da 50 toprak örneği alınarak 14 toprak özelliği ölçülmüştür. Sonuçlar, korunan alandaki toprak organik karbon, toplam azot, mevcut potasyum, katyon değişim kapasitesi, pH, kil, yarıyışlı su içeriği ve bazal solunumun bozulmuş orman alanından anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermiştir. Toprak kalitesi korunan alanda önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışma ile, dijital toprak haritalama tekniklerini kullanarak ormansızlaşmanın toprakların mekânsal dağılımı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir çerçeve sunduğu ve etkili arazi kullanımı planlaması ile sürdürülebilir orman kaynaklarının yönetim stratejilerini kolaylaştırabileceği tespit edilmiştir.

Rasouli-Sadaghiani vd. (2018) Batı Azerbaycan ve İran'da tarım arazisi, meyve bahçesi ve çayır alanlarından alınan toprak örnekleri, bitişik doğal orman arazisinden alınan toprak örnekleri ile karşılaştırılarak, arazi kullanım değişikliğinin toprak parametreleri üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Toprak kalitesinin değerlendirilmesinde örneklerde mikrobiyal biyokütle karbonu, mikrobiyal bazal solunum, metabolik katsayı (qCO_2), substrat indüklenen solunum (SIR), karbon kullanılabilirlik indeksi, mikrobiyal karbonun toprak organik karbonuna oranı (C_{mic}/C_{org}) ve toprak organik karbonu (SOC) hesaplandı. Ormansızlaşma ve uzun vadeli arazi kullanımı, toprağın biyolojik özellikleri üzerinde olumsuz etkiler gösterdiği vurgulanmıştır. Toprak organik karbonu, orman arazisine kıyasla tarım arazilerinde %67.7, meyve bahçelerinde %43.6 ve çayır alanlarında %36.3 ortalama ise %49.2 oranında azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, mikrobiyal bazal solunum ve mikrobiyal biyokütle karbonu, orman arazisine kıyasla sırasıyla ortalama %41.3 ve %34.8 azaldığı tespit edilmiştir. Araştırma sonunda arazi kullanım değişikliği, bitişik çayır ve orman arazileri ile karşılaştırıldığında, toprak kalitesi üzerinde dikkate değer bir olumsuz etki yarattığı ve sürekli ekilen arazilerde, toprak organik karbonunu artıran etkili bitki kalıntıları ve gübrelerin geri dönüşümünü içeren uygun yönetim uygulamalarının uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Nabiollahi vd. (2020) batı İran'da 53.20 km²'lik kuru tarım arazilerinde iki toprak tipinde (Entisol ve İnseptisol) kışlık buğday tarlalarının toprak kalitesi

değerlendirilmişlerdir. Çalışmada toprak kalite indeksinin farklı yöntemlerle (faktör analizi ve çoklu doğrusal regresyon) ağırlıklandırma teknikleri de incelenmiştir. Minimum veri setine göre belirlenen toprak göstergeleri kullanılabılır K, kil miktarı (%), kation değişim kapasitesi, kullanılabılır P, toprak mikrobiyal solunumu ve kum miktarı (%) olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, hem çoklu doğrusal regresyon ile ağırlıklandırma hem de faktör analizi ile ağırlıklandırmada ortalamalarının ve kuru tarım buğday veriminin Inceptisoller için Entisollerden daha yüksek olduğunu, ancak bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermiştir. Hem çoklu doğrusal regresyon ile ağırlıklandırma hem de faktör analizi ile ağırlıklandırmada, Entisoller olan alanların iyi toprak kalite derecelerinin daha düşük oranda, kötü toprak kalite derecelerinin daha yüksek oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, toprak kalitesini korumak ve sürdürülebilir üretimi sağlamak için gelecekteki çalışmalarda toprak tipinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Ekim sistemlerinin sürdürülebilir yoğunlaştırılması, ürün rotasyonları kullanımıyla sistemlerin çeşitlendirilmesine ve toprak kalitesinin iyileşmesine katkıda bulunabilir. Serri vd. (2022) yaptıkları çalışmada bitki döngüleri ve kış servis bitkilerinin kullanımının toprak mikrobiyal çeşitliliğini artırabileceğini ve bu da bitkiler, toprak ve ekosistem için faydalı sonuçlar doğurabileceğini ve bunların toprak kalitesine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada toprak organik karbonu, toplam organik azotu, temel infiltrasyon hızı, mikrobiyal solunumu ve fluorescein diasetat hidrolizini içeren bir dizi göstergeyi kullanarak farklı bitki dizilerinin kalitesini değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, yoğun arazi kullanımı olan dizilerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini ve mikrobiyal topluluğun bolluğunu artırdığını göstermektedir. Özellikle çift ekim yapılan buğday/soya fasulyesi- kış servis bitkisi/mısır sisteminin toprak kalite indeksini %73 artırdığını tespit etmişlerdir.

Yoshimura vd. (2023) patates yetiştiren çiftliklerde toprak verimliliğini değerlendirmek için kullanılan bir toprak kalite indeksi (SQI) hesaplaması üzerine bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada Japonya'nın Tokachi bölgesinde, alüvyon birikintileri, volkanik kül ve turbadan oluşan toprak ana materyallerine sahip alt toprak özelliklerini ve yüzey toprak tabakası derinliğini de içeren bir toprak kalite indeksi hesaplaması yapılmıştır. Hem fiziksel hem de kimyasal toprak özelliklerinin seçildiği verilerde, temel bileşen analizi (PCA) ve regresyon analizi kullanılmıştır. Sonuç olarak, alt toprak özelliklerini göz önünde bulunduran toprak kalite indeksleri verimle ilişkilendirilememiştir. Ancak yüzey toprak tabakası derinliğini göz önünde bulunduran toprak kalite indeksi, toprak tipine ve çeşide bakılmaksızın anlamlı olarak tespit edilmiştir. Derin bir yüzey toprak tabakası, bitki kökleri için daha fazla makropor sağlayacak ve yağışın yüksek olduğu büyüme mevsiminde toprak kalitesini büyük ölçüde etkileyeceği sonucuna varılmıştır.

Kusumawati vd. (2023) uzun vadeli monokültür dönemlerinin (1-10, 11-20 ve 21-30 yıl) farklı toprak ordoları (Entisol, İnseptisol ve Vertisol) üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Toprak kalitesi İnseptisollerde %28,2 artmış, Vertisollerde %25,8 azalmış ve Entisollerde 30 yıllık monokültür dönemlerinde belirgin bir artış göstermemiştir. Araştırma sonucu olarak uzun vadeli şeker kamışı monokültürünün toprak kalitesi üzerindeki etkisi büyük ölçüde toprak sınıfına bağlıdır ve bu nedenle sürdürülebilir şeker kamışı tarımı ve optimal verim için yerel toprak sınıfına dayalı arazi yönetimi önerilmiştir.

Brar vd. (2023) yaptıkları çalışmada daha karlı baklagil ürünleriyle baskın olan pirinç-buğday ekim sistemini çeşitlendirmek ve toprak kalitesini ve ürün verimliliğini artırdığını araştırmışlardır. Bu amaçla, Hindistan'ın Ludhiana şehrindeki bir araştırma çiftliği alanında altı farklı ekim sisteminin (pirinç-buğday, mısır-buğday, pamuk-buğday, yeşil fasulye-rayak, yeşil fasulye-buğday ve soya fasulyesi-buğday) uzun vadeli uygulamasının (2016-2023) toprak kalitesini değerlendirmek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Farklı ekim sistemlerinin uzun vadeli uygulanmasının toprak kalitesi indeksinde değişikliklere neden olduğu ve bunun da soya fasulyesi-buğday sisteminin en yüksek toprak kalite indeksi değerlerine (0.82) sahip olarak ve daha yüksek verime sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca pirinç-buğday sistemine baklagil ürünleriyle de çeşitlendirilmesiyle, toprak kalitesini artmasını teşvik edebileceği ve uzun vadede toprağın verimlilik kapasitesini de koruyarak tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğini arttıracak bir anahtar olarak yorumlanmıştır.

Pacci ve Dengiz (2023) Tokat Zile Ovası'ndaki yarı kurak karasal ekosistemdeki ayçiçeği tarımının toprak isteklerine göre toprak kalitesini belirlemişlerdir. Araştırma, 1667 ha alanda gerçekleştirilmiş olup, 175 toprak örneği incelenmiştir. Çalışmada SMAF modeli, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini kapsayan 13 farklı indikatörü kullanır. Sonuçlar, tarım alanlarının fiziksel toprak kalitesinin orta (56), kimyasal kalite indeksinin yüksek (81), biyolojik kalite indeksinin çok yüksek (90) ve toplam kalite indeksinin ise yüksek (75) seviyede olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak, yoğun işlemeli tarımın toprakların fiziksel kalitesini azaltabileceğini ve bunun sonucuyla da toprağın kimyasal ve biyolojik fonksiyonlarının da olumsuz etkileneceğini yorumlamışlardır. Ayrıca toprak kalitesinin korunarak daha iyileştirilmesi adına yoğun işlemeli tarım uygulamalarının azaltılması gerektiğini ve bunun da topraklara organik madde ilavesi ile desteklenmesi gerektiği de önerilmektedir.

Acir ve Günal (2020) doğal otlakların tarım arazilerine dönüştürülmesinin toprak kalitesi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada 2008 yılına kadar otlak olarak kullanılan arazilerinde çavdar, tritikale, arpa ve mısır rotasyonu uygulanmış ve gübre uygulamaları yapılmıştır. Toprak kalite indeksinin belirlenmesi çalışmalarında tarım arazilerindeki gübre uygulamaları, ürün rotasyonu ve sulama uygulamaları toplam organik karbonu artırmış, SAR ve EC değerlerini doğal otlaklara kıyasla düşürmüştür. Özetle tarım arazilerindeki yönetim uygulamaları, beklenenin aksine doğal otlaklara göre daha yüksek toprak kalitesi sağlanmıştır.

Pedoloji, toprak çeşitliliği ve dağılımını anlamaya yönelik bir disiplindir ve toprak kalitesiyle en doğrudan ilgili bilim dalıdır (MacEwan 1996). Toprak farklılıklarının (toprak özellikleri) belirlenmesi, toprak kalitesinin (toprak özelliklerinin işlevsel olarak yorumlanması) tespitinin temelini oluşturur. Bu farklılıklar ile toprak işlevleri arasındaki ilişkinin anlaşılması, toprak kaynaklarının uygun şekilde kullanılması için yöneticilere rehberlik sağlamaktadır.

Pedon düzeyinde toprak tanımı, toprak özelliklerine ilişkin ayrıntılı bilgiler sağlayarak toprak kalitesi değerlendirmesinde çok önemli bir rol oynar. Toprak bilimcileri tarafından yürütülen doğru ve kesin pedon açıklamaları, toprak pedonlarını etkili bir şekilde karakterize etmek için gereklidir. Toprak dokusu, rengi, yapışkanlık ve plastisite gibi parametreleri içeren bu açıklamalar, besin içeriği ve fiziksel özellikler gibi toprak kalitesi göstergelerinin belirlenmesinde esastır. Ek olarak nitel morfolojik toprak

yapısı tanımlarının kullanımı, toprak hidrolik özelliklerini tahmin etmek için nicel değerlere dönüştürülebilir ve bu da toprak kalitesi değerlendirmesine önemli ölçüde katkıda bulunur (Sung vd. 2011). Ayrıca, toprak dokusunu, organik karbon, pH ve bitki besin elementi seviyelerini analiz etmek, toprak verimliliğini ve bitki büyümesi için uygunluğunu değerlendirmek için gerekli bilgileri sağlar ve nihayetinde toprak kalitesi değerlendirmesini etkiler (Bahukhandi vd. 2020). Pedon düzeyinde toprak tanımlarının toprak dokusu, yapısı ve besin içeriği hakkındaki verilerle entegre edilmesi, toprak kalitesi değerlendirmelerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktadır (Stephen vd. 2016; Bahukhandi vd. 2020; Christian vd. 2023).

Toprak kalite değerlendirmesi, sürdürülebilir tarım yönetimi ve çevre koruması için bütüncül yaklaşımlar öneren değerli bir araçtır. Yadav vd. (2023) yaptıkları çalışmada toprak kalite değerlendirmelerini horizonlar temelinde değerlendirerek, her bir horizonun toprak kalitesini analiz etmişlerdir. Araştırmacılar bir profil içindeki farklı horizonlarda toprak kalite indeksinin analiz edilmesinin, yüzey topraklarının özelliklerine odaklanmış toprak kalite değerlendirmelerine kıyasla daha kapsamlı ve doğru bilgiler üretilebileceği öne süren bir hipotez geliştirmişlerdir. Çalışmada 27 toprak profilinin horizon esasına göre tanımlamaları yapılmıştır. Belirlenen göstergelerden temel bileşenler analizine göre minimum veri setleri oluşturulmuştur. Elde edilen skorlardan sonra toprak kalite değerlendirmesi 3 farklı yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemlerden ilki horizon bazında toprak kalite değerlendirmesi ve ardından her bir toprak profilinin toprak kalitesinin ağırlıklı ortalamaları; ikincisi temel bileşenler analizine tabi tutulan her bir toprak profilinin toprak özelliklerinin ağırlıklı ortalamaları ve ardından toprak kalite değerlendirmesi ve üçüncü olarak da toprak kalite değerlendirmesi için Ap horizonunun toprak özelliklerinin dikkate alınması şeklindedir. Çalışma sonuçlarında alanındaki toprak kalitesini düşükten yükseğe kadar çok değişken toprak kalite değerlendirmeleri tespit edilmiştir. Çalışma yüzey toprağı kalite değerlendirmeleri geniş bir genel bakış sunarken, bazen farklı horizonlarda bulunan varyasyonları gözden kaçırabilir. Araştırmacılar toprak kalitesinin horizon bazında değerlendirilmesi, her bir horizontaki toprak kalitesinin incelenmesine olanak sağlayarak toprak kalitesi nüanslarının daha iyi kavranmasını sağlayabilir olarak değerlendirmişlerdir.

Vasu vd. (2016) toprağın yüzey özelliklerinin yanı sıra yüzey altı özelliklerinin de bitki yetiştiriciliğinde verimi önemli derece etkilediğini savunmaktadırlar. Yaptıkları çalışma yarı kurak tropik bir iklimdeki Deccan platosunda tanımlanan 6 toprak profilindeki veriler kullanılarak iki farklı toprak kalite değerlendirmesi yapmışlardır. Yüzey (0-15 cm) ve yüzey altı kontrol kesiti (0-100 cm)'den yapılan örneklemelerde toprak verileriyle minimum veri setleri, uzman görüşü ve temel bileşenler analizine göre oluşturulmuştur. Uzman görüşüne göre seçilen verilerden elde edilen sonuçlar temel bileşenler analizinden elde edilen verilere göre daha iyi sonuç vermiştir. Araştırmanın sonuçları hem yüzey hem de alt yüzey toprak özelliklerinin dikkate alınmasının toprak fonksiyonları ile yönetim hedefi arasında iyi bir ilişki kurmaya yardımcı olduğunu ve toprak kalitesi değerlendirmesi için hem yüzey hem de alt yüzey toprak bilgilerini entegre etme ihtiyacını olduğunu göstermiştir.

Sadiq vd. (2021) Nijerya'nın Kuzey Gine Savannası'nda topraklarda yüzey ve tüm toprak pedon verilerini kullanarak minimum veri setleri ile toprak kalitesini değerlendirmişlerdir. Ek olarak, toprak kalite indeksleri ve farklı puanlama yöntemleri (doğrusal ve doğrusal olmayan) kullanılmıştır. Temel bileşenler analizine tabi tutulan

yirmi üç toprak özelliği arasından sekiz gösterge (değişebilir katyonlar, kil, silt, K, değişebilir asitlik, EC, hacim ağırlığı ve Fe), minimum veri seti olarak seçildi. Topraklar için hesaplanan toprak kalitesinde doğrusal olmayan basit eklemeli, doğrusal basit eklemeli, doğrusal ağırlıklı ve doğrusal olmayan ağırlıklı yöntemleri arasında çok fazla fark olmadığı tespit edilmiştir. ($TKI < 0.55$). Tüm toprak profili için tahmini TKI değerleri yüzey toprağına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu da hem yüzey hem de tüm toprak profil özelliklerini toprak kalite değerlendirmesine dahil edilmeleri gerekliliğini göstermektedir. Bu sonuç toprak özellikleri ile yönetim hedefleri arasındaki ilişkiyi entegre eden ve sonunda ürün üretimini etkileyen tam bilgiyi desteklemektedir.

Kamalu ve Ndeh (2021)'ın yaptıkları çalışmada, Nijerya'nın Akwa eyaletinde horizon esasına dayalı toprak kalite değerlendirmesinde 5 farklı profil incelenmiştir. İncelenen profillerde çalışma alanının doğası gereği asit karakterli, sürekli ekim ve yakılan bitkisel malzemelerden dolayı düşük organik karbon ve azot seviyelerine sahip ve dolayısıyla zayıf kimyasal kaliteye sahip topraklar tespit edilmiştir.

Lalitha vd. (2024) Hindistan'ın yarı kurak tropik bölgesindeki alüviyal bir ovada 24 toprak profilinden ve 146 farklı horizon tanımlamışlardır. Toplamda 30 farklı toprak özelliğinden minimum veri seti (MVS) oluşturmuşlardır. Yüzey horizonlarda MVS ile belirlenen göstergeler; kil içeriği, değiştirilebilir sodyum yüzdesi, çok iri kum içeriği, toprak pH'sı ve organik karbon iken yüzey altı horizonlarda MVS ile kum içeriği, değiştirilebilir sodyum yüzdesi, organik karbon, dietilen-triamin-pentaasetik asit ekstrakte çözünebilir çinko (DTPA-Zn) ve çok iri kum içeriği gösterge olarak belirlenmiştir. Toprak kalite indeksi değerleri yüzey horizonlar için 0.47–0.72 ve yüzey altı horizonlar için 0.46–0.56 olarak tespit edilmiştir. Bu da yüzey altı horizonlarındaki toprakların sınırlı toprak işlevi desteği olduğunu göstermiştir.

Reza vd. (2022) Hindistan'daki Indo-Gangetic Ovası'ndaki alüviyal topraklarının pedo-morfolojik özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Toplamda, dört ana arazi şeklini temsil eden 241 toprak profili tanımlanmıştır. Çalışma alanının morfolojik toprak kalite indeksi (MTKI) yüzey toprakları için 0.437–0.986, yüzey altı horizonlarındaki topraklar için 0.110–0.989 arasında değişmiştir. Alüviyal arazi şekillerinin MTKI sırasıyla eski alüviyal ovası > genç alüviyal ovası > meander ovası > taşkın düzlüğü ovası şeklinde tespit edilmiştir. Seçilen pedo-morfolojik göstergelerin korelasyonları yapılmış ve laboratuvar verileriyle doğrulanmıştır. Sonuç olarak, arazi şekline özgü toprak kalite göstergeleri alüviyal topraklarının değerlendirilmesi ve izlenmesi için uygundur ve bu çalışmada belirlenen MVS, sınırlı veriye sahip benzer bir araziler üzerinde toprak kalitesini değerlendirmek için etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Maghami vd. (2024) İran'ın kuzeydoğusundaki Neyşabur ovasında yaptıkları çalışmada mera ve tarım arazilerinde farklı yönetim sistemlerinin (küçük çiftçilere ait arazi, büyük çiftçilere ait arazi, şirketlerin yönetimindeki arazi) toprak kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamıştır. 21 toprak profilinde yüzey ve yüzey altı horizonlarda (0-100 cm) toprak kalite indekslerini belirlemişlerdir. Minimum veri setleri uzman görüşü ve temel bileşen analizlerine göre belirlenmiştir. Üç yönetim sisteminde de uzman görüşüyle belirlenen göstergelerin toprak kalite indeksi en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Arazilerde yapılan yonca üretiminin verimi ve uzman görüşüyle ağırlıklandırılan toprak kalite indeksi arasındaki ilişki büyük çiftçi arazilerinde ve şirket arazilerinde en yüksek olarak bulunmuştur. Çalışmaya göre toprak profillerinde

belirlenen toprak kalite indeksi yönetim sistemleri hakkında daha kapsamlı bilgiler elde edilmesini sağlamıştır. Küçük çiftçilerin arazilerindeki düşük toprak kalite indeksi bu arazilerdeki toprakların bozulduğunun bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. Ayrıca profil boyunca yapılan toprak kalite değerlendirmesi toprak kaynaklarını aşırı tüketen sistemlerin toprak kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koymak için yeterli kapasiteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Gözükara vd. (2022) Eskişehir ilindeki Fluventic Haploxerepts toprak profilinde toprak özelliklerini ve toprak kalite indeksini yatay ve dikey olarak varyasyonlarını karakterize etmiş, profil duvarındaki toprak özelliklerini ve toprak kalite indeksi dağılımı haritalandırmış ve interpolasyon teknikleriyle karşılaştırmıştır. Ayrıca profildeki toprak kalite indekslerini kübist modelle tahmin etmek için Vis-NIR ve pXRF spektrumlarını bireysel ya da birleşik olarak kullanmıştır. 1x1 m boyutlarındaki toprak profilinde 10x10 cm'lik karelere bölerek 100 toprak örneği almış ve fiziksel ve kimyasal toprak analizleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprak profilinde derinlik ve yatay olarak önemli toprak özellikleri ve toprak kalite indeksi varyasyonuna sahip olduğunu göstermiştir. Diğer horizonlara kıyasla A horizonu en yüksek toprak kalite indeksine sahip olduğu bulunmuştur.

2.5. Toprak Özelliklerinin Mesafeye ve Jeostatistiksel Modeller Bağlı Değişkenliği

Mesafeye ve jeostatistiksel modellere bağlı olarak toprak özelliklerinin değişkenliği, etkili tarımsal yönetim için toprak özelliklerini anlamada çok önemli bir unsurdur. Araştırmalar, pH, organik karbon, mikro besinler, hidrolik özellikler, tuzluluk ve aktif kireçtaşı gibi toprak özelliklerinin mekansal değişkenliğinin mesafe ve jeostatistiksel modellere göre önemli ölçüde değişebileceğini göstermiştir (Mohamed vd. 2020; Zhan vd. 2020; Tagore vd. 2022; Hamel vd. 2022; Begum vd. 2023). Sıradan kriging, regresyon kriging ve IDW gibi farklı jeostatistiksel modeller, toprak özelliklerini haritalamak ve analiz etmek için kullanılmıştır ve hassas tarım uygulamaları için doğru mekânsal tespitlerin önemini sergilemiştir. Farklı mesafeler ve jeostatistiksel modellerde toprak özelliklerindeki değişkenlik, tarımsal uygulamaları optimize etmek ve çeşitli bölgelerde sürdürülebilir arazi yönetimini sağlamak için kapsamlı değerlendirmelere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimi, tarım, arazi yönetimi ve çevre planlaması gibi çeşitli alanlarda önemli etkilere sahiptir. Toprak özelliklerinin mekânsal bilgilerini doğru şekillerde değerlendirmek ve kullanmak için, daha az örnekle farklı mesafelerdeki toprak özelliklerinin değişkenliğini doğru bir şekilde tahmin edebilen ve haritalayabilen yöntemler geliştirmeye ihtiyaç vardır (Jones ve Clark, 2019; Smith, 2020). Bu ihtiyaç toprak özelliklerinin değişkenliğini tanımlamada, modellemede ve örnekleme mesafeleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi kurmada güvenilir olduğunu kanıtlamış jeostatistiksel modellerin kullanılmasıyla karşılanabilir (Brown vd. 2018). Geliştirilen modeller, özellikle semivariogram modeli ve kriging yöntemi, örneklenmemiş noktalar için değerlerin güvenilir bir aralıkta tahmin edilmesine olanak tanıyarak toprak özelliklerinin karakterizasyonunu ve haritalanmasını sağlar. Toprak özelliklerinin analizinde jeostatistiksel modellerin kullanılması, belirli bir alandaki mekansal değişkenliğin daha derinlemesine anlaşılmasını sağlar (White & Miller, 2017; Black vd.

2021). Araştırmacılar, semivariogram modelleri ve kriging yöntemlerini kullanarak, toprak özelliklerinin farklı mesafelerdeki dağılımı ve korelasyonu hakkında daha kapsamlı bilgiler elde edebilirler (Green ve Harris, 2016). Ayrıca bu modeller, belirli bir aralıktaki örneklenmemiş konumlar için verilerin ekstrapolasyonunu sağlayarak toprak özelliklerinin daha kapsamlı bir şekilde karakterize edilmesine ve haritalanmasına olanak tanır (Lewis, 2019).

Buna ek olarak, jeostatistiksel analizin diğer çevresel ve arazi yönetimi verileriyle entegrasyonu, doğal alanların daha bütünsel bir görünümünü sunabilir (Adams, 2020). Jeostatistiksel modelleme yoluyla toprak özelliklerinin mesafeye göre nasıl değiştiğini anlamak, tarım, arazi kullanım planlaması ve çevrenin korunmasında karar verme süreçlerini daha da geliştirebilir (Clark & Hall, 2018). Bu kapsamlı yaklaşım, kaynak tahsisini ve yönetim stratejilerini en iyi hale getirmek için değerli bilgiler sağlar ve sonuçta daha sürdürülebilir ve verimli uygulamaların önünü açar (Wilson & Thomas, 2021).

Hamel vd (2022) Orta Cezayir Sahrası'ndaki Zelfana bölgesinde, toprak özelliklerinin (organik madde, tuzluluk, pH ve aktif kireç) mekânsal dağılımını jeostatistiksel yöntemler kullanarak incelemişlerdir. 0-30 cm derinlikten alınan toprak örnekleri ve bu özellikler açısından analiz edilmiştir. Bulgular, bölgedeki toprağın organik madde açısından fakir, yüksek tuzluluk seviyesine sahip, alkali ve orta derecede kireçli olduğunu göstermektedir. Jeostatistiksel analizler (varyogram ve kriging kullanılarak), incelenen özellikler arasında çeşitli düzeylerde mekansal bağımlılık olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, arid bölgelerdeki sürdürülebilir arazi yönetimi için toprak özelliklerindeki değişkenliği anlamada ve haritalamada jeostatistiksel modellerin önemini vurgulamaktadır.

Zhan vd. (2020) Çin'in Sarı Nehir alüviyal ovasında altı farklı toprak özelliğinin (kum, silt, kil içeriği, hacim ağırlığı, doymuş su içeriği ve doymuş hidrolik iletkenlik) mekansal değişkenliği incelenmiştir. Klasik istatistik, jeostatistik ve tekil ve çoklu fraktal yöntemler kullanılarak toprak özelliklerinin mekansal değişkenliği nicel olarak analiz etmişlerdir. Bulgular, farklı yöntemlerin farklı değişkenlik sonuçları verdiği hipotezini desteklemiştir. Kum ve kil içeriğinin mekansal değişkenliği orta düzeydeyken, silt içeriği stabildir. Doymuş hidrolik iletkenlik ise şiddetli dalgalanmalar göstermektedir. Araştırmacılar bu durumu yerel topografya, insan faaliyetleri ve toprak bileşenlerindeki farklılıklardan kaynaklandığını yorumlanmıştır.

Abdelrahman vd. (2022), Mısır'ın Behera Valiliği'nde farklı jeolojik kaynaklardan türeyen toprakların mekansal değişkenliğini incelenmişlerdir. Çalışmada, sıradan kriging, regresyon kriging ve ters mesafe ağırlığı (IDW) yöntemleri kullanılmıştır. Toprak özelliklerinin (fosfor, potasyum, azot, EC, pH, Sp, ESP, CEC, OC, SAR ve CaCO₃) mekansal değişkenlik haritaları oluşturulmuş ve bu haritalar hassas tarım uygulamaları için önerilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, gübrelerin değişken oranlarda uygulanması önerilmiştir. Ortalama kare hatası (RSE) kullanılarak haritaların performansı değerlendirilmiş ve (IDW) yöntemi krigingden daha yüksek verimlilik göstermiştir.

Tagore vd. (2022) Hindistan'da farklı toprak tiplerinde mikro besin maddelerinin mekansal değişkenliğini klasik ve jeo-istatistiksel yaklaşımlarla değerlendirmektedir.

Çalışmada 283 yüzey toprak örneği kullanılarak pH, elektriksel iletkenlik, organik karbon ve mikro besin elementleri analiz edilmiştir. Klasik yöntemler, toprakların hafif asidik, EC'nin güvenli, organik karbon'un düşük-orta aralığında ve kireçsiz olduğunu ortaya koymuştur. Jeo-istatistiksel analizler, pH, CaCO₃, OC, Zn ve B için en uygun modelin üstel (exponential) model olduğunu, EC ve Fe için ise küresel (spherical) modelin en uygun olduğunu göstermiştir. Bu yöntem, mikro besin maddelerinin mekânsal değişkenliğini klasik yöntemlere kıyasla daha iyi tahmin ettiği rapor edilmiştir.

Mahmuda vd. (2023) Bangladeş'teki 1500 m²'lik bir tarımsal arazi üzerindeki temel toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğini yüksek ve farklı mekânsal çözünürlüklerle incelemişlerdir. Çalışma, 5mx5m, 10mx10m ve 15mx15m aralıklarla farklı çözünürlüklere bölündü ve yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri toplandı. Toprak örnekleri tekstürü, organik karbon, pH, toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, alınabilir sülfür, alınabilir demir, alınabilir çinko ve alınabilir mangan açısından analiz edildi. Sonuçlar, yüksek çözünürlüklü örnekleme ile düşük çözünürlüklü örnekleme arasında bazı besin maddelerinde (toplam azot, alınabilir P, alınabilir Zn ve alınabilir Fe) değişkenlik katsayılarının arttığını göstermiştir. Bununla birlikte, pH hariç diğer toprak özelliklerinde belirgin bir artış veya azalış trendi gözlemlenmemiştir.

2.6. Skorlama Eğrilerinin Geliştirilmesi

Geleneksel olarak, toprak kalitesi değerlendirmesi toprağın çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin ölçülmesine dayanmaktadır. Ancak, toprak kalitesi hakkında daha verimli ve doğru bir şekilde kapsamlı bilgi sağlayabilecek yeni bir toprak gösterge ya da göstergelerine ihtiyaç vardır. Bu yeni toprak göstergesi, farklı ekim sistemlerinin, arazi kullanım uygulamalarının ve yönetim tekniklerinin kendine özgü zorluklarını ve gereksinimlerini dikkate almalıdır. Toprağın dinamik doğasını ve farklı yönetim uygulamalarına verdiği tepkiyi göz önünde bulundurarak, yeni toprak göstergesi, bireysel çiftlik alanlarından daha büyük arazilere kadar çeşitli değerlendirme ölçeklerinde toprak kalitesini değerlendirebilmelidir. Bu kriterleri karşılayan yeni bir toprak göstergesi geliştirmek için topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin karmaşık etkileşimini göz önünde bulundurmak gerekir. Toprak mikroorganizmaları, organik madde, besin döngüsü ve toprak yapısı arasındaki etkileşimleri anlamak, toprak kalitesini doğru bir şekilde değerlendirmek için çok önemlidir. Ayrıca, yeni toprak göstergesinin geliştirilmesine ekim sistemlerinin, arazi yönetimi uygulamalarının ve çevresel koşulların çeşitliliğinin dahil edilmesi, farklı tarımsal bağlamlarda uygulanabilirliğini sağlayacaktır. Ayrıca, yeni toprak göstergesi sadece toprağın mevcut durumuna odaklanmamalı, aynı zamanda dayanıklılığını ve yenilenme kapasitesini de dikkate almalıdır. Bu, toprak özelliklerindeki uzun vadeli eğilimlerin ve değişikliklerin yanı sıra iklim değişikliği ve diğer dış faktörlerin potansiyel etkilerinin de dikkate alınmasını gerektirir.

Ayrıca, uzaktan algılama, jeo-uzamsal analiz ve makine öğrenimi algoritmaları gibi gelişmiş teknolojilerin entegre edilmesi, yeni toprak göstergesinin hassasiyetini ve ölçeklenebilirliğini artırabilir. Bu araçlardan yararlanarak, çeşitli mekânsal ve zamansal ölçeklerde büyük hacimli verileri yakalamak ve analiz etmek mümkün hale gelir, böylece toprak kalitesinin daha bütünsel bir şekilde anlaşılması sağlanır.

Sonuç olarak, toprak kalitesi değerlendirmesi için yeni bir toprak göstergesinin geliştirilmesi, toprak bilimi, agronomi, ekoloji ve veri analitiğinden elde edilen bilgileri entegre eden çok disiplinli bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, yeni toprak göstergesinin sağlam, uyarlanabilir ve tarım ve çevre yönetiminde toprak kalitesi değerlendirmesinin çeşitli ve gelişen ihtiyaçlarına cevap verebilecek nitelikte olmasını sağlayacaktır.

Toprak yönetimi değerlendirme Çerçevesi (SMAF) toprak kalitesini belirlemede hali hazırda kullanılabilir bir yöntem olmakla birlikte, her geçen gün kullanıcılarının da destekleriyle geliştirilmeye devam etmektedir. Mevcut skorlama eğrilerine ek yeni skorlama eğrilerinin geliştirilmesi, bu çerçevenin geliştirilmesi için kullanılan yöntemlerdendir. SMAF, toprak, mahsul, iklim ve puanlama eğrilerindeki diğer faktörler nedeniyle sahaya özgü farklılıkları barındıracak esnekliğe sahiptir. Bu ilk değerlendirmelere dayanarak, SMAF uygun toprak kalite göstergelerinin seçilmesine, ölçüm sonuçlarının yorumlanmasına ve yönetim uygulamalarının genel toprak işlevi üzerindeki etkilerini doğru bir şekilde değerlendirmek için yorumların entegre edilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca modelin güçlü ve güvenilebilir olabilmesi, daha fazla sayıda kullanıcının modeli kullanması ve onu farklı şekillerde katkı sağlamasıyla mümkün olacaktır. Bütün bunlarla birlikte Andrews vd. (2004) tarafından yapılan değerlendirmede SMAF'ın etkinliğinin kontrolünde, puanlanan göstergelerin en geniş mekânsal ölçekteki uç noktalarda mevcut kalite indeksin indikatörlerinin varyasyonu açıklama kabiliyetinde bazı zayıflıklar olduğunu ortaya çıkarmış ve bu tür bir değerlendirme için ek göstergelere ihtiyaç duyulduğuna işaret etmiştir. Ayrıca çerçevenin esnekliği, çeşitli mekânsal ve zamansal ölçeklerde SQ değerlendirmelerinin yanı sıra çeşitli bölgelerde ve yönetim sistemlerinde kullanıma olanak tanımaktadır.

SMAF için yeni puanlama eğrilerinin geliştirilmesi, Wienhold vd. (2009) özetlenen çok adımlı bir süreci içerir. SMAF, gösterge seçimi, yorumlama ve bir endekse entegrasyon yoluyla toprak fonksiyonları üzerindeki yönetim etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Wienhold vd. (2009) su dolu gözenek hacmi ve Mehlich ekstrakte edilebilir potasyum (K) için eğrilerini, Stott vd. (2010) β -Glukosidaz enzimi aktivitesini geliştirilmesiyle örneklenen puanlama eğrilerinin oluşturulmasında yer alan adımları tanımlamışlardır. Bu süreç, göstergeleri tanımlamayı, toprak fonksiyonlarıyla ilişkilerini oluşturmayı, algoritmaları programlamayı ve ortaya çıkan eğrileri doğrulamayı içerir. Puanlama eğrisi gelişimini genişleterek, SMAF, kritik toprak fonksiyonlarını değerlendirmedeki işlevselliğini ve alaka düzeyini artırarak kullanıcı ihtiyaçlarına daha uyarlanabilir. Bunların yanında Marzaioli vd. (2010) yarıyışlı Ca ve Mg, katyon değişim kapasitesi ve toprak potansiyel solunum gibi toprak özelliklerini SMAF'ın aksine doğrusal yöntemlerle skorlamışlardır.

Katyon değişim kapasitesi (KDK), toprak kalitesi değerlendirmelerinde kullanılan önemli bir değişkendir. Toprağın bitki besin elementi tutma kapasitesi, bitki yetiştiriciliğinde için önemli rol oynar. Bu nedenle çiftçiler ve arazi yöneticileri için toprak yönetimi uygulamaları, gübre uygulamaları ve ürün seçimi ile ilgili bilinçli kararlar almalarına yardımcı olduğu için çok önemlidir (Juhos vd. 2019). Katyon değişim kapasitesi, toprak tekstürü, organik madde içeriği ve baskın kil tipi faktörlerinden etkilenir. Daha yüksek kil içeriğine sahip topraklar tipik olarak daha yüksek KDK'ya sahiptir çünkü kil partikülleri katyonları çekmek ve tutmak için daha fazla yüzey alanına oluştururlar. Benzer şekilde, topraktaki organik madde de katyonları tutabilen negatif

yüklü bölgeler içerdiğinden KDK'ya katkıda bulunur.

Besin maddelerinin tutulması ve kullanılabilirliğindeki rolüne ek olarak KDK, toprak pH'nın ve pH'taki değişikliklere direnme kabiliyetinin değerlendirilmesinde de çok önemli bir faktördür. Daha yüksek KDK'ya sahip topraklar daha yüksek tamponlama kapasitesine sahip olma eğilimindedir, bu da pH seviyelerindeki hızlı değişikliklere direnebilecekleri anlamına gelir ve bu da bitki büyümesi için en uygun koşulları sağladığı için önemlidir.

Belirli bir toprağın KDK değerinin anlaşılması, uygulanacak uygun gübre türünün ve miktarının belirlenmesine de yardımcı olabilir. Daha yüksek KDK'ya sahip topraklar, daha düşük KDK'ya sahip olanlara kıyasla farklı yönetim uygulamaları gerektirir ve bu da çiftçilerin gübre kullanımlarını optimize etmelerine ve bitkiler için potansiyel besin kayıplarını en aza indirmelerine yardımcı olabilir.

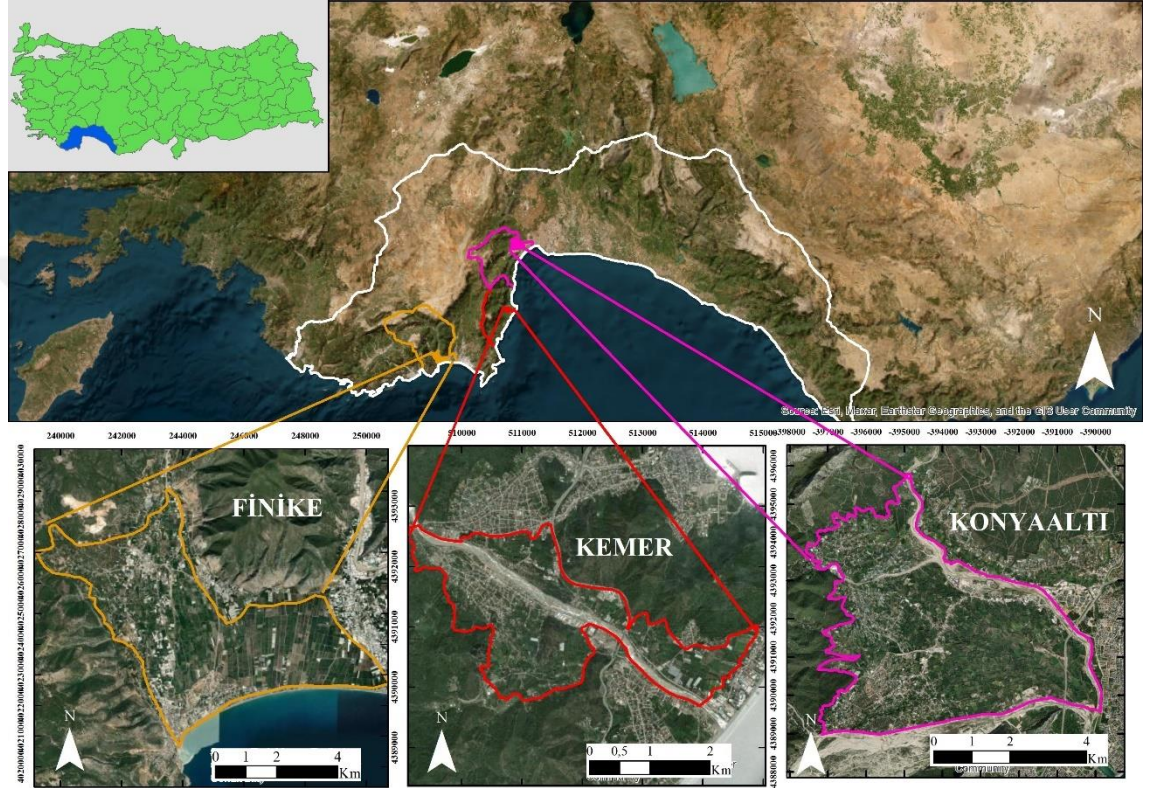
Yadav vd. (2023) tarımsal alanlardaki verimliliğin toprak kalitesiyle olan ilişkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada topraktaki kalite unsurlarını birçok farklı şekilde ele almışlardır. Bunlarda biri katyon değişim kapasitesinin toprağın kalitesiyle olan ilişkisidir. Araştırmacıların yaptıkları 3 farklı toprak kalite değerlendirme şeklinde de katyon değişim kapasitesinin önemini ortaya koymuşlardır. Öyle ki minimum veri seti hazırlanarak yapılan çalışmada KDK'nın toprak kalite değerlendirmesine en çok katkıya sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Sonuç olarak, katyon değişim kapasitesi toprak verimliliğini, besin kullanılabilirliğini ve genel toprak kalitesini etkileyen temel bir özelliktir. Toprak kalitesi değerlendirmelerindeki önemi göz ardı edilemez ve sürdürülebilir arazi yönetimi ve tarımsal verimlilik için kritik bir araç olarak hizmet eder.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma, Antalya ilinin batısındaki Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde gerçekleştirilmiştir. Finike ilçesinde 805 ha, Kemer ilçesinde 579 ha ve Konyaaltı ilçesinde 650 ha toplamda ise 2034 ha alanda fizyografya belirleme ve o fizyografyaları temsil eden toprak örneklemeleri yapılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Çalışma alanlarının coğrafi konumları

3.1.1. Araştırma alanının genel özellikleri

Araştırma alanında materyal olarak yer alan Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinin genel özellikleri incelendiğinde, çalışmanın en batısında bulunan Finike ilçesinin, 36°14'32" ile 36°33'5" kuzey enlemleri ve 29°57'14" ile 30°10'18" doğu boylamları arasında olduğu görülmektedir (Anonim 1). Finike'nin güney batısında Demre ilçesi, doğusunda Alakır çayı, kuzeyinde Avlan beli, batısında Gülmez dağı ve Alacadağ, güneyinde ise Akdeniz yer almaktadır. İlçenin mülki alanı 655 km² olup, 80 km² olan Finike ovasının Finike ilçe sınırları içerisinde kalan kısmı, 56 km²'dir. TÜİK 2023 yılı verilerine göre, ilçe 50.688 nüfusa sahiptir. Finike'nin ekonomik durumu incelendiğinde en önemli gelirin tarımdan sağlandığı bunun dışında az da olsa turizm faaliyetlerinin yapıldığı belirlenmiştir (Anonim 2; 5).

Araştırmada bir diğer çalışma alanı Antalya'nın batısında yer alan Kemer ilçesidir. Kemer, 36° 23'49" ile 36°47'12" kuzey enlemleri ve 30°34'7" ile 30°28'14" doğu boylamları arasındadır (Anonim 1). Kemer, kuzey, batı ve güney yönlerinde Beydağları, doğusunda ise Akdeniz ile çevrilidir. 254 km² alana sahip ilçenin kıyıları genellikle girintili çıkıntılı olmasına rağmen ilçe merkezi düzlük bölgede olup Tekirova, Çamyuva, Beldibi gibi daha önceden belde olan büyük mahallelerden oluşmaktadır. TÜİK 2023 verilerine göre nüfusu 49.695 kişi olarak tespit edilmiştir (Anonim 3; 5). Ekonomik yapısı 1. sırada turizme ve ikinci sırada da tarıma dayalıdır. Kemer ilçesindeki çalışma alanını Ağva deresi şekillendirmektedir. Ağva deresi, bölgede Kesmeboğazı, Sumakseniri, Sarımeşe, Gürleyik ve Sapan derelerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Ağva deresi, Kemer'e bağlı Çamyuva ve Kiriş mahallelerinden geçerek Akdeniz'e dökülmektedir.

Araştırma alanının son çalışma noktası, Antalya platosunda yer alan ve merkez ilçelerinden birisi olan Konyaaltı'dır. Konyaaltı, 36°47'12" ile 36°57'12" kuzey enlemleri ve 30°39'12" ile 30°26'16" doğu boylamları arasındadır. Konyaaltı ilçesi, kuzeyinde Döşemealtı ilçesi, batısında Doyran dağı, Sivri dağı, güneybatısında Sarıçınar ve Çam dağı ile çevrili alandır. Bölge Karaman çayı, Doyran deresi Çandır çayı akarsularının birleşmesiyle alüviyal çökellerin depolandığı ve Boğa çayı ile Akdeniz'e dökülen alüviyal bir ovidan oluşmaktadır. TÜİK 2023 yılı verilerine göre de nüfusu 196.498 ve yüz ölçümü 562 km²'dir. (Anonim 4, 5). İlçenin başlıca gelir kaynakları tarım ve turizmdir.

3.1.2. Araştırma alanının iklim ve bitki örtüsü

Çalışma alanlarının bulunduğu Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir.

Çalışmanın Finike bölgesinde yazlar nemli, sıcak ve kurak iken kışlar uzun, soğuk ve yağışlıdır. Yıl içerisinde sıcaklık normalde 8°C ile 32°C arasında değişiklik gösterirken nadiren 4°C altına ve 36°C üzerine çıkmaktadır. Finike bölgesinde sıcak mevsim Haziran ve Eylül arasında ve uzun yıllar ortalamasına göre en sıcak ay da Ağustos ayı olarak ölçülmüştür. Bölgede serin mevsim, ise Kasım ve Mart ayları arasında, ve yıl içerisinde ortalama en soğuk ay Ocak ayı olarak tespit edilmiştir. Finike bölgesinde aylık yağış miktarı arasında aşırı mevsimsel değişkenlikler bulunmaktadır. Yağmurlu mevsim Ekim ayında başlayıp ve Nisan ayına kadar sürerken bu ayların haricindeki zamanlarda da en kurak günlerini yaşamaktadır. Bölgede yağışın en fazla olduğu ay, ortalama 160 mm düzeyi ile Aralık ayı iken en az olduğu ay ise ortalama 2 mm düzeyi ile Temmuz ayı olarak ölçülmüştür (Anonim 6).

Diğer alanımız olan Kemer bölgesinde yazlar sıcak, kurak ve bunaltıcı iken, kışlar ise uzun, soğuk ve yağışlıdır. Yıl içerisinde sıcaklık 8°C ile 33°C arasında değişiklik gösterirken ve nadiren 4°C altına da ve 38°C üzerine çıkmaktadır. Bölgede sıcak mevsim Haziran ve Eylül ayları arasında ve en sıcak ay ortalaması 33°C ile Ağustos ayıdır. Serin mevsim Kasım ve Mart aylarında ve günlük ortalama 19°C nin altındadır. En soğuk ay olan Ocak ayında ortalama en düşük sıcaklık 8°C ölçülmüştür. Kemer bölgesinde yağış miktarı az olmamakla beraber, bazı dönemlerde taşkınlar görülebilmektedir. Bunun

nedeni, uzun süreli yağışların yanı sıra, sağanak şeklindeki yağışların oluşmasıdır (Dönmez ve Açıksöz 2010). Yağmurlu dönem Ekim ve Nisan ayları arasında olup en fazla yağışın olduğu ay ortalama 152 mm düzeyi ile Aralık ayındadır. Bölgede kurak dönem ise Haziran ve Eylül aylarında olup, ortalama yağışı 2 mm ile Temmuz ayı olarak ölçülmüştür (Anonim 6).

Konyaaltı bölgesinde yazlar sıcak, nemli ve kurak ve kışlar ılık ve yağışlıdır. Yıl içerisinde sıcaklık normalde 6°C ile 35°C arasında değişiklik gösterirken az da olsa 2°C altında ve 39°C üzerine çıkmaktadır. Konyaaltı bölgesindeki sıcak mevsim Haziran ayında başlayıp Eylül ayına kadar sürmektedir. İlçede en sıcak Ağustos ayı olup, bu ayda ortalama yüksek sıcaklık 34°C iken düşük sıcaklık 23°C düzeyindedir. Serin mevsim Kasım ile Mart ayları arasındadır. Bu aylarda günlük ortalama yüksek sıcaklık 19°C altında iken en soğuk ay Ocak ayıdır. Bu aylarda da ortalama düşük sıcaklık 6°C iken yüksek sıcaklık 15°C düzeyindedir. Konyaaltı bölgesindeki aylık yağış miktarları incelendiğinde mevsimsel olarak aşırı değişkenlikler gözlemlenmiştir. Yağmurlu mevsim Ekim aylarından başlayarak ve Nisan aylarında kadar devam edebilmektedir. Yılın en yağışlı ayı ise ortalama 141 mm ile Aralık ayıdır. En kurak günler ise Mayıs ve Eylül ayları arasında ve ortalama 3 mm ile Ağustos ayıdır (Anonim 6).

Antalya merkez ve Finike ilçelerinin Thorntwaite'e göre 2021 yılı su bilançosu hesaplamalarının yapıldığı bir çalışmada (Erkul 2023); su noksanı görülen ayların Mayıs-Ekim arasında olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada Antalya merkez ilçelerinde kuraklık analizleri yapılmış ve Standart Yağış İndeksi (SPI)'ne göre "normale yakın kurak", De Martonne Kuraklık İndeksine göre "yarı kurak nemli arası" ve Normalin Yüzde İndeksi (PNI) analizine göre "hafif kurak" olarak bulunmuştur. Ancak Aydeniz ve Erinç yöntemlerine göre diğerlerinden farklı olarak "nemli sınıf"ta yer almıştır. Bu çalışmanın Finike ilçesine ait olan bölümünde SPI'ye göre "orta şiddetli yağışlı" bulunmasına rağmen De Martonne analizinde "yarı kurak nemli arası", PNI'ye göre "orta şiddetli kurak", Aydeniz yöntemine göre "yarı nemli" ve Erinç yöntemine göre "nemli" kuraklık sınıflarında yer almıştır.

Finike ilçesi idari sınırlarındaki yükseklik deniz seviyesinden (0 m) başlayarak 2318 m'ye kadar çıkmaktadır. İlçe sınırlarının yüksek ve dağlık bölümlerinin farklı yüksekliklerinde Sedir, Ardıç, Kızılçam, Karaçam, Akçaağaç gibi orman türleri bulunmaktadır. Bu tez çalışmasına belirlenen alanlardan yapılan örnekleme noktalarının en yüksek rakıma sahip olanı 270 m'dir. Çalışma alanında tarım yapılmayan kısımlarında, Akdeniz bölgesinde yetişen ve karakteristik bitki örtüsü tipi olan maki vejetasyonu bulunmaktadır (Karaköse ve Terzioğlu 2020).

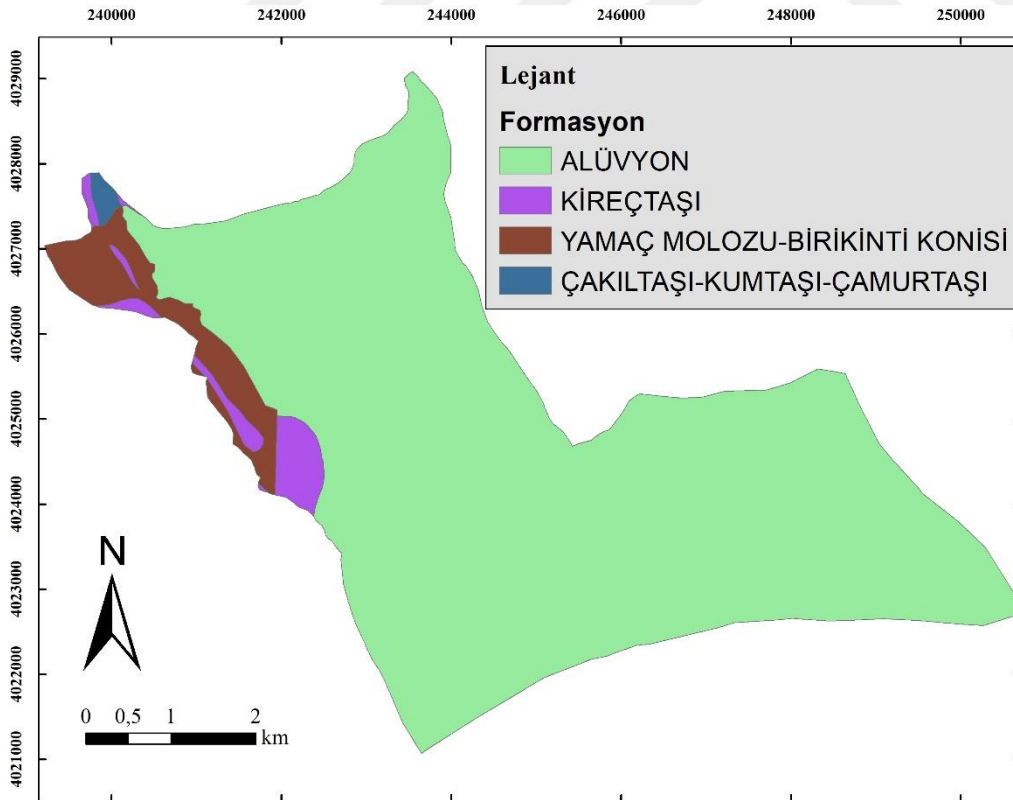
Kemer ilçe sınırları içerisinde de yükseklik, deniz seviyesinden Beydağları Milli Parkı içerisinde yer alan Tahtalı dağının en yüksek noktası olan 2365 m'ye kadar çıkmaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen alanlarda yapılan örnekleme noktalarında yüksekliği en fazla olan nokta, denizden 73 m yüksekliktedir. Kemer ilçesinin genelinde Akdeniz Bölgesi'nin karakteristik bitki örtüsü olan maki formasyonları bulunurken, Tahtalı dağı eteklerinde Kızılçam orman kuşağı ve yerleşim yerlerinin yakınlarında da farklı türde kültür bitkileri yer almaktadır. Denize yakın kesiminde ise kıyı kumulu bitkileri görülebilmektedir. Bu bitki çeşitliliğinin yanı sıra bölgelerde endemik olarak yetişen bitki türleri de mevcuttur (Anonim 7).

Konyaaltı ilçesi sınırları içerisinde yükseklik 2500 m'lere kadar çıkabilmektedir. Bu tez çalışması için seçilen alanlardan yapılan örnekleme noktalarının en yükseği denizden 73 m yüksekliktedir. İlçe sınırları içerisindeki yüksek dağlık kesimlerde Kızılcım ve Karaçam yoğunluktadır. Etek ya da düzlük arazilerde ise Akdeniz ikliminin tipik vejetasyonu olan maki bitki örtüsü bulunmaktadır. Özellikle sahip olduğu yüksek rakım nedeniyle bölgeye özgü zengin endemik bitki türleri yaygınlaşmıştır. (Anonim 8).

3.1.3. Araştırma alanlarının jeolojisi

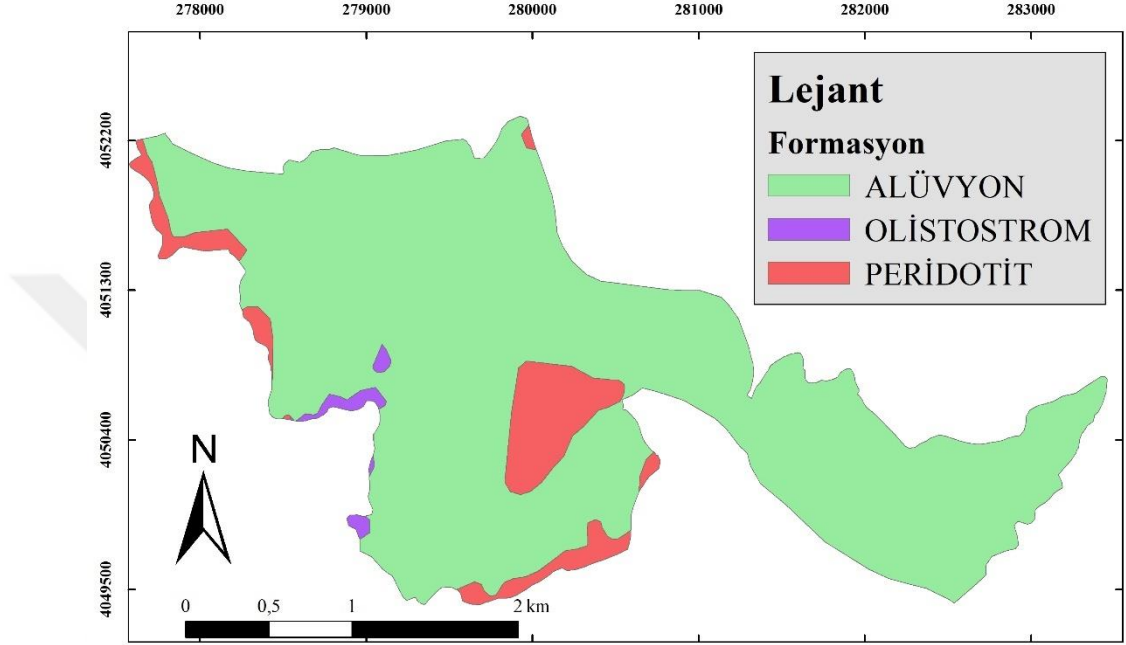
Antalya ilinin genel jeolojik yapısına bakıldığında ağırlıklı olarak Tortul (kireçtaşı, konglomera, marn, traverten, kumtaşı vb.) ile denizsel volkanikler (Serpantin peridotit) ve Kuvaterner yaşlı Aluviyallerden oluştuğu görülür. Araştırma alanında yer alan Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerine ait jeolojik yapı Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de detaylı olarak verilmiştir.

Finike Ovası, Alakırçayı ve Akçay akarsularının taşıdığı ve biriktirdiği alüvyonal çökellerin Finike Körfezi'ni doldurması ile meydana gelmiştir. Bölgenin kayaçlarının büyük bölümü Kuvaterner yaşta Aluviyallerden oluşurken, Miyosen yaşlı kumtaşı, konglomera, kıltaşı; Eosen yaşlı neritik kireçtaşı, Kretase yaşlı neritik kireçtaşları da bulunmaktadır (MTA, 2010; Ersoy, 1990; Şenel, 1997). Bu bölgedeki çalışma alanları deniz seviyesinden başlayarak 300 m yüksekliğe kadar dağılım göstermektedir. Çalışma alanına ait jeolojik formasyonları içeren haritalar Şekil 3.2'te verilmiştir.



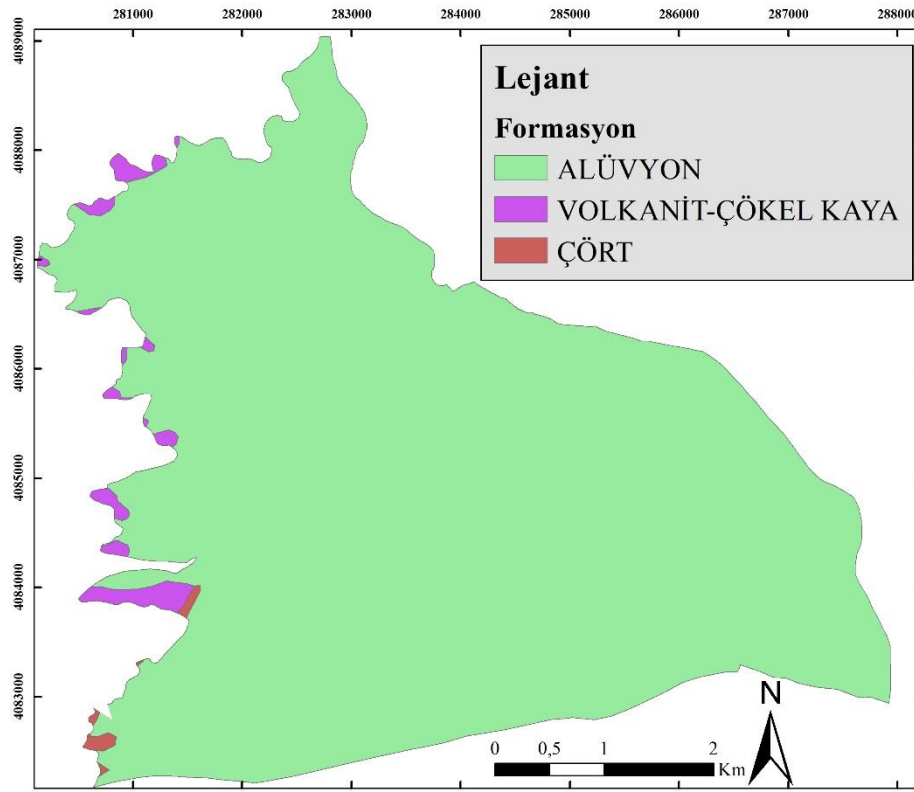
Şekil 3.2. Finike ilçesine ait jeolojik formasyonlar

İkinci çalışma bölgesinin bulunduğu Kemer ilçesi, batısında ve kuzeyinde Tahtalı dağı, doğusunda Akdeniz ile çevrilidir. Çalışma alanı Çamyuva mahallesinde Ağva II çayının taşkın düzlüklerinde ve çevresindeki yamaç arazilerdedir. Yüksekliğin 0-75 m arasında değiştiği bölgede kuvarterner yaşıta alüvyonların yanı sıra bir kısım üst senoniyen yaşıta kırıntılar ve karbonatlar, mesozoyik yaşıta dünit, harzburgit, gabro ve diyabaz bulunmaktadır (MTA, 2010). Kemer ilçesindeki çalışma alanına ait jeoloji haritası Şekil 3.3’ da verilmiştir.



Şekil 3.3. Kemer ilçesine ait jeolojik formasyonlar

Üçüncü çalışma bölgesi, Konyaaltı ilçesine bağlı Bahtılı Mahallesi sınırları içerisinde. Çalışma alanı, Karaman, Doyran ve Çandır çaylarının birleşerek Boğa çayını (48 km) oluşturduğu alandan başlayarak kuzey-doğu yönünde 6.7 km’lik bir mesafede, Aşağı Karaman ve Doyran mahalleleri sınırlarına kadar ulaşmaktadır. Bölgede kuvarterner yaşıta alüvyonların yanı sıra az da olsa orta-üst triyas yaşıta kumtaşı, şeyl, kireçtaşı, yer yer volkanit ve radyolarit, oluşturduğu ana materyaller bulunmakta olup yükseklik 60 m’ye kadar çıkmaktadır (MTA, 2010). Konyaaltı’ndaki çalışma alanına ait jeoloji haritası Şekil 3.4’de verilmiştir

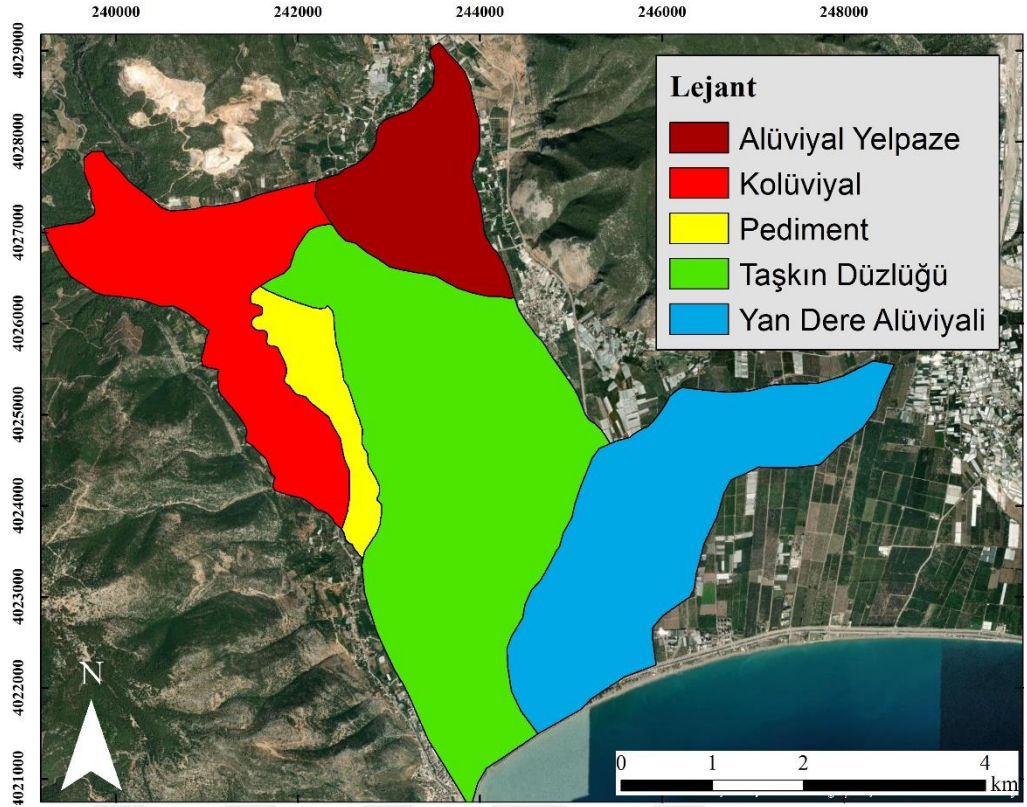


Şekil 3.4. Konyaaltı ilçesine ait jeolojik formasyonlar

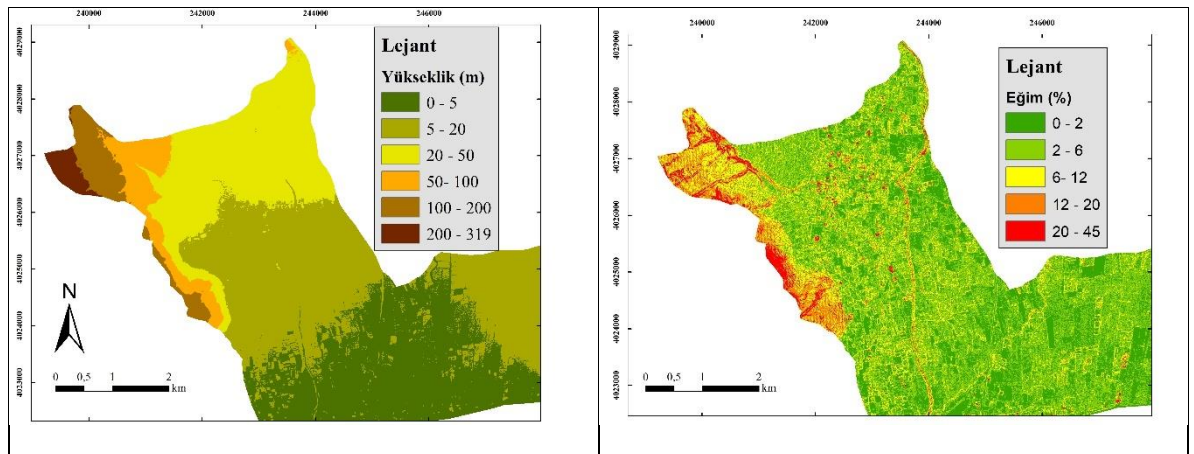
3.1.4. Araştırma alanlarının fizyografyası

Antalya ilinde sahil ve yayla kesimlerinde farklı jeomorfolojik güçlerin etkisi ile oluşmuş birçok farklı fizyografya bulunmaktadır. Araştırma kapsamında seçilen bitki narenciyedir. Narenciye'nin ekolojik istekleri nedeni ile ancak belli bir rakıma kadar optimum düzeyde yetiştirilebilmektedir. Antalya'da bu rakımlarda yer alan tarım arazileri ise genellikle alüvyal araziler üzerindeki fizyografyalar ile kolüvyal, bajada ve pediment fizyografyalarıdır. Nitekim araştırma alanlarımızda yer alan fizyografyalar da bu şekilde bulunmuştur.

Üç tarafı dağlarla çevrili olan Finike ilçesi, kuzeyden güneye doğru Alakır çayı ve Akçay akarsularının taşıyıp depoladığı, alüvyal çökellerin oluşturduğu alüvyal bir ovadır. İlçeye ait etek ve düzlük araziler de bulunan başlıca fizyografyalar; kolüvyal, pediment, yan dere alüvyali, alüvyal yelpaze ve taşkın düzlükleri şeklindedir. Finike ilçesinde çalışma alanı olarak seçilen yerlerde, Akçay'ın oluşturduğu **alüvyal yelpaze** fizyografyası, Akçay'ın taşkın yaptığı yerlerdeki **taşkın düzlüğü** fizyografyası, ovanın denize yakın kısmında Akçay ile birleşen Karadin yan deresinin oluşturduğu **yan dere alüvyali** fizyografyası, ovayı çevreleyen Alacadağ'ın eteklerindeki **kolüvyal** fizyografya ve kolüvyal arazilerden sonra ovanın düzlüğüne yakın konumlarındaki düz ve düze yakın arazilerinin bulunduğu **pediment** fizyografyaları tespit edilmiştir (Şekil 3.5). Ayrıca Finike ilçesi çalışma alanına ait DEM verilerinden üretilen eğim ve yükseklik haritaları Şekil 3.6'de verilmiştir.



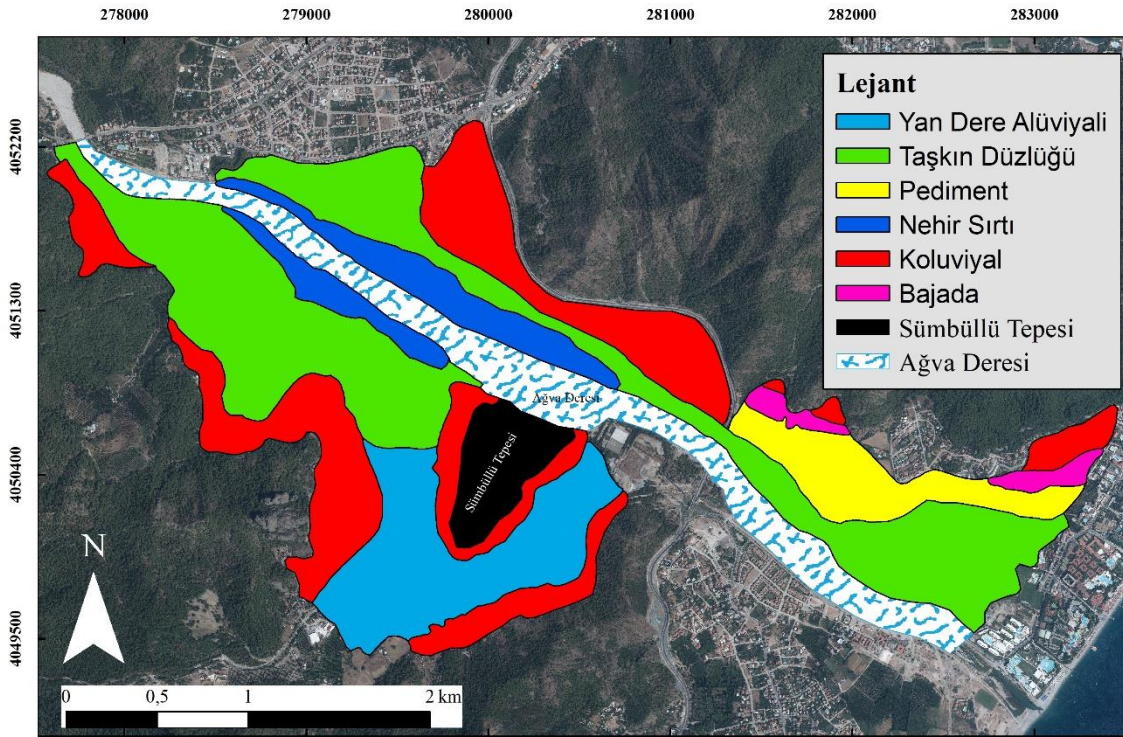
Şekil 3.5. Finike ilçesi fizyografyaları



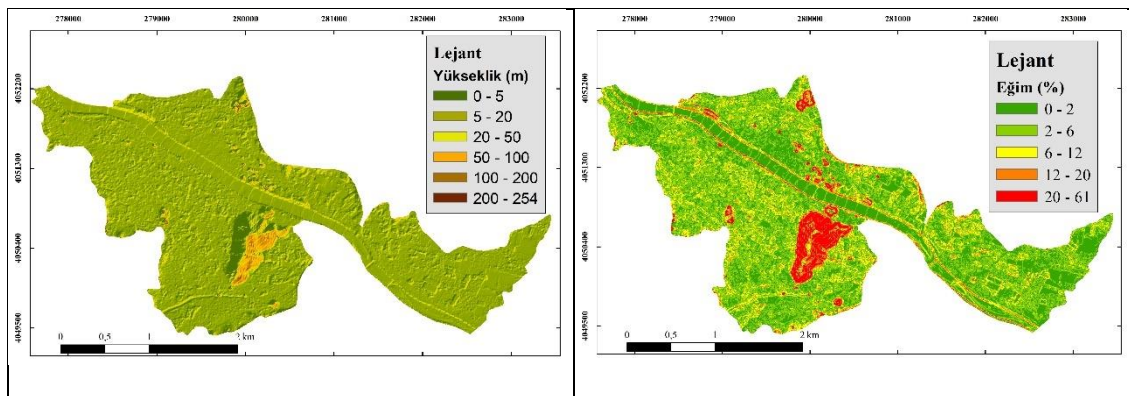
Şekil 3.6. Finike ilçesine ait eğim ve yükseklik haritaları

Kemer ilçe sınırları içerisinde tarım yapılan arazilerde genel olarak gözlemlenen fizyografyalar **kolüviyal**, **bajada**, **pediment**, **alüviyal yelpaze**, **nehir sırtı yan dere alüviyalı** ve **taşkın düzlüğü** şeklindedir. Kemer ilçesinde narenciye arazilerinin bulunduğu ve çalışma alanı olarak seçilen yerlerde; Ağva deresinin oluşturduğu taşkın düzlüğü fizyografyası, Ağva deresinin Akdeniz'e doğru uzanırken oluşturduğu küçük bir

alan kaplayan az da olsa nehir sırtı fizyografyası, Ağva deresini besleyen Sarımeşe deresinin oluşturduğu yan dere alüviyalı fizyografyası, Çalışdağı, Akçaalan, Tepecikler, Karataşlar ve Karamanlı tepelerinin altlarında oluşan kolüviyal fizyografyaları ve yine Çalışdağı ve Akçaalan tepelerindeki kolüviyal fizyografyalarının taşkın düzlüğüne inene kadarki alanlarında bulunan bajada ve pediment fizyografyalarından oluşmaktadır (Şekil 3.7). Kemer ilçesindeki çalışma alanına ait ilgili DEM verilerinden üretilen eğim ve yükseklik haritaları Şekil 3.8’te verilmiştir.



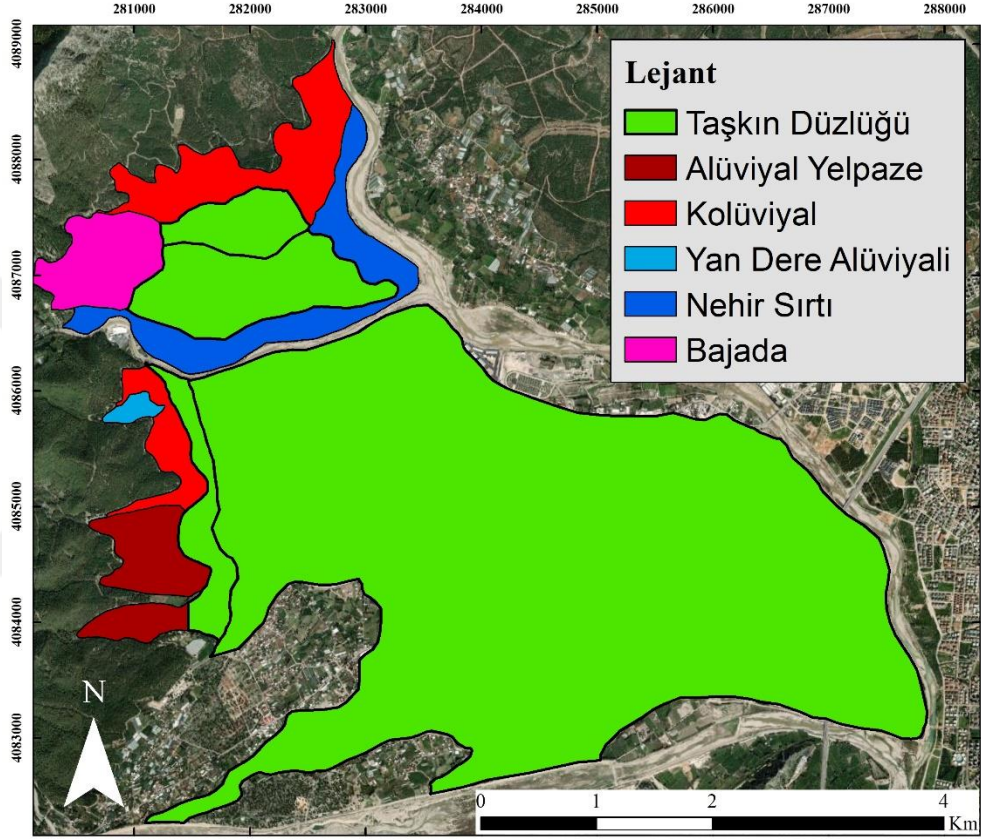
Şekil 3.7. Kemer ilçesi fizyografyası



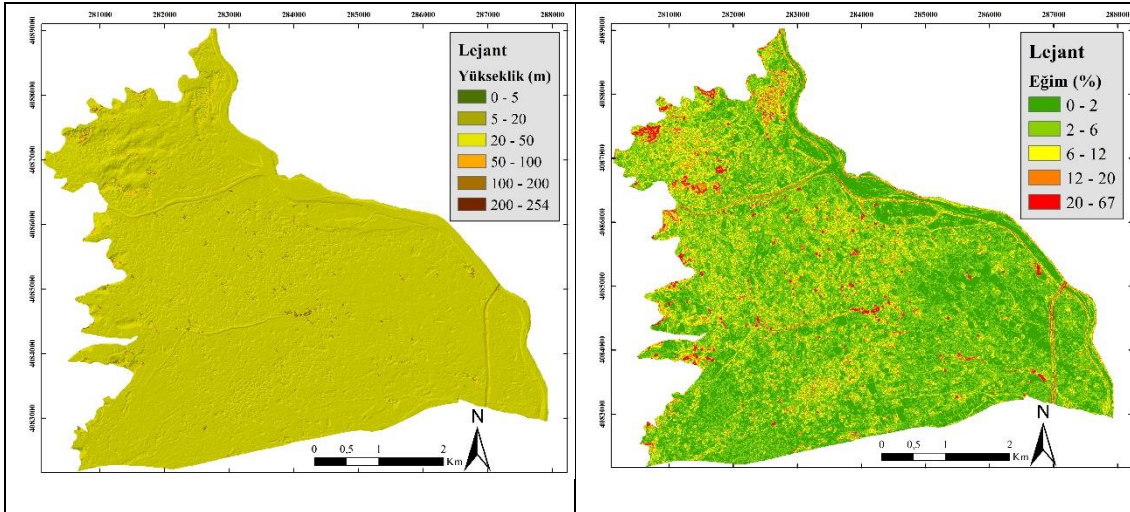
Şekil 3.8. Kemer ilçesine ait eğim ve yükseklik haritaları

Toroslardan Akdeniz’e kadar uzanan geniş bir düzlükte yer alan Konyaaltı ilçesi sınırlarında tarımsal alanların çoğunlukla bulunduğu fizyografyalar; **kolüviyal**, **bajada**,

pediment, alüviyal yelpaze, nehir sırtı, yan dere alüviyalı ve taşkın düzlüğü olarak tespit edilmiştir. Konyaaltı ilçesinde çalışma alanı olarak seçilen yerler, Doyran deresi ve Karaman çayının oluşturduğu taşkın düzlüğü ve nehir sırtı fizyografyaları, Doyran deresinin oluşturduğu yan dere alüviyalı, Demirci tepesi, Üçtepe, Nergisli tepesi ve Keneli tepesinden akan mevsimlik derelerin oluşturduğu alüviyal yelpazeler ve yine bu tepelerin üst kısımlarındaki kolüviyaller ve Doyran dağının kolüviyal fizyografyaları ve Doyran dağının düzlüğe yakın yerlerindeki bajada ve pediment fizyografyalarıdır (Şekil 3.9). Konyaaltı ilçesindeki çalışma alanına ait ilgili DEM verilerinden üretilen eğim ve yükseklik haritaları Şekil 3.10’te verilmiştir.



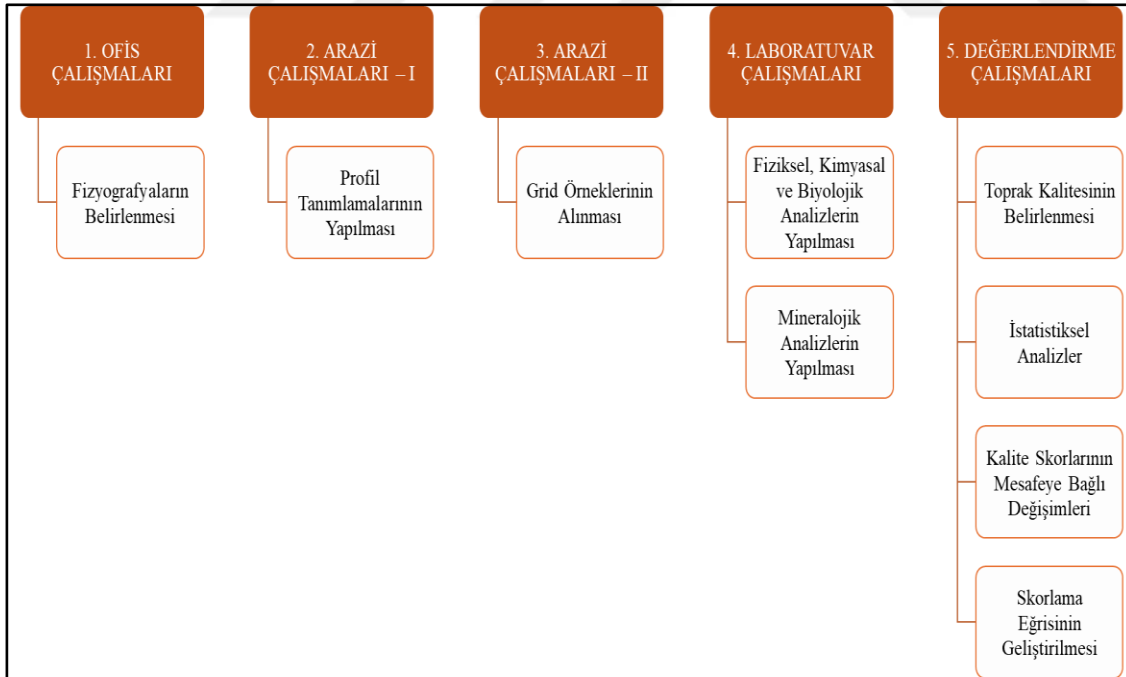
Şekil 3.9. Konyaaltı ilçesi fizyografyaları



Şekil 3.10. Konyaaltı ilçesine ait eğim ve yükseklik haritaları

3.2. Metot

Araştırma birbiriyle ilişkili ve birbirini takip eden 5 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar, Ofis Çalışmaları, Arazi Çalışması-I, Laboratuvar Çalışmaları, Arazi Çalışması-II ve değerlendirme-yazma çalışmaları olmak üzere sıralanmıştır. Söz konusu çalışmalara ait metodolojiler Şekil 3.11’de özetlenmiş ve detaylı bir şekilde açıklanmıştır.



Şekil 3.11. İş akış diyagramı

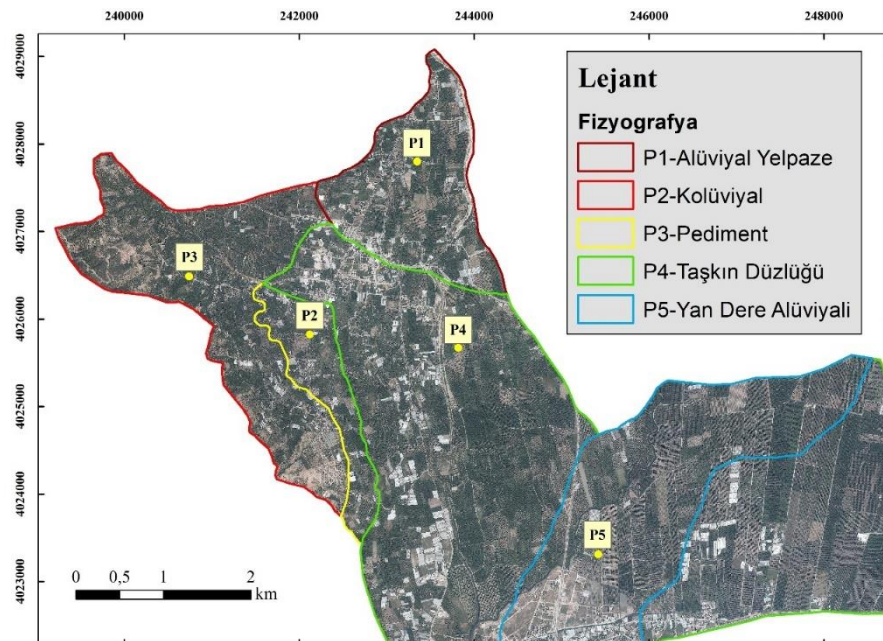
3.2.1. Ofis çalışmaları

Ofis çalışmaları olarak tanımlanan ilk aşamada kartografik materyallerin temini, yoruma hazırlanması, bölge hakkında genel bilgilerin toplanması, çalışma alanlarındaki fizyografyaların tespiti, fizyografyaları temsil edilecek profil çukurlarının yerlerinin belirlenmesi yapılmıştır. Çalışmada WorldView-2 uydusuna ait 46x46 cm çözünürlüklü uydu verileri ve ArcGIS 10.2.2 programı kullanılarak fizyografya tespiti yapılmıştır. Uydu görüntüleri üzerindeki fizyografya tanımlamaları jeolojik yapısına ve jeomorfolojik gücüne ve buna bağlı olarak yükseklik, eğim, bakı gibi özelliklerini inceleyerek ve Tarım Bakanlığına ait Toprak Haritalama amaçlı foto yorumlama çalışmaları için arazi fizyografik birimleri şematik lejantı el kitabında belirtilen fizyografya sınıflarına göre tanımlanmıştır.

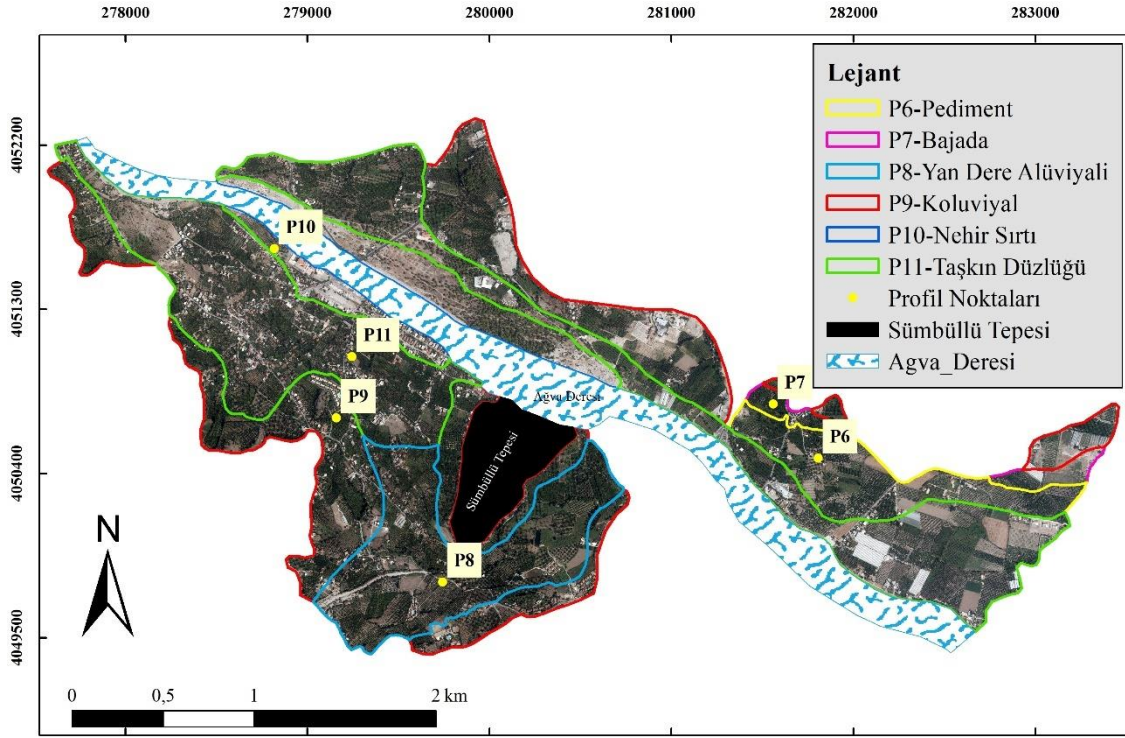
Ofisteki bu çalışma sonucunda, narenciye arazileri için Finike’de 5, Kemer’de 6 ve Konyaaltı’nda da 7 fizyografya tespit edilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde kartografik materyallerden faydalanarak hem fizyografya tanımlamaları tamamlanmış ve hem de her bir fizyografyayı temsil edeceği düşünülen toprak profil çukurlarının açılacağı noktalar belirlenmiştir. Olası profil çukurlarında tanımlama yapmak için kısa süre içinde bir sonraki aşamaya geçilmiştir.

3.2.2. Arazi çalışmaları -I

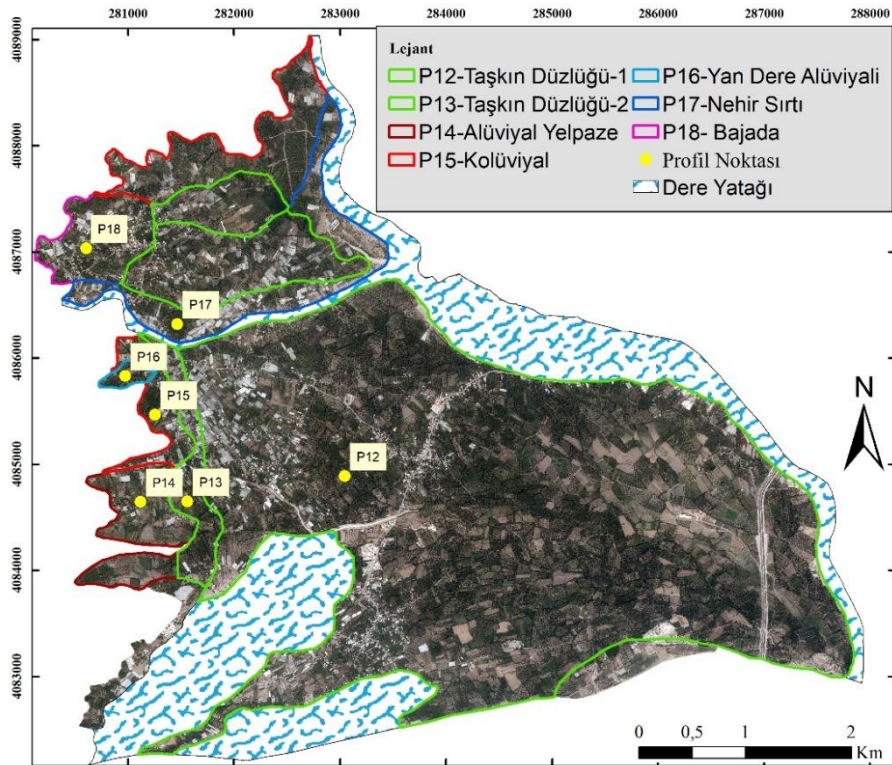
Araştırmanın ikinci aşaması olan Arazi Çalışması-I bölümünde, öncelikle arazide fizyografyaların doğruluğu tespit edilmiş ve daha önce her bir fizyografya için belirlenen toplamda 18 profil çukurunda horizon esasına dayalı tanımlamaları yapılarak, toplamda 72 farklı horizondan gerekli bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.12, Şekil 3.13; Şekil 3.14).



Şekil 3.12. Finike çalışma alanı fizyografyaları ve profil noktaları



Şekil 3.13. Kemer çalışma alanı fizyografyaları ve profil noktaları



Şekil 3.14. Konyaaltı çalışma alanı fizyografyaları ve profil noktaları

Açılan toprak profilleri Soil Survey Staff (1998) esasları dahilinde morfolojik olarak incelenmiş ve tanımlanmıştır. Arazide toprakların morfolojik renk saptamasında Munsel renk skalası ve CaCO_3 kontrolünde %10'luk HCl asit kullanılmıştır. Tanımlanan her profilde renk, tekstür, strüktür, kıvam, özel görünüm (kütan, kayma yüzeyleri, kireç birimleri vb.) taşlılık, kök dağılımı gibi özellikler tespit edilerek profil kartlarına işlenmiştir. İnceleme ve tanımlaması yapılan her bir horizondan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri de bu aşamada alınmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Arazi çalışmaları-I

3.2.3. Laboratuvar çalışmaları

Toprak profillerinin horizon düzeyinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bozulmuş toprak örnekleri laboratuvara getirilmiş, önce serilerek kurutulmuş, sonra tokmakla ezilerek 2 mm'lik elekten elenmiş ve böylece yapılacak analizler için hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale gelen bozulmuş toprak örneklerinde bünye (tekstür), kireç (CaCO_3), elektriksel iletkenlik (EC), kation değişim kapasitesi (KDK), değişebilir katyonlar (DK), yarıyışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, toprak reaksiyonu (pH), organik madde (OM) analizleri yapılmıştır (Şekil 3. 16).

Kasyon değişim kapasitesini etkileyen faktörlerden birisi olan toprağın kil tipinin tayini için farklı ilçelerde ve farklı fizyografyalarda tanımlanan profillerinden alınan toprak örneklerinin ayrıntılı mineralojik analizi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne (MTA) ait laboratuvarlarına gönderilmiş ve kil mineralojisini tespit etmek için kalitatif detaylı kil analizi hizmet alımı şeklinde yaptırılmıştır. Çalışmadaki bu analiz, farklı fizyografyaların her birisini temsil edecek ve bu fizyografyaları diğer ilçelerdeki benzer fizyografyalarla da kıyas edebilecek şekilde toplamda 10 farklı profile yapılmıştır.

Tanımlaması yapılan 18 profilden tanımlanan horizonlardan 72 adet bozulmuş ve 67 adet bozulmamış toprak örneği ilgili tartım ve hacim hesaplamaları yapıldıktan ve su ile doyurulduktan sonra hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası, analizleri yapılmıştır. Elde edilen değerlerle toplam gözeneklilik, mikro gözeneklilik, makro gözeneklilik ve su dolu gözenek hacmi hesaplamaları yapılmıştır.

Çalışma metodolojisinin dördüncü kısmında (Arazi çalışması-II), 3 ilçedeki bütün gridlerden alınan 341 noktadan alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneğinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler yapılmıştır. Hem Arazi Çalışması-I hem de Arazi Çalışması-II’de toplanan toplamda 413 bozulmuş ve 408 bozulmamış toprak örneklerinde yapılan analizlerin çeşitleri ve yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Toprak tekstürü, Bouyoucos (1951) tarafından belirlenen hidrometre yöntemiyle yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre tekstür üçgeni yardımıyla yüzdece tane irilik dağılımı hesaplanmıştır.

Hacim ağırlığı, sabit hacimli çelik silindirlerle alınmış bozulmamış toprak örneklerinde Blake ve Hartge (1986) tarafından belirlenen yöntemlere göre yapılmıştır.

Tarla kapasitesi, alınan bozulmamış toprak örneklerini basınçlı plakalar sistemine yerleştirilip 1/3 atm basınç uygulanmasıyla örnekteki suyun hesap edilmesiyle bulunur (Klute 1986).

Solma noktası, bozulmuş, toprak örneklerinin basınçlı plakalar sistemine yerleştirilip 15 atm basınç uygulanmasıyla örnekteki suyun hesap edilmesiyle bulunur (Klute 1986).

Yarayışlı su içeriği, belirlenen tarla kapasitesi nem içeriği değerinden solma noktası nem içeriği değerinin çıkarılması ile hesaplanmıştır (Klute 1986).

Toplam gözeneklilik, suyla doygun bozulmamış toprak örneklerdeki doygunluk değerinden hesaplanmıştır (Danielson ve Sutherland 1986).

Su ile dolu gözenek hacmi, hacimsel su içeriğinin değerinin toplam gözeneklilik değerine oranı şeklinde hesaplanmıştır (Linn ve Doran, 1984).

Toprak reaksiyonu (pH) ve Elektriksel iletkenlik (EC): Satüre hale getirilen toprak örnekleri vakum kompresörüne bağlanmış nuçe erleni üzerine yerleştirilen hunilere koyulmuştur. Toprak örneklerinden vakum yardımıyla çıkarılan ekstraktlar pH ve EC metre yardımıyla ölçülmüştür (Rhoades vd. 1999).

Kireç, Toprak örneklerinin kireç içerikleri Scheibler kalsimetresindeki karbondioksit çıkış hacmine göre belirlenmiş sonuçlar yüzde olarak hesaplanmıştır (Schlichting and Blume, 1966).

Yarayışlı fosfor, Sodyum bikarbonat metodu ile belirlenmiştir (Olsen vd. 1954).

Ekstrakte edilebilir potasyum (K), 1N amonyum asetat ile ekstraksiyonu elde edilen süzüklerin ICP-OES cihazı ile yapılan ölçüm ile bulunmuştur (Thomas 1982).

Kasyon değişim kapasitesi, sodyum asetat ekstraksiyonu yöntemi (U.S. Salinity Laboratory Staff 1954) ile elde edilen süzüklerin Na değerlerinin ICP-OES cihazı ile ölçümünden hesaplanmıştır.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) saturasyon çamurundan ekstrakte edilen süzüklerde Atomik Absorpsiyon spektrometresinde su ile yer değiştiren Ca, Mg ve Na iyonlarının konsantrasyonlarının ölçülüp ilgili eşitlikteki (3.1.) yerlerine koyularak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1996).

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (3.1.)$$

Mikrobiyal biyokütle karbonu, SIR yöntemine göre belirlenmiştir (Anderson ve Domsch 1978).

Organik madde, modifiye edilmiş Walkey-Black metoduna (Nelson ve Sommers 1982) göre belirlenmiştir.

β-glikosidaz enzim aktivitesi, p-nitrophenol'ün kolorimetrik tahminine göre belirlenmiştir (Tabatabai 1982).

Kil mineralojisi, MTA laboratuvarlarında yapılan bu analiz, örneğe X-ışınları gönderilerek örnek içerisindeki kristal yapılı maddelerin karakteristik difraksiyon desenlerinin elde edilmesi ve bu desenlerin tanımlanması yöntemiyle belirlenmiştir.

Dördüncü aşama olan arazi çalışmaları-II'ye geçmeden önce ofisteki hazırlık aşamasında, belirlenen çalışma alanlarındaki her fizyografyayı temsil edebilecek büyüklükte (1 km x 1 km) yerler seçilmiş ve maksimum 250 m x 250 m'lik grid aralıklarına ayrılmıştır.



Şekil 3.16. Laboratuvarda yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler

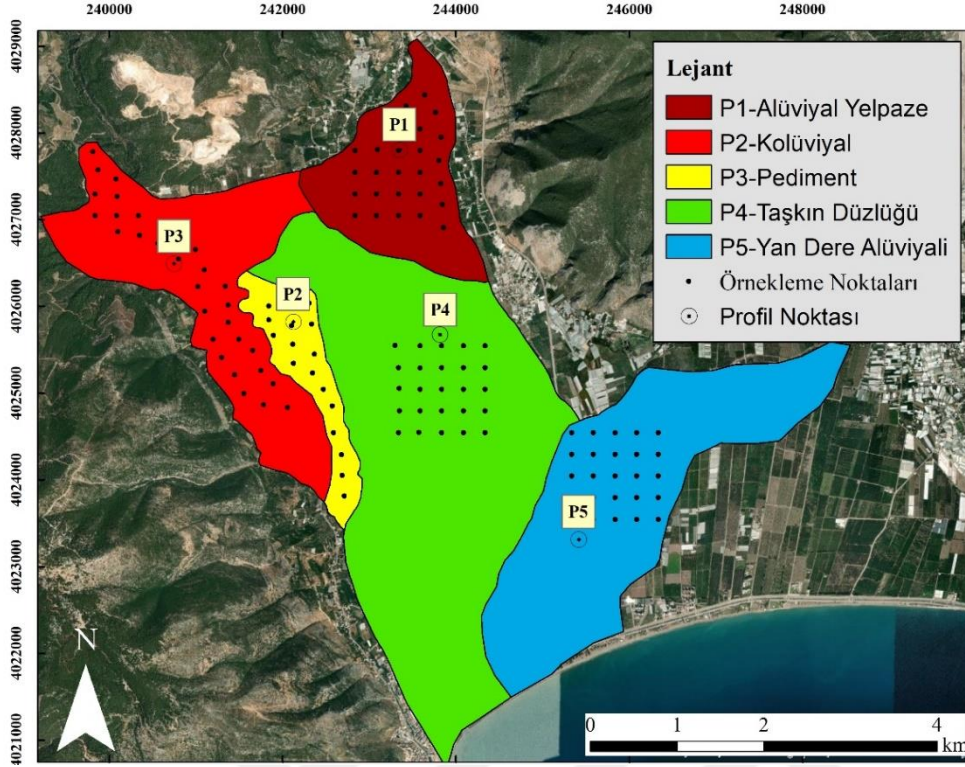
3.2.4. Arazi çalışması-II

Çalışmanın yapıldığı üç ilçede de belirlenen fizyografyalarda 1 km x 1 km'lik kesitlerin yerleştirilemediği yerlerde bütün fizyografyadaki narenciye arazilerinden toprak örnekleme yapılmıştır. Bu alanlarda yapılan “rastgele örnekleme metodunda” ise örnekler arasındaki mesafe 250 m’yi geçmeyecek şekilde belirlenmiştir. Buna göre; Finike ilçesinde 5 farklı fizyografyanın bulunduğu 805 ha’lık alanda 123 noktada (Şekil 3.17), Kemer ilçesinde 6 farklı fizyografyanın bulunduğu 579 ha’lık alanda 112 noktada (Şekil 3.18) ve Konyaaltı ilçesinde ise 6 farklı fizyografyanın bulunduğu 650 ha’lık alanda 106 noktada (Şekil 3.19) örnekleme yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı 3 ilçede toplamda 2034 ha alanda 341 adet toprak örnekleme noktasının belirlenmesiyle örnekleme yoğunluğu 6 ha için 1 örnekleme olarak hesaplanmıştır. Grid örneklerinin fizyografya ve ilçelere göre dağılımı Çizelge 3.1’de verilmiştir.

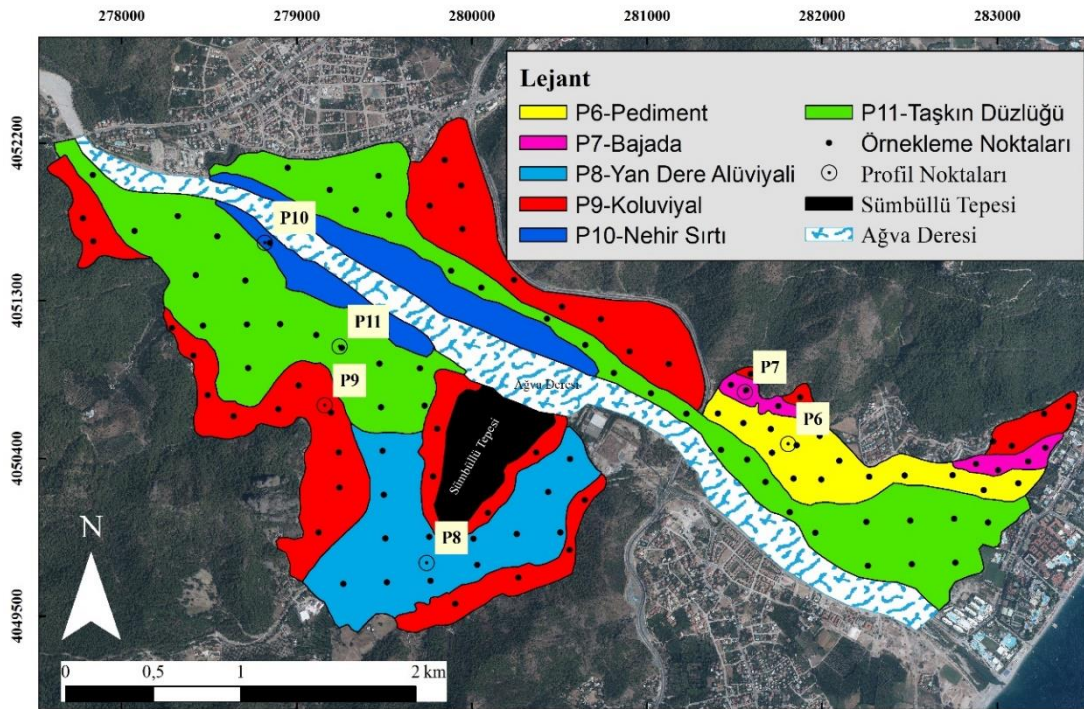
Çizelge 3.1. Grid örneklerinin fizyografya ve ilçelere göre dağılımı

FİNİKE			KONYAALTI		KEMER	
FİZ.ÜNİTE	ÖRNEK	ALAN (ha)	ÖRNEK	ALAN (ha)	ÖRNEK	ALAN (ha)
TD	25	145	25	147	40	238
YDA	25	137	3	8	13	88
KO	30	224	23	145	35	179
BA	0	0	12	69	8	12
PE	17	119	16	103	14	45
AY	26	180	11	74	0	0
NS	0	0	16	104	2	17
TOPLAM	123	805	106	650	112	579
ha/örnek	6.5		6.1		4.2	
TD: Taşkın Düzlüğü, YDA: Yan Dere Alüviyalı, KO: Kolüviyal, BA: Bajada, PE: Pediment, AY: Alüviyal Yelpeze, NS: Nehir Sırtı						

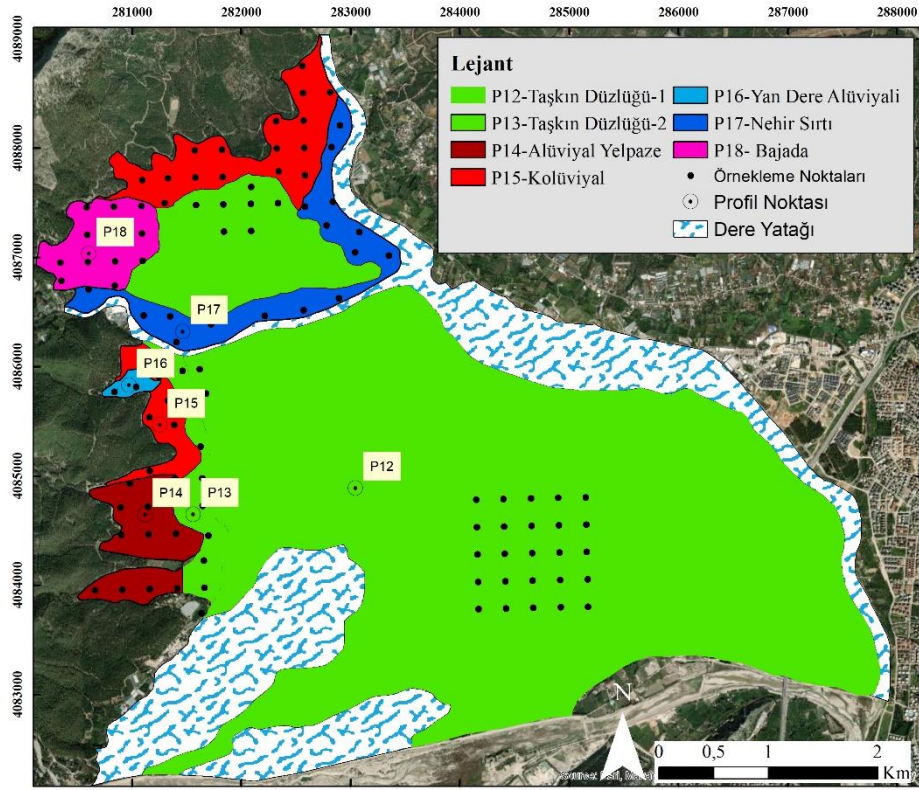
Coğrafi koordinatları bilinen bu noktalara GPS aleti yardımıyla ulaşılarak, 0-20 cm derinlikten analizin yöntemine ya da amacına bağlı olarak her bir noktadan 1 adet bozulmuş ve 2 adet bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Ofiste belirlenmiş ancak arazinin halihazır durumunda narenciye bahçesine denk gelmeyen örnekleme noktaları maksimum örnekleme arası mesafesi olan 250 m'yi geçmeyecek şekilde yeri değiştirilmiş ve noktaların koordinatları yeniden düzenlenip kayıt altına alınmıştır. Toprak örnekleme çalışmaları, topraktaki biyolojik aktivitenin de fazla olduğu Ekim ve Şubat ayları arasında yapılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3.20). Ayrıca biyolojik analizlerin güvenliği için alınan toprak örnekleri arazide soğuk çantalarda muhafaza edilmiş ve yine bu soğuk zinciri koruyarak analizin yapılma zamanına kadar derin dondurucularda saklanmıştır. Grid noktalarından alınan 341 adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde ise bölüm 3.2.3 de belirtilen fiziksel kimyasal ve biyolojik analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.17. Finike ilçesi çalışma alanı, fizyografyası ve örnekleme noktaları



Şekil 3.18. Kemer ilçesi çalışma alanı, fizyografyası ve örnekleme noktaları



Şekil 3.19. Konyaaltı ilçesi çalışma alanı, fizyografyası ve örnekleme noktaları

Coğrafi koordinatları bilinen bu noktalara GPS aleti yardımıyla ulaşarak, 0-20 cm derinlikten analizin yöntemine ya da amacına bağlı olarak her bir noktadan 1 adet bozulmuş ve 2 adet bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Ofiste belirlenmiş ancak arazinin halihazır durumunda narenciye bahçesine denk gelmeyen örnekleme noktaları maksimum örnekleme arası mesafesi olan 250 m'yi geçmeyecek şekilde yeri değiştirilmiş ve noktaların koordinatları yeniden düzenlenip kayıt altına alınmıştır. Toprak örnekleme çalışmaları, topraktaki biyolojik aktivitenin de fazla olduğu Ekim ve Şubat ayları arasında yapılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3.16). Ayrıca biyolojik analizlerin güvenliği için alınan toprak örnekleri arazide soğuk çantalarda muhafaza edilmiş ve yine bu soğuk zinciri koruyarak analizin yapılma zamanına kadar derin dondurucularda saklanmıştır.



Şekil 3.20. II: Arazi çalışması

3.2.5. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirmesi

Çalışmanın son aşamasına gelindiğinde elde bulunan ofis verileri, daha önceki çalışmalar, raporlar, bu çalışma kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar sonuçları bir araya getirilerek, kalite parametreleri ile karşılaştırılmış, yorumlanmış ve toprak kalitesine yeni bir bakış açısı kazandırılmaya çalışılmıştır.

3.2.6. Toprak kalitesinin belirlenmesi

Sürdürülebilir tarımın gerekliliğinin anlaşılmasından bu yana, mevcut toprakların özelliklerinin korunması ve bozulan toprakların iyileştirilmesi adına birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmaların birçoğu göstermiştir ki toprak, sonsuz bir kaynak değildir ve yanlış kullanımlar sonunda çok kolay bir şekilde geri dönüşümsüz olarak kaybedilebilmektedir. Toprak kaynaklarının korunması ve uygun amenajman uygulamalarının tespiti için öncelikle toprağın mevcut kalitesinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaların yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Toprak kalitesinin belirlenmesinde gelişen yöntemler ve bilgiler ışığında farklı dönemlerde farklı yöntemler geliştirilmiştir ve gelişmeye de devam etmektedir. Andrews vd. (2004) tarafından Amerika Tarım Bakanlığına geliştirilen Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF) yöntemi, bu çalışmada toprakların kalitelerini tespitinde kullanılacak yöntem olarak belirlenmiştir.

3.2.6.1. İndikatörlerin belirlenmesi

Toprak kalitesi değerlendirilmesi çalışmalarında kullanılan indikatörlerin belirlenmesinde birçok çalışmada minimum veri setleri (MVS) oluşturulmuştur. Minimum veri setleri de temel bileşenler analizi (PCA) ve uzman görüşü olmak üzere iki farklı şekilde belirlenebilir. Toprak kalitesi değerlendirmesinde minimum veri setlerinin kullanılması zaman kazandıran ve uygun maliyetli bir yaklaşım gibi görünse de potansiyel dezavantajları göz önünde bulundurmamak önemlidir. Minimum veri setlerinin kullanılmasıyla ilgili temel endişelerden biri aşırı basitleştirme riskidir. Toprak ve arazi gibi karmaşık ama bir o kadar da uyum içerisinde olan toprak ekosistemini sınırlı sayıda göstergeye odaklanarak, toprak kalitesini etkileyebilecek önemli faktörlerin gözden kaçırılma riski vardır. Bu durum, toprak kalitesi ve işlevselliği hakkında kapsamlı bir anlayış eksikliğine yol açabilir ve potansiyel olarak optimal olmayan arazi yönetimi ve tarımsal uygulamalarla sonuçlanabilir. Bu nedenle, göstergelerin seçimini dikkatlice değerlendirmek ve toprak kalitesinin temel yönlerini yakaladıklarından emin olmak önemlidir.

Toprak kalitesinin değerlendirmesi, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarında çok önemli bir rol oynamaktadır. Çiftçiler ve arazi yöneticileri, toprağın genel sağlığını ve verimliliğini değerlendirerek toprak yönetimi uygulamaları, ürün seçimi ve besin maddesi uygulaması hakkında bilinçli kararlar verebilirler. Ayrıca, toprak kalitesi değerlendirmeleri, insan yönetimi kararlarının doğrudan ve dolaylı çevresel etkilerini değerlendirmek için etkili bir yöntem sağlar. Bu değerlendirmeler, aşırı su kullanımı, toprak sıkışması, ağır metallerin toprakta birikimi, toprakların asitleşmesi, bitki besin elementlerinin ve organik maddenin kaybı gibi bozulmuş toprak koşullarının belirlenmesine yardımcı olur. Bu yüzden dünya çapında milyonlarca hektar bozulmuş toprakla birlikte, toprak kalitesi için sürdürülebilir değerlendirme araçlarını geliştirmek çok önemlidir (Das ve Paul, 2022). Bu değerlendirme araçları, toprak kalitesini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için çeşitli göstergeleri ve ölçümleri içeren toplam bir veri setini kullanabilir (Karlen vd. 2008). Toprak kalitesinin eksiksiz bir veri seti kullanılarak değerlendirilmesi, toprağın hem sağlığının hem de verimliliğinin kapsamlı bir şekilde incelenmesini sağlar. Genel toprak kalitesine katkıda bulunan birden fazla toprak özelliğinin ve özelliğinin tanımlanmasına olanak tanıyarak ekosistem sınırları içinde toprağın işlevsel kapasitesinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Toprak kalitesi değerlendirmesinde toplam veri setinin (TVS) kullanılmasıyla, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ve arazide kullanılacak amenajman uygulamaları konusunda bizlere daha kapsamlı ve çeşitli bilgiler sağlayabilir. Toprak kalitesi değerlendirmesine yönelik bu kapsamlı yaklaşım, toprağın biyolojik üretkenliği sürdürme, çevresel kaliteyi koruma ve bitki ve hayvan sağlığını geliştirme kabiliyetinin de daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Toprak kalitesi değerlendirme çalışmalarında toplam veri setinin kullanılması, toprak yapısı, gözenek alanı boyutu ve dağılımı gibi fiziksel parametrelerin yanı sıra besin içeriği ve pH seviyeleri gibi kimyasal özelliklerle ilgili çeşitli göstergeleri ve ölçümleri de göz önünde bulundurarak toprağın sağlığı ve verimliliğinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Sonuç olarak, toprak kalitesi değerlendirme çalışmalarında toplam veri setinin kullanılması, sürdürülebilir arazi yönetimi ve çevre yönetimi için çok önemlidir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ve süreçleri dikkate alan kapsamlı bir yaklaşımın kullanılması, toprak sağlığı ve verimliliğinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Toprak kalitesine ilişkin

bu kapsamlı anlayış, toprak yönetimi uygulamaları hakkında bilinçli kararlar almak ve insan faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltmak için gereklidir. Toprak kalitesi için en uygun değerlendirme araçlarına olan ihtiyaç artmaya devam ettikçe, toplam veri setinin kullanılması, bozulmuş toprak koşullarının zorluklarını ele almada ve uzun vadeli arazi verimliliğini ve ekosistem sağlığını teşvik etmede temel olacaktır.

Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF) yönteminde toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik, yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, sodyum adsorpsiyon oranı, bitkiye yarayışlı fosfor ve potasyum, potansiyel mineralize olabilir azot, toprak organik karbon içeriği, mikrobiyal biyokütle karbonu ve β -Glukosidaz enzim aktivitesi indikatörlerini içermektedir. Bu tez çalışmasında SMAF yönteminde yer alan 13 indikatörden agregat stabilitesi ve potansiyel mineralize olabilir azot indikatörleri haricindeki diğer 11 indikatör ile katyon değişim kapasitesinden oluşan bir toplam veri seti kullanılmıştır. Seçilen indikatörlerin toprağın ve üzerinde yapılacak üretimi nasıl etkileyebildiği konusu aslında hepsi bir bütünün parçası olma niteliğindedir. Ancak her bir indikatörü ayrı ayrı değerlendirmek gerekirse;

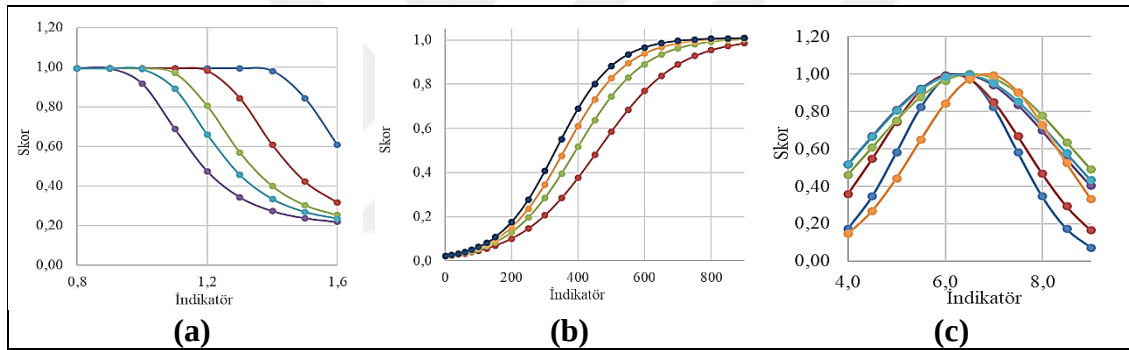
Tekstür, topraktaki suyun tutulmasında ya da drene edilmesinde etkili olmasının yanı sıra kök büyümesi için uygun bir ortam sağlama yeteneğini de etkiler (Vasu vd. 2019). Özellikle çalışma kapsamında incelenen arazilerde bulunan farklı fizyografyalardaki yüksek kil içeriğine sahip ya da kum miktarı fazla olan topraklarda kalite farklılıklarının belirlenmesi ve sonrasında uygulanması gereken farklı amenajman uygulamaları için toprak tekstürü çok temel bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca toprak tekstürü, özelliklerin yanı sıra topraktaki birçok fizikokimyasal olayda etkili olan ancak bir indikatör olarak dikkate alınmayan toprak strüktürünü de etkiler. Toprak strüktürü, toprakta hava ve su hareketi için gözenekler sağlayarak köklerin oksijen ve besin maddelerine erişmesine olanak tanır. Bunun yanı sıra toprak strüktürü erozyonu ve toprak sıkışmasını önleyeceği için toprağın stabilitesi açısından da önemlidir. Yarayışlı su içeriği, toprak kalitesini etkileyen bir diğer önemli fiziksel özelliktir (Andrews vd. 2004). Dünyada her geçen gün artan kuraklık beraberindeki su sıkıntısı bitkilerin topraktaki suyu kullanabilmesi ve içeriğindeki besin maddelerini alabilmesi için oldukça dikkat çekici hale gelmektedir (du Plessis 2019, Acar vd. 2020). Çalışma alanında bulunan toprakların çok farklı düzeylerde yarayışlı su içeriğine sahip genelinde fizyografya ve biraz daha özelinde topraklar vardır. Bu farklılıklar çalışma alanındaki farklı fizyografya ve toprakların kalitesinin belirlenmesinde farklılıklar ortaya çıkartmıştır. Su dolu gözenek hacmi, toprak kalitesinin belirlenmesinde çok önemli bir faktördür (Sassenrath vd. 2018). Toprak verimliliğinin korunmasında ve bitki büyümesinin desteklenmesinde kritik öneme sahiptir. Toprak içindeki gözeneklerde bulunan su, bitki besin elementlerinin taşınımı, mikrobiyal aktivite ve köklerden suyun difüzyonu gibi çeşitli toprak fonksiyonları için gereklidir (Linn ve Doran, 1984; Seybold ve Herrick, 2001; Marzaioli vd. 2010). Su ile ilgili özelliklere ek olarak, toprağın hacim ağırlığı da toprak kalitesini önemli ölçüde etkiler. Hacim ağırlığı, birim hacim başına düşen toprak kütleini ifade eder ve toprak sıkışmasının bir ölçüsüdür. Yüksek hacim ağırlığı kök büyümesini kısıtlayabilir ve toprak içindeki hava ve su hareketini azaltarak zayıf havalandırma ve drenajı bozuk toprakların oluşmasına neden olabilir. Hacim ağırlığının yüksek olmasına sebep olan kil tekstürlü ya da eksik ya da hatalı amenajman uygulamaları sonucu sıkışmış toprakların oluşumunun örnekleri çalışma alanında da vardır. Hal böyle iken hacim ağırlığı da çalışma alanında toprak kalitesini etkileyen önemli bir unsur olarak karşımıza

çıkıştır. Bahsedilen toprak fiziksel özelliklerine ek olarak, organik madde içeriği, toprak pH'sı ve sıkışma gibi diğer faktörler de toprak kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Smith vd. 2018; Brown ve Jones, 2017). Organik madde içeriği toprak strüktürüne, su tutma kapasitesine ve besin bulunabilirliğine katkıda bulunur. Organik maddenin varlığı, toprak strüktürü ve gözenekliliğini iyileştiren stabil agregatların oluşumunu teşvik eder. Toprak pH'sı, toprak kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Toprağın pH seviyesi, bitkilerin sağlığı ve üretkenliği için çok önemli olan çeşitli süreçleri ve özellikleri etkiler. Bitki besin elementlerinin bulunabilirliği, mikrobiyal aktivite ve bitki büyümesi için optimum bir pH seviyesi gereklidir (Marzaioli vd. 2010; Sassenrath vd. 2018). Çok düşük veya çok yüksek pH seviyesine sahip bir toprak, bitki besin elementi noksanlıklarına veya toksisitelerine yol açarak bitkilerin gelişimini engelleyebilir ya da verimliliği azaltabilir. Ayrıca, toprak pH'ı faydalı toprak mikroorganizmalarının aktivitesini ve bunun sonucunda da yine belirli bitki besin elementlerinin bulunabilirliğini etkiler. Dengeli bir pH seviyesi aynı zamanda toprağın fiziksel yapısının korunmasında, sıkışmanın önlenmesinde ve su infiltrasyonunun iyileştirilmesinde de rol oynar. Genel olarak, toprakta uygun pH seviyesini koruyarak, optimum bitki gelişimi, bitki besin elementlerinin kullanılabilirliği ve genel toprak kalitesi sağlanmış olur. Toprakta elektriksel iletkenlik (EC), topraktaki elektriksel yüklerin hareket yeteneğini açıklayan ve topraktaki birçok fiziksel ve kimyasal olayla ilişkisi olan bir özelliktir. Toprağın nem içeriği, bitki besin elementlerinin bulunabilirliği ve tuzluluk seviyeleri ile ilişkisinden dolayı toprak kalitesi hakkında değerli bir gösterge olarak hizmet eder. Toprak elektrik iletkenliğinin anlaşılması ve izlenmesi, toprak yönetimi ve mahsul üretimi için bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olabilir ve sonuçta sürdürülebilir tarım uygulamalarına ve çevrenin korunmasına katkıda bulunabilir. Çalışma alanlarında yapılan narenciye üretimindeki yapılan yoğun gübre uygulamaları bu bölgelerde belirlenecek olan toprak kalitesinde toprak EC'sinin önemini bir kat daha arttırmaktadır. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), toprakta bulunan sodyum miktarının ve toprak partikülleri tarafından adsorbe edilebilmesinin bir ölçüsüdür. Yüksek sodyum adsorpsiyon oranı, toprak yapısının bozulmasına neden olarak ve su infiltrasyonunu azaltarak toprak kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu da erozyonun artmasına, besin maddelerinin kullanılabilirliğinin azalmasına ve mahsul verimliliğinin düşmesine yol açabilir. Bu yüzden SAR toprak kalitesi için önemli bir boyutudur. Toprak kalitesinin belirlenmesindeki farklı çalışmalarında organik madde, bitkiye yarayışlı fosfor ve topraktan ekstrakte edilebilir potasyum içeriği en çok kullanılan indikatörler olarak karşımıza çıkmaktadır (Andrews vd. 2004; Marzaioli vd. 2010; Shao vd. 2016; Bünemann vd. 2018; Acar 2023). Topraktaki toplam organik karbon, bitki büyümesini desteklemek için gerekli besinleri sağladığı, toprakta strüktür oluşumunu ve gözenekliliği dolayısıyla da su tutma kapasitesini artırdığı ve mikrobiyal aktiviteyi teşvik ettiği için toprak kalitesinin önemli bir göstergesidir (Ankenbauer ve Loheide II, 2017; Neupane vd. 2019). Ayrıca, toplam organik karbon, azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin maddeleri için bir kaynak görevi gördüğünden, toprak verimliliğine ve besin döngüsüne katkıda bulunur. Mikrobiyal biyokütle karbonu, toprak kalitesinin belirlenmesinde ve korunmasında çok önemli bir rol oynar (Grandy ve Neff, 2008; Liang vd. 2011; Singh ve Gupta, 2018). Topraktaki mikroorganizmalar besin döngüsü ve organik maddenin ayrışması gibi çeşitli işlevlerden de sorumludur. Beta glikozidaz enzim aktivitesi, selüloz gibi karmaşık polisakkaritlerin daha basit, bitkiler için daha kolay kullanılabilir karbon ve besin formlarına hidrolizinden sorumlu olduğu için toprak kalitesinde çok önemli bir rol oynar (Knight ve Dick, 2004).

SMAF dikkate alınarak hazırlanan bu indikatörlere ek olarak toprağın katyon değişim kapasitesi özelliği bu tez çalışmasında bir indikatör olarak tanımlanıp ilk defa doğrusal olmayan yöntemlere göre skorlanmıştır.

3.2.6.2. İndikatörlerin skorlanması

İndikatörlerin skorlanması, her bir ölçünün ilgilenilen toprak fonksiyonuyla nasıl ilişkili olduğunu yorumlamak ve birim farklılıklarını ortadan kaldırarak göstergelerin entegre edilmesini sağlamak için gereklidir. Yaygın olarak kullanılan skorlama yöntemi doğrusal olmayan skorlama yöntemidir. Skorlama fonksiyonları ekonomide fayda fonksiyonları (Norgaard 1994), çok amaçlı karar vermede karar fonksiyonları (Yakowitz vd. 1993) ve sistem mühendisliğinde modelleme aracı (Wymore 1993) olarak çeşitli şekiller altında yaygın olarak kullanılmaktadır. Karlen ve Stott (1994) bu kavramı ilk olarak toprak göstergelerinin yorumlanmasına uygulamıştır. Üç ana puanlama eğrisi kullanmışlardır: daha azı daha iyidir (Şekil 3.21a), daha fazlası daha iyidir (Şekil 3.21b) ve orta nokta optimum (Şekil 3.21c). Toprak Yönetimi Değerlendirme Çerçevesi (SMAF) de aynı tekniği kullanır ve aynı zamanda eğri şekillerinin geliştirilmesine de izin verir.



Şekil 3.21. a) Daha az daha iyidir. b) Daha fazla daha iyidir. c) Optimum daha iyidir.

Veri setindeki indikatörlerin her birinin birimi farklıdır. Buradaki değerlerin hepsinin birlikte aynı şekilde değerlendirilebilmesi için birimlerdeki farklılıklar ortadan kaldırılması ve bir indeks içerisine dahil edilmesi gereklidir. Bu tez çalışmasında indikatörlerin skorlanarak birimsiz hale dönüştürülmesinde Amerika Tarım Bakanlığı personeli tarafından geliştirilen toprak amenajmanı değerlendirme çerçevesinde (SMAF) doğrusal olmayan ve yukarıda gösterilen skorlama eğrileri kullanılmıştır. Yukarıda örnek görselleri bulunan eğrilerin her bir toprak indikatörü için farklı birer algoritması vardır. Bu algoritmalar toprak indikatörlerinin ölçülen değerleri ile normalize edilerek skorlar arasında niceliksel ilişkiyi ortaya koymaktadır (Andrews vd. 2004). Skorlar arasındaki ortaya koyulan bu niceliksel ilişki toprağın özelliklerine bağlı olarak değişen amenajman uygulamalarında yol gösterici olabilmektedir. SMAF'ta skorlamaların oluşturulması için kullanılan algoritmalara ait her bir indikatörü etkileyen birden fazla değişken de dikkate alınmaktadır. Çünkü, örneğin toprağın yarıyışlı su içeriği öncelikle içinde bulunan iklim, toprağın tekstürü ve organik madde miktarı ile de doğrudan ilişkilidir. Bunun gibi diğer indikatörlerin ya da göstergelerin yorumunu etkileyen sahaya özgü faktörler Çizelge

3.2’de verilmiştir (Anonim 9).

Çizelge 3.2. İndikatörlerin skorlanmasına etki eden faktörler (Anonim 2)

İndikatörler	Faktörler			
	Birincil	İkincil	Üçüncül	Dördüncül
Yarayışlı Su İçeriği	Bölge	Tekstür	Organik Madde	
Hacim Ağırlığı	Tekstür	Mineraloji		
Elektriksel iletkenlik	Metot	Ürün	Tekstür	
Mikrobiyal Biyokütle C	Organik Madde	Tekstür		
pH	Ürün			
Sodyum Adsorpsiyon Oranı	EC			
Fosfor	Ürün	Organik Madde	Tekstür	Method
Toplam Organik Karbon	Organik Madde	Tekstür	İklim	

Kasyon değişim kapasitesi için skarlama eğrisinin geliştirilmesi

SMAF, topraktaki belirlenen özelliklerin birimsiz hale dönüştürülmesi için doğrusal olmayan eğrilerin geliştirilip çalıştırılmasıyla skorların oluşturulduğu bir yöntemdir. Skarlama eğrileri, indikatörlerin kendisiyle ilgili diğer toprak göstergelerinin niceliksel olarak nasıl bir ilişkisi olduğunu ortaya koymak için gereklidir.

Toprağın kasyon değişim kapasitesi, birçok toprak işleminde ve işlevinde önemli rol oynayan çok önemli bir özelliktir. Toprağın kasyon değişim kapasitesi, katyonlar olarak bilinen pozitif yüklü iyonları tutma ve serbest bırakma yeteneğini ifade eder. Yani bitkiler tarafından temel besin maddelerinin kullanılabilirliğini ve alımını ve ayrıca toprağın bu besin maddelerini tutma ve serbest bırakma yeteneğini etkiler. Bütün bu sebeplerden dolayı kasyon değişim kapasitesinin doğrusal olmayan yöntemlerle skarlması gerektiği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasının temel hedeflerinden birisi Kasyon Değişim Kapasitesi göstergesinin ilgili toprak özellikleriyle birlikte değerlendirilerek doğrusal olmayan skarlama eğrisini oluşturmaktır. Bu skarlama eğrileri geliştirilirken Andrews vd. (2004), Wienhold vd. (2009) ve Stott vd. (2010)’nın çalışmalarında tanımladıkları protokollerden yararlanılarak kasyon değişim kapasitesine ait skarlama eğrisi geliştirilmiştir. Kasyon değişim kapasitesine ait doğrusal olmayan skarlama eğrisinin geliştirilmesiyle alakalı işlem adımları aşağıdaki işlem basamaklarıyla oluşturulmuştur.

Veri setlerinin hazırlanması: Çalışma kapsamında oluşturulan toplam veri setinde farklı bölgelerden ve çalışmanın kapsamına göre farklı fizyografyalardan örneklemeler ile veri farklılıkları oluşturulmuştur. Gompertz modeli kullanılarak oluşturulan formül geliştirilirken, verilerin %80’i modelin eğitimi için, %20’si ise modelin test edilmesi ve performansının değerlendirilmesi amacıyla ayrılmıştır. Grafiklerin geliştirilmesi ve görselleştirilmesi için ise tüm veri seti kullanılmıştır.

İndikatör ve toprak fonksiyonları arasındaki ilişkinin belirlenmesi: Katyon değişim kapasitesi toprak fonksiyonlarının olumlu yönde etkileyen bir özelliktir. Bu nedenle “daha fazla daha iyidir” eğrisinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.

İndikatörü etkileyen faktörlerin tanımlanması: Katyon değişim kapasitesini etkileyen toprak organik karbonu, kil miktarı ve baskın kil tiplerinin belirlenmesi eğriyi etkileyen faktörlerdir.

Skorlama eğrisinin geliştirilmesi: Python programlama diline ait makine öğrenme modülleri kullanılarak indikatör olarak KDK’nın ve onu etkileyen toprak özelliklerinin verileri arasında bir algoritma geliştirilerek ilişki kurulmuştur.

Skorlama eğrisinin validasyonu: Tez çalışması kapsamında oluşturulan veri seti, eğrilerin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Verilerden ortaya çıkan algoritmayı test etmek için skorlar üretilmiştir. Elde edilen eğrilerin doğruluğunu test etmek için de R2, RMSE (kök ortalama kare hatası) ve MAE (ortalama mutlak hata) gibi performans metrikleri ile değerlendirilmiştir. Ayrıca daha sonra yapılacak çalışmalardan elde edilecek verilerle de algoritmanın doğruluğu test edilebilecektir.

3.2.6.3. İndikatörlerin ağırlıklandırılması ve birleştirilmesi

İndikatörler skorlandıktan sonra, eklemeli (Andrews ve Carroll 2001), ağırlıklı (Karlen vd. 1998) veya çarpımsal indeksler (Doran ve Parkin, 1996; Larsen ve Pierce, 1991) gibi çeşitli şekillerde birleştirilebilir. İndeksleme yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada Andrews vd. (2001) farklı yöntemlerle hesaplanan indeks sonuçları arasında çok az fark bulmuştur. Toprak Yönetimi Değerlendirme Çerçevesinde eklemeli indeks kullanılmaktadır ancak SMAF, kullanıcılara indikatör skorlarını ağırlıklandırma seçeneği de sunmaktadır.

Bu çalışmada, toplam veri seti kullanılarak yer alan indikatörlere basit eklemeli yöntem uygulanmış ve tüm indikatörlere eşit ağırlıklar verilmiştir. Bu yaklaşım, her bir indikatörün analize eşit katkı sağlamasını amaçlamış ve sonuçların bütüncül bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Eşit ağırlıkların verilmesi, indikatörler arasında herhangi bir öncelik ya da ağırlık farkı yaratmamış, dolayısıyla her bir indikatörün eşit derecede önemli kabul edilmesini sağlamıştır. Bu yöntem, literatürde yaygın olarak kullanılmakta olup, çeşitli çalışmalarda da benzer şekilde uygulanmıştır (Brown ve Smith 2018; Lee 2019; Johnson vd. 2020).

İndikatörlerin skorlamaları ve ağırlıklandırılmaları tamamlandıktan sonra skorlar bir araya getirilerek toprak kalite indeksi (TKİ) verileri elde edilmiştir. Böylece toprak kalitesi bir bütün şeklinde değerlendirilecek ve daha sonra uygulanacak olan ilgili amenajmana uygulamalarının etkisini tahmin etmemize yardımcı olmuştur. Bu indeks hesabı, indikatörlerden gelen skor değerleri toplanır ve indikatör sayısına bölünmüştür. Çıkan sonuç da 100 ile çarpılarak toprağın kalite indeksi olarak belirlenmiştir (Eşitlik 3.2).

$$TKİ = \left(\frac{\sum_{i=1}^n Si}{n} \right) \times 100 \quad (3.2)$$

Yukarıda gösterilen bu eşitlik 3.2’de;

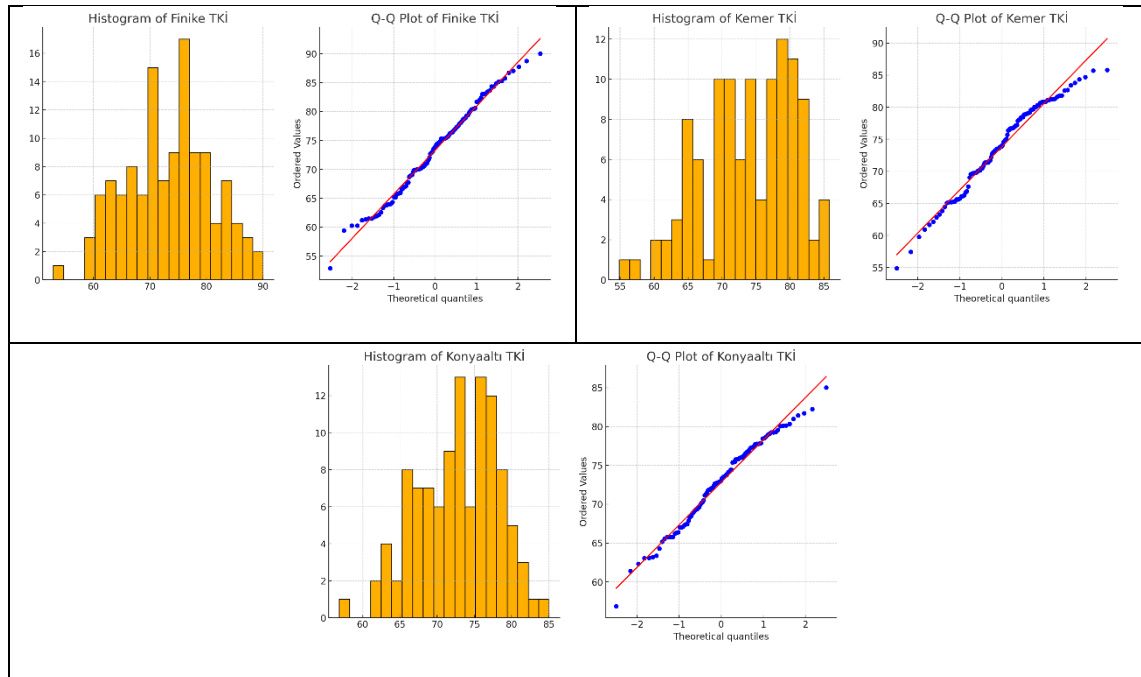
S: İndikatörlerin skorları

n: İndikatör sayısı.

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Araştırmaya konu 3 ilçede açılan 18 profildeki 72 horizontda minimum, maksimum, ortanca, standart sapma, varyasyon katsayısı ve yatıklık değerleri hesaplanmıştır.

Toprak kalite indeksleri verilerin ilçeler bazında değişiminin kıyaslanması için görsel olarak ilçelere ait histogramlar ve Q-Q pilot’ları incelenmiş aynı zamanda Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. (Şekil 3.22) Finike ve Konyaaltı ilçelerine ait toprak kalite indeksleri normal dağılım ($p>0.05$) gösterirken Kemer ilçesine ait veriler normal dağılımdan önemli bir sapma göstermiştir ($p=0.014$). Finike ve Konyaaltı ilçelerinde parametrik testler uygulanabilecek iken Kemer ilçesinde normal olmayan dağılımdan dolayı her üç ilçede de non-parametrik testler kullanılmıştır. ANOVA testinin non-parametrik karşılığı olan Kruskal-Walis H testi uygulanmıştır. Bu test, verilerin normal dağılım göstermediği veya varyansların homojen olmadığı durumlarda ANOVA’nın non-parametrik bir alternatifini olarak kullanılır (Farid vd. 2016; Cohen vd. 2021; Kerry vd. 2024).



Şekil 3.22. Toprak kalite indeksleri verilerine ait Histogram ve Q-Q pilot verileri

Fizyografyaların ilçeler arasındaki değerlerin değişiminin kıyaslanmasında tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır.

3.2.8. Jeostatistiksel analizler ve haritaların oluşturulması

Araştırma başlamadan önce, elde edilen kalite skor verileri GS+7.0 programı yardımıyla tüm verilere ait semivaryogramlar oluşturulup mesafeye bağlı değişkenliği en iyi tanımlayan modellerin seçiminde o modele ait R^2 , ve ölçümle ilgili hataları gösteren Artık Kareler Toplamı (RSS) değerinin 0 (sıfır)'a yakın olmasına dikkate alınarak, “range”, “aktif lag”, “nugget” ve “sill” değerleri elde edileceği ve ArcGIS 10.2.2 paket programındaki “ordinay kriging” yöntemiyle haritalandırılacağı bildirilmişti. Ancak çalışma alanlarımızın büyük olması verilerin kümeleşmiş halde oluşundan dolayı GS+7.0 programı kullanılamamıştır. Bunun yerine ArcGIS 10.2 paket programı kullanılmıştır.

ArcGIS 10.2 programında Kriging enterpolasyon yöntemi ile, bu yönteme ait farklı modellerden en uygun olanının seçimi ile belirlenmiştir. Üç farklı kriging modelinin (Gaussian, Exponential, Spherical) denenerek en uygun modelin bulunduğu bu haritalama çalışmalarında, modellere ait RMS (Karekök Ortalama Hatası), RMSS (Karekök Ortalama Standartlaştırılmış Hata) ve ASE (Ortalama Standart Hata) değerleri dikkate alınarak haritalandırılmıştır. RMS, tahmin hatalarının büyüklüğünü ölçerken, RMSS tahmin edilen belirsizliğin güvenilirliğini değerlendirir. RMS değeri ne kadar küçükse, modelin tahminleri o kadar doğrudur. ASE değeri ise modelin tahmin edilen hata varyansını gösterir ve modelin tahmin ettiği belirsizlikleri özetler. Modeller belirlenirken, RMS değeri en düşük olan modelin seçilmesine dikkat edilmiştir. Bunun yanı sıra RMSS değerinin 1'e yakın olmasına ve ASE değerinin de RMS değeri ile uyumlu olmasına dikkat edilmiş, ardından aralarındaki farkın en az olduğu model seçilmiştir.

Ayrıca farklı fizyografyalarda ve ilçelerde elde edilen bireysel kalite göstergelerinin skorları ve toprak kalite indekslerinin sınıflandırması Gugino vd. (2009) tarafından belirlenen sınıflandırmaya (Çizelge 3.3) göre yapılmış ve haritalandırılmıştır.

Çizelge 3.3. Skor Sınıfları

Skor (%)	Skor Sınıfı
>85	Çok yüksek
85-70	Yüksek
70-55	Orta
55-40	Düşük
<40	Çok Düşük

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fizyografya Özellikleri

Araştırmanın yapıldığı üç ilçede çeşitli fizyografyalar bulunmaktadır. Bu fizyografyalar taşkın düzlüğü, yan dere alüviyalı, nehir sırtı, alüviyal yelpaze, kolüviyal, bajada, pediment olarak tanımlanmıştır. Aşağıda çalışma alanında tanımlanan tüm fizyografyaların genel özellikleri verilmiştir.

Taşkın düzlükleri, akarsu ekosistemlerinin önemli bileşenini oluşturan ve genellikle tarımsal üretim için yüksek verimlilik gösteren alanlardır (Smith ve Jones, 2010; Miller vd. 2013). Bu fizyografyadaki profillerden Kemer ilçesinde tanımlanan (P.11) profili hariç diğer taşkın düzlüğü profillerinde, litolojik kesilmeler tanımlanmıştır. Çünkü özellikle büyük akarsuların farklı iklim dönemlerinde getirdikleri malzemeler yine farklı depozit alanına ve miktarına bağlı olarak değişmektedir (Brown, 2005).

Taşkınların periyodik olarak gerçekleşmesi, toprak profilinin de değişmesini sağlar ve böylece bitki örtüsünün sürdürülebilirliğini destekler (Evans vd. 2011). Taşkın düzlüklerinin korunması ve sürdürülebilir yönetimi hem ekolojik denge hem de tarımsal verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır (Clark ve Wilson, 2008; Johnson, 2016; Green vd. 2019). Taşkın düzlüğü fizyografyasındaki narenciye bahçesine ait örnek bir resim Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Taşkın düzlüğü fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Kemer)

Kolüviyal birikintiler, yamaç erozyonu ve yerçekimi etkisiyle taşınan malzemenin vadi tabanında veya yamaç eteklerinde birikmesi sonucu oluşan topraklardır

(Anderson vd. 2004; Martinez vd. 2011). Araştırmada bu fizyografyaların dağılım gösterdiği alanlar genellikle eğimli alanlardır. Kolüviyal olarak tanımlanan fizyografyalarda genellikle profil içinde ve yüzeyinde taş ve kayalar tespit edilmiştir ki bu beklenen bir durumdur (Şekil 4.2). Kolüviyal birikintiler genellikle kaya parçaları, çakıl, kum ve silt karışımından oluşur (Smith, 2008; Liv vd. 2013). Kolüviyal topraklar, tarım için verimli olabilen, ancak taşkın ve erozyon riski taşıyan alanlardır. Bu topraklar, jeomorfolojik süreçlerin bir sonucu olarak çeşitlilik gösterir ve bölgesel iklim koşullarına bağlı olarak da değişebilir (Johnson 2012; Smith vd 2015). Erozyon kontrolü ve toprak koruma için teraslama, bitki örtüsü iyileştirmeleri ve su tutma yapıları gibi amenajman uygulamaları önerilmektedir (Brown vd. 2010; Miller, 2015; Miller vd. 2019). Şekil 4.2’de kolüviyal fizyografyada yer alan bir narenciye bahçesi gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Kolüviyal fizyografyadaki eğimli araziler (Finike)

Pedimentler, dağ eteklerinde yer alan hafif eğimli, geniş ve genellikle kayalık yüzeylerdir (Garcia vd. 2012). Araştırmada iki ilçede tespit edilen pediment fizyografyaları düze yakın (%2) eğime sahiptirler. Pedimentlerin oluşumu ve dinamikleri, iklim ve tektonik aktivitelerle yakından ilişkilidir (Brown 2011). Bu yapılar, uzun süreli erozyon sonucunda oluşur ve genellikle bir alüvyon tabakası ile kaplıdır (Howard vd. 2014).

Kemer ilçesinde belirlenen pediment fizyografyasında profilin üzeri alüviyal malzeme ile kapanmıştır. Benzer şekilde Finike ilçesinde yer alan pediment fizyografyasında da farklı şekil ve büyüklükte alüviyal malzemeler tespit edilmiştir. Pedimentler, jeolojik olarak stabil alanlar olup, genellikle zayıf bitki örtüsüne sahiptirler ve toprak verimlilikleri sınırlı olduğu için ek bitki besleme uygulamalarına ihtiyaç duyarlar (Johnson vd. 2007, 2016a). Hem Finike’de hem de Kemer ilçesinde belirlenen

pediment alanlarında organik madde miktarı profil içerisinde düşük tespit edilmiştir. Bu yüzden bu fizyografyalarda bitki örtüsünün korunması ve su yönetimine dikkat edilmelidir (Smith 2009; Smith vd. 2018; Brown vd. 2020). Şekil 4.3.'de pediment fizyografyasında yer alan bir narenciye bahçesi gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Pediment fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Kemer)

Bajada, bir dizi alüviyal fanın birleşerek geniş ve değişen eğimlerde oluşturduğu coğrafi birimlerdir (Kochel vd. 2013). Araştırma alanlarından Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde tanımlanan bu fizyografya, büyük alanlara sahip değildir. Genel olarak %2-6 eğime sahip arazilerdir. Bajadalar, dağ eteklerinde birikmiş tortulardan oluşur ve genellikle taşkınlar sırasında taşınan malzemenin yığılmasıyla meydana gelir ve genellikle tarım için uygundur (Hunt vd. 2015). Bajadalar, jeomorfolojik süreçler ve iklim değişiklikleri ile şekillenir ve bu süreçler, bölgesel çevre koşullarını önemli ölçüde etkiler. Kemer ilçesinde tanımlanan profilde farklı dönemlere ait litolojik kesilmeler gözlemlenmiştir. Bitki besleme açısından, su kaynaklarının etkin kullanımı ve tuzluluk kontrolü kritik öneme sahiptir. Bu yüzden toprak iyileştirme ve su yönetimi, bajada fizyografyalarında uygulanması gereken temel amenajman uygulamalarındandır (Miller vd. 2015, 2020). Şekil 4.4.'de bajada fizyografyasında yer alan narenciye bahçesi örnek olarak gösterilmiştir.



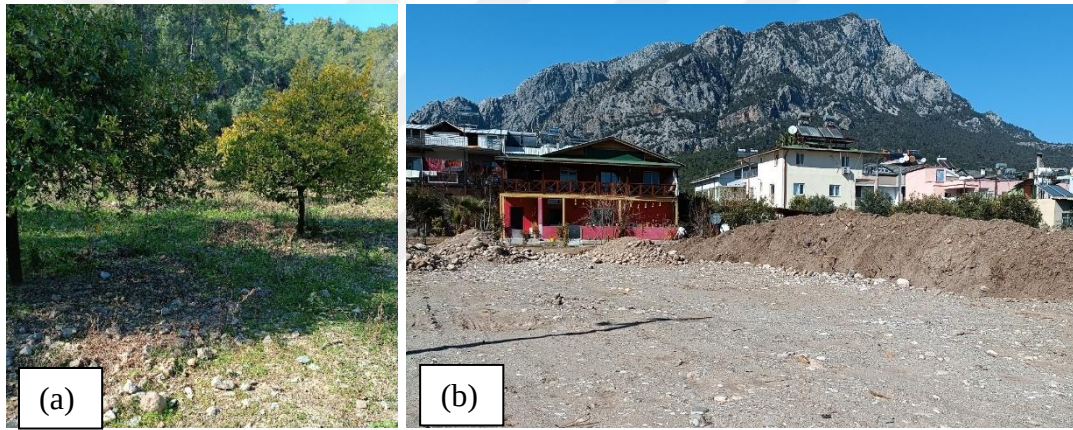
Şekil 4.4. Bajada fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Kemer)

Alüviyal yelpazeler, akarsuların dağ yamaçlarından düz alanlara doğru taşınan tortuları biriktirmesiyle oluşan fan şeklindeki birikintilerdir (Blair vd. 2012). Finike ve Konyaaltı'nda tanımlanan bu fizyografyalar hafif (%2) eğimli arazilerdir. Bu yelpazeler, tarım için oldukça verimli topraklar sağlarlar, ancak taşkın ve erozyon gibi sorunlar tarımsal açıdan problem yaratabilir (Harvey vd. 2014). Bitki besleme açısından, alüviyal yelpazeler genellikle zengin besin maddeleri içerir, ancak toprak tuzluluğu ve taşkın riski dikkatle yönetilmelidir (Blair ve McPherson, 2015). Finike ilçesinde tanımlanan bu fizyografya alanlarında eğim daha az olduğu için erozyon ya da taşkın riski yoktur. Ancak Konyaaltı'ndaki alüviyal yelpaze fizyografyası daha eğimli arazilerdir ve erozyon riski ile karşı karşıyadır. Yine de Konyaaltı'ndaki bu alanlarda erozyon ve taşkın riskini azaltıcı uygulamalar yapılmıştır. Sulama projelerinde dikkatli su yönetimi ve uygun bitki örtüsü seçimi, alüviyal yelpazelerin sürdürülebilir kullanımı için gereklidir (Hooke vd. 2017). Şekil 4.5'de Konyaaltı'nda alüviyal yelpaze fizyografyasında yer alan bir narenciye bahçesi gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Alüviyal yelpaze fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Konyaaltı)

Nehir sırtları, nehir kenarlarında taşkınların biriktirdiği malzemelerin oluşturduğu yüksek setlerdir (Brierley vd. 2013). Bu sırtlar, tarım için verimli alanlar sağlar, ancak taşkın riski ve erozyon gibi sorunlar mevcuttur (Nanson ve Croke, 2015). Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde tanımlanan bu fizyografyalar genellikle taşlı yüzeye ve/veya profile sahiptirler. Bitki besleme açısından, nehir sırtları zengin toprak yapısına sahiptir ancak düzenli gübreleme ve taşkın yönetimi gerektirir (Pizzuto vd. 2016). Kemer ilçesinde çok dar bir alanda tespit edilen bu fizyografya üzerinde, narenciye bahçesi tespit edilmiştir. Ancak alanın küçük olması nedeniyle söz konusu bölgede grid örneklemesi çok az yapılabilmektedir. Bu araştırmanın arazi çalışmaları sürecinde bu fizyografyadaki az miktardaki narenciye bahçesi de sökülerek başka kullanımlara dönüştürülmüştür. Özellikle Kemer ilçesindeki nehir sırtı fizyografyası dar bir alanda ve Ağva deresinin hemen kenarında yayılım göstermiştir. Bu yüzden bu alana olabilecek taşkınlara dikkat edilmesi gereklidir. Taşkın koruma yapıları ve uygun bitki örtüsü seçimi, nehir sırtlarının sürdürülebilir kullanımı için önemlidir (Wolman ve Leopold, 2018). Ayrıca, toprak erozyonunu önlemek için de bitki örtüsünün korunması ve düzenli bakımı gereklidir (Smith vd. 2020). Şekil 4.6’da nehir sırtı fizyografyasına ait narenciye bahçesi (a) ve kısa süre önce narenciye arazisinden dönüştürülen (b) birer fotoğraf gösterilmiştir.



Şekil 4.6. a) Nehir sırtı fizyografyası narenciye bahçesi b) Arazi çalışması-II’de değişen narenciye bahçesi

Yan dere alüvyalleri, ana akarsulara katılan yan derelerin, taşıdığı tortuları depolamasıyla oluşan birikintilerdir (Knighton vd. 2012). Bu alüviyaller, çeşitli bitki ve hayvan türlerine yaşam alanı sağlarken, su kalitesi ve akış rejimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Benda vd. 2014). Ancak, bu bölgelerde erozyon, tortu birikimi ve taşkın riski gibi sorunlar mevcuttur (Poff vd. 2015). Araştırmaya konu olan üç ilçede de tanımlanan bu fizyografyalarda verimlilik düzeyleri değişmektedir. Finike ilçesinde tanımlanan yan dere alüviyallerinde taban suyunun dönemsel olarak 18 cm’e kadar yükseldiğinin izleri görülmüştür. Konyaaltı ilçesinde tanımlanan bu fizyografyalarda tanımlanan profilde ise böyle bir duruma rastlanılmamıştır. Bitki besin içeriği açısından, yan dere alüviyalleri zengindir ancak düzenli izleme ve gübreleme gerektirir. Erozyon kontrolü ve su yönetimi için uygun bitki örtüsü ve yapıların kullanımı, bu bölgelerin sürdürülebilir yönetimi için önemlidir (Gregory ve Walling, 2017). Şekil 4.7’de yan dere alüviyallerinden alınan iki fotoğraf gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Yan dere alüviyalı fizyografyasındaki narenciye bahçeleri (Finike)

4.2. Finike ilçesinin toprak özellikleri ve kalite değerlendirmesi

Araştırmaya konu olan 3 ilçe arasında 805 ha'lık alanla, narenciye üretiminin en çok yapıldığı bölgedir. Finike ilçesinde, narenciye arazilerinde 5 farklı fizyografya tespit edilmiş ve her birinin profil tanımlamaları yapılmıştır. 805 ha alanda 123 grid örnekleme gerçekleştirilmiştir.

Finike çalışma alanı genel olarak Toroslardan gelen ve şehrin ortasından geçerek Akdeniz'e dökülen Akçay akarsuyunun etkisinde oluşmuş alüviyal bir ovadır. Akçay'ın üst zonlarında alüviyal yelpaze (P.1), orta zonunda taşkın düzlüğü (P.4) ve onu besleyen Karadin akarsuyunun alüvyalinde ise Yan dere alüviyalı (P.5) fizyografyaları gelişmiştir. Çalışma alanının etek arazilerinde Kolüviyal (P.3) ve etek arazilerinin düzlüğe yaklaştığı hafif eğimli ya da düz arazilerde ise pediment (P.2) fizyografyaları gelişmiştir. Her bir fizyografyaya ait profillerin morfolojik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yanı sıra mineralojik özellikleri de belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre farklı fizyografyalardaki her bir profilin ve grid örneklerinin tanımlayıcı istatistik verileri de tespit edilmiştir.

4.2.1. Morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analiz sonuçları

Alüviyal yelpaze

Çalışma alanındaki Akçay akarsuyunun çevresine göre daha yüksek olan Toroslardan gelerek düzlüğe kavuştuğu ilk yerlerde alüviyal yelpaze fizyografyası gelişmiştir. Araştırma alanında bu fizyografyaya ait özellikleri yansıtağı düşünülerek P.1 profil tanımlanmıştır. P.1 profiline ait morfolojik özellikler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. P.1 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	16.06.2022
Konumu:	36°21'40.06"K - 30° 8'22.46"D
Yükseklik:	37 m
Fizyografik konumu:	Alüviyal Yelpaze
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB-GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal Malzeme
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayahlılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yuvarlak, çakıl
İnsan etkisi:	Yaklaşık 38 cm'e kadar sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-38	Kahverengi (7,5YR 4/2) yaşı; siltli kil/siltli killi tın; orta-orta yarı köşeli blok; kuru iken sert, nemli iken sıkı yaşı iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; yaygın ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	A2	38-51	Kahverengi (7,5YR 5/2) yaşı; siltli kil/siltli killi tın; orta-orta yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaşı iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşsız; yaygın ince saçak kök; 0,5-2 cm çapında çörtler; belirgin düz sınır.
	A3	51-63	Kahverengi (7,5YR 5/3) yaşı; siltli killi tın; kuvvetli orta-orta yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaşı iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşsız; seyrek ince saçak kök; 0,5-2 cm çapında çörtler ve taş parçaları; belirgin düz sınır.
	2A1	63-82	Kahverengi (7,5YR 5/4) yaşı; siltli killi tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaşı iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; az taşlı; yaygın kılcal kök; belirgin düz sınır.
	2A2	82-112	Kahverengi (7,5YR 5/4) yaşı; siltli killi tın; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken gevşek yaşı iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşlı; 1-5 cm çapında çakıl taşları; belirgin düz sınır.
	2C	112+	Açık kahverengi (7,5YR 6/4) yaşı; killi tın; masif; nemli iken sıkı, yaşı iken yapışkan plastik; az kireçli; çok taşlı; 0,1-20cm çaplı çakıl taşları.

Yapılan tanımlama işlemlerine göre profilde Ap, A2, A3, 2A1, 2A2 ve 2C horizonları gelişmiştir. 63. cm'den sonra tespit edilen litolojik kesilme Akçay akarsuyunun farklı dönemlerdeki biriktirmeleriyle oluştuğu, bu süreçte profilde litolojik kesilmelerin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Profilin tamamında Hue 7.5 YR ve profil genelinde renk Kahverengi, sadece 2C horizonunda açık kahverengi olarak tanımlanmıştır. 2C horizonu hariç diğer tüm horizonlarda strüktür yarı köşeli bloktur. Büyüklük ve dayanıklılıkları zayıftan kuvvetliye doğru değişmektedir. 2C horizonunda strüktür masiftir. Kıvam, özelliğine baktığımızda, profilin 2C hariç tüm horizonlarında yapışkanlık ve plastiklik özelliğinin yüksek olduğu, 2C horizonunda ise yapışkanlık ve plastikliğin azaldığı bulunmuştur. Yine litolojik kesilmenin başladığı 2A1 horizonundan itibaren taşlılığın üstteki horizonlara göre arttığı gözlemlenmiştir.

Alüviyal yelpaze fizyografyasında yer alan P.1 profilinde fiziksel analizlerden olarak; tekstür, hacim ağırlığı (HA), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), yarıyışlı su içeriği (YSİ), toplam gözeneklilik (TG), mikro gözeneklilik (MiG), makro gözeneklilik (MaG), su dolu gözenek hacmi (SDGH), kimyasal analizlerden pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç, organik madde (OM), fosfor (P), SAR, biyolojik analizlerden organik madde (OM), mikrobiyal biyokütle karbon (MBK), beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) yapılmıştır. Söz konusu analizlerin sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. P.1 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyoloji analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK %	SN %	YSİ %	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	15.5	53.8	30.7	SiCL	1.50	21.07	15.83	5.24	0.49	0.21	0.28	0.43
A2	11.5	55.7	32.9	SiCL	1.49	17.75	15.77	1.98	0.44	0.18	0.26	0.41
A3	13.3	57.7	29.0	SiCL	1.54	25.93	16.26	9.67	0.43	0.26	0.17	0.60
2A1	23.3	51.4	25.3	SiL	1.54	22.27	20.18	2.10	0.44	0.22	0.22	0.50
2A2	11.7	53.1	35.2	SiCL	1.63	29.20	16.55	12.65	0.43	0.21	0.22	0.68
2C	39.4	31.2	29.4	CL	1.63	20.37	16.55	3.82	0.40	0.24	0.16	0.51

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.42	0.372	41.62	2.4	8.51	0.07	163.20	31.33	35.20	27.47	3.98	0.45	0.97
A2	7.38	0.446	41.64	1.5	8.56	0.06	156.00	4.81	40.35	33.22	5.35	0.83	0.45
A3	7.22	0.281	39.37	1.2	8.86	0.05	109.20	3.22	32.52	25.06	3.98	0.45	0.33
2A1	7.36	0.305	44.93	1.1	6.31	0.05	91.20	3.22	27.78	21.85	3.33	0.35	0.27
2A2	7.40	0.351	46.89	1.1	5.11	0.05	33.60	2.99	33.30	26.99	4.10	0.32	0.39
2C	7.41	0.225	56.19	0.5	7.66	0.05	30.00	2.12	30.86	25.30	3.75	0.27	0.40

P.1 profilinde pH değeri 7.22 ile 7.42 arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). Nötr-hafif alkalın sınıfında yer alan bu değerler bitki yetiştiriciliği için uygun olarak değerlendirilebilir. Profildeki kireç içeriği %39.7 ile 56.19 arasında değişmektedir. Bu ortalama değer FAO (2006)’ya göre, aşırı kireçli olarak sınıflandırılmıştır. Profilde alt horizonlarda kireç içeriğinin artması kirecin alt horizonlara doğru yıkandığının bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca değişebilir katyonlardan kalsiyumun da profil içerisindeki artış ya da azalışı kireç içeriğiyle benzerlik göstermektedir. Bilindiği üzere profildeki pH ve kireç dağılımı bitki besleme uygulamalarında önem arz etmektedir. Özellikle hafif alkaliye yakın pH ve aşırı kireç içeriği, bitkilerin beslenmesinde bilhassa fosfor, çinko ve demir gibi elementlerin bitkiye yarıyışlılığını olumsuz etkileyecektir (Xie, 2019). Karstik topografyaların üzerinde gelişen fizyografya topraklarında, yapılacak bitki besleme uygulamalarında, daha fazla asidik karakterli gübrelerin kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Yapılan tanımlamada elektriksel iletkenlik (EC) değeri 0.22 dS/m^{-1} ile 0.45 dS/m^{-1} arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Tuzsuz olarak sınıflandırılan P.1 profilinde, bitki yetiştiriciliğinde tuzluluğun bir sorun olmayacağı görülmektedir. Çünkü çalışmanın konusu olan narenciye bitkilerinin bulunduğu topraklar için Ayers ve Wescot (1985) EC değerinin sınırının $1.7\text{-}1.8 \text{ dS m}^{-1}$ olduğunu bildirmişlerdir.

Toprakların organik madde içeriği, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerindeki önemli etkilerinden dolayı, toprak kalitesinde önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Page vd 2020). P.1 profilinde organik madde miktarı %0.50 ile 2.40 arasındadır (Çizelge 4.2). Alt horizonlara doğru giderek azalan organik madde miktarı verimli bitki yetiştiriciliği için düşük seviyededir. Profilde litolojik kesilme olmasına rağmen 2C horizonu hariç, diğer bütün horizonlardaki yarı köşeli blok strüktür ve bunun yaratacağı gözeneklilik, havalanmanın artmasına dolayısıyla organik maddenin oksidasyonunun hızlanmasına ve profildeki organik madde miktarının düşmesine neden olmuştur.

Mikrobiyal biyokütle karbon (MBK) değeri, toprakta yaşayan mikroorganizmaların toplam biyokütlesinde bulunan karbon miktarını ifade eder. Toprakların MBK özelliği toprak verimliliği, besin döngüsü, karbon depolaması ve toprak kalitesi gibi özelliklerini etkilediğinden, önemli bir göstergedir (Jenkinson vd. 1981; Brooks vd. 1982; Brady vd. 2008). Profildeki MBK değerleri 30.20 mg/kg ile 403.20 mg/kg arasında bulunmuştur (Çizelge 4.2). MBK içeriğinin profil boyunca azalması, organik madde içeriğinin azalmasıyla uyumluluk göstermektedir. Çünkü Campbell vd. (1997)'e göre topraktaki MBK kaynağı organik maddenin sağladığı biyokütle karbon varlığı olarak bildirilmiştir.

Karbon döngüsünde de önemli rol oynayan (Stott vd. 2010; Swanepoel vd. 2015) beta glikosidaz enziminin aktivitesi, toprakta bulunan organik maddenin (selüloz ve diğer karbonhidratların) parçalanmasında önemli rol oynar (Tabatabai vd.1994; Alef vd. 1995; Knight ve Dick 2004; Brady vd. 2008). Beta glikosidaz enzimi aktivitesi profilde 2.12 µg/g ile 31.33 µg/g arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Alt horizonlara doğru azalan bu gösterge de, tıpkı MBK'da olduğu gibi organik madde miktarının azalmasıyla doğrudan ilişkilidir.

P.1 profilinde sodyum adsorpsiyon değeri (SAR) 0,05 ile 0.61 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Profil içerisinde çok farklılık göstermeyen SAR değeri alt horizonlara doğru gidildikçe nispeten azalma eğilimi göstermektedir. Profil içerisindeki SAR değeri herhangi bir bitkinin yetiştiriciliği konusunda sorun yaratacak düzeyde değildir.

Toprak profilinde tekstür ile ilgili yapılan morfolojik bulgular ve fiziksel analizlerden tekstür analiz sonucu birbirleriyle benzerlik göstermektedir. Profil boyunca baskın olan silt, %39.40 ile 58.20 arasında, kum miktarı %7.60 ile 15.50 arasında, kil miktarı % 27.40 ile % 33.10 arasında olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Kil miktarı Ap horizonundan litolojik kesilmenin başladığı 2A1 horizonuna kadar azalış göstermekte, 2A1 horizonundan itibaren yeniden bir artış belirlenmiştir.

Kasyon değişim kapasitesi (KDK), topraktaki negatif yüklü partiküllerin (kil mineralleri ve organik madde) pozitif yüklü iyonları (katyonları) tutma kapasitesini ölçer.

Bu yüzden toprağın verimliliği, bitkilerin beslenmesi, toprak yapısı, toprak pH'sı ve toprak yönetimi gibi konularda stratejik öneme sahiptir (Hillel 2004; Brady ve Weil 2008). P.1 profili boyunca KDK değeri 27.78 meq/100 gr toprak ile 40.35 meq/100 gr toprak arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). KDK değeri P.1 profilinde Brady ve Weil (2008)'e göre yüksek olarak sınıflandırılmıştır.

Fosfor, bitki beslenmesinde kritik öneme sahip bir makro besin elementidir ve enerji transferi, fotosentez, solunum ve hücre bölünmesi gibi birçok biyokimyasal süreçte rol oynar (Havlin vd. 1999; Pierzynski vd. 2005; Brady ve Weil 2008). P.1 nolu profilde yayırlı fosfor içeriği 5.11 ppm ile 8.51 ppm arasında bulunmuştur (Çizelge 4.2). Yapılan çalışmalarda yayırlı fosfor için kritik seviyenin 10.9 –21.4 ppm olduğu bildirilmiştir (Bai vd. 2013). Bu sınıflandırmaya göre de profildeki yayırlı fosfor seviyesi düşük olarak tespit edilmiştir. Profilde görülen bu eksikliğin nedeninin organik madde düşüklüğü, yüksek kireç içeriği, uygunsuz gübreleme zamanı ya da yetersiz fosfor gübrelemesi olduğu sonucuna varılabilir.

Toprakta yayırlı potasyum içeriği, bitkinin büyümesi ve gelişmesinde önemli rol oynayan makro bir besin elementidir. Bitkide, su ve besin taşınımı, fotosentez, enzim aktivasyonu, protein sentezi ve hastalık direnci gibi olaylarda kritik rol oynamaktadır. P.1 profilindeki potasyum 0.20-0.49 meq/100 gr değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Pizer (1967)'e göre yapılan sınıflandırmada profilde bulunan yayırlı potasyum içeriğinin düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Ap horizonundan itibaren profil boyunca önemli azalış gösteren potasyum miktarının üst horizonlarda daha yüksek olmasının sebebinin, yapılan gübre uygulamalarının bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

Hacim ağırlığı (HA) topraktaki poroziteyi, su tutma kapasitesini, kök gelişimini ve bitki büyümesini etkileyen önemli bir fiziksel özelliktir. Ayrıca toprak kalitesini etkileyen en önemli indikatörlerden birisidir. P.1 profilinde hacim ağırlığı 1.49-1.63 g/cm³ aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.2). Profildeki tekstür değerlerinin genellikle SiCL sınıfa dahil olması sebebiyle HA değerinin 1.4 g/cm³ değeri üzerinde olması profilde bir toprak sıkışması olduğunun bir göstergesi olarak yorumlanabilir (NRCS 2022; USDA 2023). Özellikle profilin alt horizonlarındaki artan HA değerleri, toprak sıkışmasının en net göstergesidir. Ayrıca yoğun amenajman uygulamalarının da toprak sıkışmasına sebep olduğu bilinmektedir. Narenciye arazilerinde toprak sıkışmasına çok dikkat edilmelidir (Zalidis vd. 2002).

Solma noktası (SN), bitkilerin su alımını sürdüremeyeceği ve solmaya başlayacağı topraktaki nem seviyesidir. P.1 profilinde SN değeri hacimsel olarak % 15.77 ile 17.54 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.2). Hillel (1980)'in yaptığı sınıflamaya göre siltli killi tın tekstürde olması gerekli %11'dir. P.1'deki solma noktası değeri literatürle uyum göstermektedir.

Tarla kapasitesi (TK), toprak gözeneklerinin suyla tamamen dolduktan ve fazla suyun drenaj yoluyla uzaklaştıktan sonra, toprakta tutulan maksimum su miktarını ifade eder. Bu durum, toprağın su tutma kapasitesinin ve bitkiler için erişilebilir su miktarının bir göstergesidir. Tarla kapasitesi, bitkilerin büyümesi için optimal su içeriği seviyesini belirler. P.1 profilinde TK, 17.75-29.20 değerleri arasında bulunmuştur (Çizelge 4.2). Literatürde (Hillel 1980) bulunan tınlı topraklara ait TK'nin tipik değerleri %20-30 olarak ifade edilmiştir. P.1 profilindeki tarla kapasitesi değerleri literatürle uyum

göstermektedir. Ancak profildeki en düşük TK değerinin A2 horizonunda (38-51 cm) olması bu derinlikte bir toprak sıkışması olduğunu da göstermektedir. Nitekim bu durum yukarıda hacim ağırlığı değerlendirilmesinde ifade edildiği gibi profilde bir sıkışma olduğunu ispatlamaktadır. İlave olarak bu horizontdaki düşük organik madde miktarı da bu durumu açıklayan diğer bir gerekçe olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bitkiye yararlı su içeriği (YSİ), topraktaki suyun bitkiler tarafından alınıp kullanılabilen optimal su içeriğini ifade eder ve tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki fark ile hesap edilir. P.1 profilinde YSİ, %1.98-12.65 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Tınlı topraklarda olması gereken YSİ değerinin %10-15 olması gerektiği literatürde (Hillel 1980) belirtilmiş olmasına rağmen P.1 profilinde YSİ içeriği değerinin düşük olmasına sebebin, yetersiz organik madde ve daha da önemlisi toprak sıkışması olduğu sonucuna varılabilir. Özellikle diğer göstergelerin değerlendirilmesinde de belirgin bir sıkışmanın görüldüğü A2 horizonu, profilde en düşük YSİ'ne sahip horizon olarak karşımıza çıkmaktadır.

Toprakta bulunan gözenek miktarı, suyun ve havanın depolanması için alanlar oluşturur ve bitki köklerinin büyümesi için gereklidir. Gözenek miktarı, toprakta suyun tutulması, drenaj, havalanma, bitki kök gelişimi gibi unsurları destekleyen bir özelliktir (Pires vd 2017). Toplam gözeneklilik (TG) P.1 profilinde $0.41-0.60 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). Profil boyunca TG değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun sıkışmanın tespit edildiği A2 horizonunda net bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Tıpkı YSİ özelliğinde olduğu gibi toplam gözeneklilikte de yetersiz organik madde ve toprak sıkışmasının toplam gözenekliliğe etkisini ispatlamaktadır.

Toprakta suyun tutulmasıyla ilgili mikro gözeneklerin P.1 profilindeki değeri $0.20-0.45 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ arasındadır. Toprakta havanın tutulması ve havanın suyun hareketiyle ilgili bir toprak özelliği olan makro gözenekler P.1 profilinde $0.14-0.28 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ arasında değişmektedir. Toprakta sağlıklı bir su ve hava hareketi için olması gereken makro gözeneklilik miktarı $0.10 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ 'tür (Carter 1990; Sassenrath vd. 2018). Literatüre göre makro gözeneklilik miktarı 0.10 olması gerekirken P.1 profilindeki makro gözeneklilik 0.21 bulunduğu düşünülürse toprakta suyun ve havanın hareketinin gerçekleştiği söylenebilir.

Toprakta su dolu gözenek hacmi (SDGH), toprağın toplam gözenek hacmi içinde su ile dolu olan kısmını ifade eder. Bu kavram, özellikle toprak suyu dinamiklerini ve bitki su teminini anlamada ve topraktaki aerobik koşullarda gelişen olayların desteklenmesinde ya da engellenmesinde önemli bir rol oynar (Sassenrath vd. 2018; Smagin 2021). P.1 profilinde SDGH $0.41 - 0.60$ arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). Literatürde (Bending vd. 2004) belirtilen en uygun SDGH miktarının $0.30-0.70$ arasında olduğu ifade etmiştir. Bu durumda profil boyunca SDGH değerlerinin olması gereken sınırlar içinde bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Pediment

Çalışma alanındaki kolüviyallerin alt eteklerinde bulunan, düz ve düze yakın eğime sahip arazilerin bulunduğu, genel drenajın iyi olduğu ve taban suyunun bulunmadığı araziler **pediment** fizyografyası olarak belirlenmiştir. Fizyografyanın özelliklerini yansıttığı düşünülen P.2 profilinin morfolojik tanımlaması yapılmış ve Soil

Taxonomy (1998)'e göre Typic Xerorthents olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. P.2 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	16.06.2022
Konumu:	36°21'31" K - 30°7'71" D
Yükseklik:	20
Fizyografik konumu:	Pediment
Eğim derecesi ve yönü:	% 0-2 KB-GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 6-60 cm çaplı, köşeli, taş
İnsan etkisi:	21 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-21	Koyu kırmızı (2,5YR 3/2) yaş; kumlu killi tın/tın; kuvvetli orta köşeli blok; kuru iken çok sert, nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; az taşlı; yaygın ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	2A	21-33	Kırmızımsı kahverengi (2,5YR 4/4) yaş; siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; az taşlı; ince seyrek saçak kök; belirgin düz sınır.
	3A	33-58	Koyu kırmızımsı gri (2,5YR 4/1) yaş; siltli kil; çok kuvvetli orta yarı köşeli blok; nemli iken çok sıkı yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşlı; seyrek ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	4AC	58-79	Zayıf kırmızı (5YR 4/2) yaş; kumlu killi tın; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken gevşek yaş iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; taşlı; yaygın ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	4C	79+	Kırmızımsı kahverengi (5YR 4/3) yaş; kumlu killi tın; masif; nemli iken çok gevşek; çok kireçli; çok taşlı; çok seyrek ince saçak kök

Yapılan morfolojik tanımlamaya göre profil de Ap, 2A, 3A, 4AC ve 4C horizonları gelişmiştir. 21.cm'den sonra gelişen köşeli blok strüktür ve tekstürdeki farklılık, litolojik kesilmenin bir göstergesi olarak tanımlanmıştır. Alt horizonlardaki

taşlılık miktarı ve taşların formunun (daha köşeli) farklılaşması 3A ve 4AC litolojik kesilmelerini açıklamaktadır. Ayrıca 58 cm'den sonra, 4AC horizonundaki Hue'deki farklılaşma da üstündeki horizontan (3A) ayırır niteliktedir. Bütün profil boyunca kıvam nemli iken sıkı ya da çok sıkı olarak gözlemlenirken, yaş kıvam da az yapışkan- yapışkan olarak tanımlanmıştır. Tüm profilin çok kireçli olması, profilde henüz belirgin bir yıkanma olmadığını göstermektedir.

P.2 profiline ait fiziksel, kimyasal, biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.4'de ve bu özelliklere ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. P.2 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR	Kum %	Silt %	Kil %	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK %	SN %	YSİ %	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	31.2	43.2	25.6	L	1.89	26.22	12.53	13.69	0.38	0.13	0.05	0.69
2A	49.5	23.2	27.4	SCL	1.80	23.22	13.04	10.18	0.30	0.13	0.17	0.77
3A	13.3	43.1	43.6	SiC	1.18	19.65	14.24	5.41	0.51	0.14	0.37	0.39
4AC	37.7	34.3	28.0	CL	1.36	18.29	10.86	7.43	0.47	0.11	0.36	0.39
4C	33.4	32.5	34.1	CL	1.72	21.32	6.35	14.97	0.33	0.06	0.27	0.64

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.39	0.275	18.40	2.3	8.26	0.05	435.60	55.81	50.51	42,46	4,50	0,23	2,84
2A	7.24	0.225	12.80	1.8	7.81	0.14	490.80	9.11	42.83	34,68	3,61	0,30	1,83
3A	7.24	0.228	14.87	2.1	8.11	0.05	78.00	8.21	53.24	42,38	6,38	0,23	2,13
4AC	7.30	0.246	17.98	1.4	7.81	0.06	30.00	1.23	89.78	71,50	11,93	0,47	4,21
4C	6.22	0.260	26.32	0.6	7.51	0.07	10.00	1.01	54.27	40,80	7,95	0,27	2,90

Pediment fizyografyası için tanımlanan P.2 profilinde pH değeri 6.22 ile 7.39 arasında belirlenmiştir. (Çizelge 4.4). Nötr sınıfında tanımlanan bu ortalama değer bitki yetiştiriciliği için uygun bir değerdir. Profildeki kireç içeriği %16.32 ile 18.4 arasında değişirken ortalama %17.7 olarak hesaplanmış ve FAO (2006)'ya göre kireçli olarak sınıflandırılmaktadır. Profilde kireç miktarları litolojik kesilmedeki farklı materyallerin bulunması nedeniyle farklılıklar göstermektedir. Özellikle yüksek kireç içeriğine sahip bu profilde, mikro besin elementlerinin bitkiler tarafından alımında olumsuzluklarla karşılaşılabilir. Bu yüzden bu profilin tanımlandığı yerlerde bitki besleme uygulamalarında hafif asidik gübrelerin uygulanmasına dikkat edilmelidir.

P.2 profilinde tespit edilen EC değerleri 0.22 dS/m ile 0.28 dS/m arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Ayers ve Wescot (1985) yaptıkları çalışmada 2 dS/m'nin altındaki EC değerlerini tuzsuz olarak sınıflandırmışlardır. P.2 profilinde tuzluluğun bitki besleme açısından bir sorun teşkil etmeyeceği görülmektedir.

Organik madde içeriği, P.2 profili içerisinde %0.6 ile 2.3 arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Profilde alt horizonlara doğru gidildikçe azalan organik madde, %1.7 ortalama ile orta sınıfta yer almaktadır.

Pediment fizyografyası için tanımlanan P.2 profilinde mikrobiyal biyokütle karbon değeri 30 mg/kg ile 490 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Bu durum, MBK'nın toprağın diğer özelliklerinden etkilendiğini ve ne kadar hassas bir özellik olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur. Profilin alt horizonlarında MBK'nın azalması azalan organik madde miktarıyla uyum göstermektedir.

Beta glikosidaz enzimi aktivitesi P.2 profilinde 1.01 ile 55.81 µg/g arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Özellikle Ap horizonundan sonra değer çok düşmesi ve diğer horizonlarda da düşük olması, bu horizonlarda enzimin aktivasyonunu sağlayacak organik içeriğin olmadığının bir göstergesi olarak belirlenmiştir.

P.2 profilinde SAR değeri 0.05 ile 0.21 arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Profil içerisinde SAR değerindeki belirgin değişiklik sadece 2A litolojik kesilmesinin bulunduğu horizonlarda tespit edilmiştir. Bunun sebebinin, 2A horizonunun ana materyal içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Profil içerisindeki SAR değeri değişimlerinin bitki yetiştiriciliğinde herhangi bir sorun yaratmayacağı düşünülmektedir.

P.2 profilinde tekstür sonuçları üst horizonlarda siltli killi tın ve siltli kil tekstür sınıflarında yer alırken diğer horizonlarda kumlu killi tın tekstür sınıfında yer almıştır. Yapılan tekstür analiz sonuçları da arazide bulunan tekstür sınıflarıyla uyum göstermektedir. Profilin kum içeriği %37.4 – 49.5 arasında, silt içeriği % 23.2 – 35.2 arasında iken, kil içeriği %25.6 – 28.3 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Horizonlar arasındaki en belirgin fark 4AC horizonundan sonraki % kum miktarının artması şeklinde görülmüş ve arazi de yapılan tanımlamalar da bulguları destekler nitelikte olmuştur.

Toprak yönetiminde stratejik öneme sahip olan katyon değişim kapasitesi topraktaki kil tipi, kil miktarı ya da organik madde miktarı ile doğrudan ilişkilidir. KDK profil de 42.83 – 54.27 meq/100 gr değerleri arasında belirlenmiştir. Brady ve Weil (2008)'in sınıflamasına göre P.2 profilindeki KDK yüksek sınıfta yer almaktadır (Çizelge 4.4). P.2 profilinde, KDK değeri horizonlar arasında farklılıklar göstermiştir. Kil ve organik madde miktarları düşük olmasına rağmen 4AC horizonunda KDK değeri diğer horizonlara göre en yüksek bulunmuştur. 4AC horizonunda Mg miktarının fazla, potasyum miktarının da düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum 4AC horizonunu oluşturan ana materyalinin smektit grubu kil minerallerinden oluştuğunu ve bu yüzden de KDK değerinin yüksek çıktığının göstergesi olduğunu düşündürmüştür. Nitekim yapılan mineralojik analiz sonucu da (Çizelge 4.11) tespitlerimizi doğrulamıştır. Ayrıca 3A horizonunda KDK değerinin düşük potasyum miktarına sahip olması, horizontdaki baskın kil tipinin illit olduğunu düşündürmektedir.

Bitki beslemede kritik öneme sahip fosfor P.2 profili içerisinde 7.31 – 8.26 ppm

arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Profil içindeki fosfor değeri, Bai vd. (2013)'nin yaptığı sınıflandırmaya göre, kritik seviyelerin altında olarak belirlenmiştir. Profil içerisinde farklı horizonlarda farklı değerler gösteren fosfor miktarının bu denli düşük olmasının nedeni, topraktaki organik madde miktarının düşük ve kireç içeriğinin de yüksek olması ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Bitki gelişiminde büyük role sahip potasyum içeriği P.2 profilinde 0.72 – 1.14 meq/100 gr arasında bulunmuştur (Çizelge 4.4). Pizer (1967)'e göre yapılan sınıflandırmada P.2 profilindeki potasyum miktarı yüksek olarak bulunmuştur. Ap horizonunda tespit edilen yüksek potasyum miktarının nedeni, uygulanan potasyum gübrelemesinden kaynaklandığı sonucunu akla getirmektedir. Yaklaşık 60 cm'den sonra, potasyum miktarının Ap horizonu kadar olmasa da yüksek tespit edilmesi o horizonlardaki kil tipiyle ilişkilendirilmiştir.

P.2 profilindeki hacim ağırlığı 1.36 – 1.89 g/cm³ değerleri arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Topraktaki porozite, su tutma kapasitesi ve kök gelişiminde doğrudan etkili olan hacim ağırlığı, ayrıca sıkışmanın da bir göstergesidir. Ap ve 2A horizonlarında tekstür tınlı ve kumlu killi tın sınıflarında yer almasına rağmen hacim ağırlığı sırasıyla 1.89 ve 1.80 g/cm olarak hesaplanmıştır. Bu durum her iki horizonunda da aşırı toprak sıkışmasının olduğunu göstermektedir (NRCS 2022; USDA 2023).

Topraktaki suyun kontrolü ve bitkilerce kullanılabilmesinde kritik role sahip olan solma noktası, P.2 profilinde %6.35 – 14.24 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Profildeki ortalama SN değeri, Hillel (1980)'in yaptığı sınıflandırmada, ideal topraklar için tın tekstür sınıfında olması gereken %10-15 değerleri ile benzerlik göstermektedir.

P.2 profilindeki tarla kapasitesi değeri %19.65 – 26.22 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Literatüre (Hillel, 1980) göre tınlı topraklar için olması beklenen TK değeri %20-30 arasındadır. P.2 profilinde hesaplanan ortalama %22.6 değeri bu sınırlar içerisinde ve literatüre uygun bulunmuştur. Ancak 3A, 4AC ve 4C horizonlarında TK değeri düşük çıkmıştır. Bunun nedeninin söz konusu horizonlardaki organik madde miktarının düşük olmasıyla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Yarayıslı su içeriği, P.2 profilinde %5.41 –14.97 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Tınlı topraklar için literatürde (Hillel 1980) verilen %10-15 aralığı, profildeki topraklarla uyum göstermektedir.

Gözeneklilik suyun toprak içerisindeki durumu ile yakından ilgilidir. P.2 profilindeki toplam gözeneklilik 0.18 – 0.51 cm³ cm⁻³ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4). P.2 profilindeki gözeneklilik miktarı, Hillel (1980)'e göre tınlı topraklarda olması gereken gözeneklilik miktarı olan 0.40-0.60 cm³ cm⁻³ değerinin altında bir gözenekliliğe sahiptir. Toprakta suyun tutulmasıyla ilgili durumları yöneten mikro gözeneklilik, P.2 profilinde 0.07 ile 0.16 cm³ cm⁻³ arasında tespit edilmiştir. Toprakta suyun ve havanın hareketiyle ilgili olaylarda etkili olan makro gözeneklilik P.2 profilinde 0.04 – 0.35 cm³ cm⁻³ arasında tespit edilmiştir. Ortalamanın toprakta sağlıklı su ve hava hareketi için olması gereken 0.1 cm³ cm⁻³ değerinin (Carter 1990; Sassenrath vd. 2018) üstünde olduğu düşünülürse P.2 profilinin uygun bir gözenekliliğe sahip olduğu sonucuna varılabilir.

P.2 profilindeki su dolu gözenek hacmi 0.39 – 0.77 değerleri arasında değişmiştir

(Çizelge 4.4). Literatüre (Bending vd. 2004) göre SDGH miktarının 0.30 – 0.70 arasında olması, topraktaki suyun dinamikleri açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır. P.2 profilindeki SDGH değerinin ortalamasının 0.58 olması, profilin normal değerler arasında olduğunu göstermektedir.

Kolüviyal

Araştırmanın Finike ilçesindeki bu bölümünde **kolüviyal** fizyografya, narenciye arazilerinin yoğun olarak bulunduğu, ilçenin batısında, Alacadağ ve Gülmez dağlarının %2 – 6 eğimli alanlarında tanımlanmıştır. Kolüviyal fizyografyayı temsil edecek özelliklerin belirlenmesi için P.3 toprak profili açılarak, morfolojik tanımlamaları yapılmıştır (Çizelge 4.5).

P.3 profilinde yapılan tanımlamada Ap, A2 ve 2C horizonları tespit edilmiştir. Profildeki Ap ve A2 horizonlarında renk 5YR 4/2 olarak ölçülmüş, koyu kırmızımsı gridir. Ap horizonunda tekstür tın olarak tespit edilirken, strüktür orta-orta granüler bulunmuştur. A2 horizonunda ise tekstür siltli kil/kil ve strüktür ise zayıf orta yarı köşeli blok olarak tanımlanmıştır. Ap horizonunda kıvam nemli iken gevşek, yaş iken yapışkan-plastik belirlenirken A2 horizonunda nemli iken dağılgan yaş iken çok yapışkan çok plastik olarak tespit edilmiştir. Profilde yüzeyden aşağıya doğru kireç ve taşlılık artmıştır. P.3 profiline ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. P.3 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	16.06.2022
Konumu:	36°20'23" K – 30°6'01" D
Yükseklik:	92
Fizyografik konumu:	Kolüviyal
Eğim derecesi ve yönü:	%2-6 KB - GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Kolüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%5-15 alanda, köşeli, 6-60 cm çaplı, taş
İnsan etkisi:	13 cm pulluk ile sürüm ve yoğun hayvan gübresi ilavesi

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-13	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaş; tın; orta orta granüler; nemli iken gevşek, yaş iken yapışkan plastik; kireçli; taşlı; çok yaygın saçak, orta kaba kazık kök; belirgin düz sınır.
	A2	13-31	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 4/2) yaş; siltli kil/kil; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; çok taşlı; çok yaygın saçak, orta kaba kazık kök; belirgin düz sınır.
	2C	31+	Masif

Çizelge 4.6. P.3 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK %	SN %	YSİ %	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	33.5	44.4	22.1	L	1.29	35.70	17.80	17.90	0.45	0.14	0.31	0.79
A2	11.2	38.6	50.2	C	1.20	41.60	29.40	12.20	0.54	0.29	0.25	0.77

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	6.39	1.451	15.10	8.2	8.91	0.07	636.00	152.37	130.27	103.45	13.91	1.33	10.14
A2	7.05	0.387	17.00	4.8	6.20	0.04	260.40	29.97	110.98	94.60	9.79	1.01	3.67

Kolüviyal fizyografyada tanımlanan P.3 profilinde pH değeri Ap ve A2 horizonlarında sırasıyla 6,39 ve 7,05 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). EC değeri ise

her iki horizontda da 0.39 dSm^{-1} olarak bulunmuştur. pH değerinin bu kadar düşük olmasının sebebi, profilin bulunduğu narenciye bahçesine, uzun yıllar boyunca her yıl düzenli olarak uygulanan hayvansal gübrelemeden kaynaklandığı, arazi çalışmalarında yapılan görüşmelerde belirlenmiştir. Nitekim Ap ve A2 horizonlarında çok yüksek ölçülen organik madde (sırasıyla %8.2 ve 4.8) bunun ispatı niteliğindedir.

Toprak ekosisteminde bulunan dinamikler, birbiriyle doğrudan ya da dolaylı olarak çok sıkı bir ilişki içerisinde. Her yıl düzenli olarak ilave edilen hayvansal organik gübrenin etkisi, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi ile de doğrudan ilişkilidir. Öyle ki, profilde tespit edilen MBK'un 448.2 mg/kg , beta glikosidaz enzimi aktivitesi olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.6). Özellikle Ap horizonunda, her iki gösterge için elde edilen değerler, en yüksek değerler olmuştur.

Profildeki SAR değeri 0,07 (Ap) ve 0,04 (A2) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bu değerler yetiştiricilik için sorun yaratacak düzeyde değildir.

P.3 profilinde tanımlanan tekstür, tın ve kil tekstür sınıflarında yer almıştır. Fiziksel analizlerle belirlenen bu tekstür sınıfları, morfolojik tanımlamalar ile de uyum göstermektedir. Ap ve A2 horizonlarında, kum miktarı sırasıyla %33.5 ve %11.2, silt miktarı sırasıyla %44.4 ve %38.6, kil miktarı sırasıyla %22.1 ve 50.2 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Kasyon değişim kapasitesi, Ap horizonunda $130.27 \text{ meq/100 gr}$ A2 horizonunda $110.98 \text{ meq/100 gr}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Belirlenen bu yüksek KDK değerinin, oldukça yüksek organik madde miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca profilin Ap horizonundan mineralojik analiz için alınan toprak örneğinde, en baskın üç mineral tipi kuvars, kalsit ve montmorillonit olarak bulunmuştur. Bu durum da KDK'nın yüksek çıkması ile de uyumludur.

Fosfor, Ap horizonunda 8.91 ppm , A2 horizonunda ise 6.20 ppm olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Organik madde içeriğinin yüksek olması profildeki fosfor miktarının Ap horizonu için yüksek A2 horizonu için orta olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur. Aynı şekilde yarıyışlı potasyum içeriği Pizer (1967)'in sınıflamasına göre, Ap horizonunda çok yüksek, A2 horizonunda yüksek olarak belirlenmiştir.

Profilde hacim ağırlığı Ap ve A2 horizonlarında sırasıyla 1.29 g/cm^3 ve 1.20 g/cm^3 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Ap horizonunun tınlı, A2 horizonunun killi tekstüre sahip oldukları düşünülürse, bu hacim ağırlığı değerleri, beklenen değerlerdir (NRCSS 2022; USDA 2023). Hatta %50 kil içeriğine sahip A2 horizonunda hacim ağırlığının daha yüksek çıkması beklenirken daha düşük çıkmasının nedeni, uygulanan organik gübreden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

P.3 profilinde solma noktası, Ap ve A2 horizonlarında %17.80 ve %29.40 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.6). Tarla kapasitesi değerleri de Ap horizonunda % 35.7 ve A2 horizonunda %41.6 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.6). Her iki özellik içinde elde edilen değerler literatürde (Hillel 1980) belirlenen değerlerle uygunluk göstermektedir. Solma noktası ve tarla kapasitesi değerleri de yüksektir. Buna bağlı olarak horizonlardaki yarıyışlı su içerikleri de yüksektir. Profilde yarıyışlı su içeriği Ap horizonunda %17.90 A2 horizonunda %12.20 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bu değerlerde literatürde

(Hillel 1980) belirtilen değerlerle uyum göstermektedir.

Gözeneklilik değerlerine bakıldığında toplam gözeneklilik Ap horizonunda $0.45 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, A2 horizonunda $0.54 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Mikro gözeneklilik Ap horizonunda $0.14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ A2 horizonunda $0.29 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak hesap edilmiştir (Çizelge 4.6). Makro gözeneklilik Ap horizonunda $0.31 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ A2 horizonunda $0.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Toprakta suyun ve havanın durumu ile ilgili özelliklerin tanımlanmasında önemli birer gösterge olan toplam, mikro ve makro gözeneklilik, P.3 profilinde bitki yetiştiriciliği için uygun olarak sınıflandırılmıştır. A2 horizonunda tespit edilen $0.54 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ toplam gözeneklilik değerinin yüksek olmasının nedeni, yüksek organik maddenin yanı sıra kil miktarının da bu horizonsa yüksek olmasıyla (%50.2) ifade edilebilir. Aynı şekilde toprakta suyun tutulmasıyla da ilgili olan mikro gözeneklilik değerinin de yüksek olması aynı nedenlerle ilişkilendirilebilir.

Su dolu gözenek hacmi Ap horizonunda 0.79, A2 horizonunda 0.77 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Bu değerler, araştırma alanındaki en yüksek su dolu gözenek hacimleri olarak tespit edilmiştir.

Taşkın düzlüğü

Araştırma alanında Akçay akarsuyunun düzlüğe ulaştığı ve taşkın yaparak ovada yayıldığı yerlerde gelişen **taşkın düzlüğü** fizyografyasını tespit etmek için P.4 profili açılarak tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı alan %0-2 eğime sahip, drenajı iyi ve dönemsel olarak yükselen taban suyuna sahip bir noktadadır. P.4 profili Soil Taxonomy (1998)'e göre Typic Xerorthents olarak sınıflandırılmıştır. P.4 profiline ait morfolojik özellikler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada Ap ve A2 horizonlarının Hue değeri 5YR olarak tespit edilmiştir. Ap horizonunda renk koyu gri (5YR 4/1), A2 horizonunda koyu kırmızimsı gri (5YR 4/2), A3 ve 2A horizonlarında kahverengi (7,5 YR 5/2-3), olarak okunmuştur. Morfolojik tanımlamada tekstür; Ap horizonu siltli killi tın, A2, A3 ve 2A horizonları siltli kil/siltli killi tın olarak belirlenmiştir. Strüktür gelişimin iyi olduğu profilde bütün horizonlarda orta orta yarı köşeli blok tanımlanmıştır. Tüm profilde kıvam nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan ve plastik olarak tanımlanmıştır. Tüm profil çok kireçli, Ap horizonu az taşlı ve diğer horizonlar (A2, A3 ve 2A) taşsız olarak tespit edilmiştir. Ap, A2, A3 horizonlarında kök dağılımı, ince seyrek saçak kök olarak gözlemlenmiştir. A3 ve 2A horizonlarında dönemsel olarak yükselen taban suyunun izleri olan yoğun pas lekelerine rastlanılmıştır. 3C horizonu 1-5 cm çaplı kum ile karışık çakıl katmanı olarak tespit edilmiştir. 4C horizonu kum katmanı, 5C horizonu 1-10 cm çaplı çakılların bulunduğu horizon olarak belirlenmiştir. P.4 profiline ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. P.4 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	16.06.2022
Konumu:	36°21'44" K – 30° 8' 42" D
Yükseklik:	17 m
Fizyografik konumu:	Taşkın Düzlüğü
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Zaman zaman 42 cm'e kadar yükselebilen
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 0,2-6cm çaplı, yuvarlak, çakıl
İnsan etkisi:	19 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-19	Koyu gri (5YR 4/1) yaş; siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı yaş iken yapışkan, plastik; çok kireçli; az taşlı; seyrek ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	A2	19-42	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaş; siltli kil/siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşsız; seyrek ince saçak kök; geçişli düz sınır.
	A3	42-53	Kahverengi (7,5YR 5/2) yaş; siltli kil/siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan, plastik; çok kireçli; taşsız; seyrek ince saçak kök; yoğun pas lekeleri; belirgin düz sınır.
	2A	53-72	Kahverengi (7,5YR 5/3) yaş; siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşsız; çok yoğun pas lekeleri; belirgin düz sınır.
	3C	72-87	1-5 cm çaplı kum ile karışık çakıl katmanı
	4C	87-96	Kum katmanı
	5C	96+	1-10 cm çaplı çakıl katmanı

Taşkın düzlüğü fizyografyası içerisinde tanımlanan P.4 profilinde pH değeri 7.04-7.16 arasında ve nötr pH sınıfında yer almıştır (Çizelge 4.8). Kireç içeriği %43.1 – 49.39 arasında değişmekte ve ortalama %46.83 olarak çok kireçli sınıfında yer almıştır (FAO 2006). A2 horizonundaki kireç miktarının Ap horizonundan yüksek çıkması, kirecin profilden yıkanmaya başladığının bir göstergesi olmuştur. Ayrıca değişebilir katyonlardan kalsiyum miktarındaki artış da bu yıkanmayı destekler niteliktedir. Çok yüksek miktardaki kirecin, özellikle fosfor ve demir gibi besin elementlerinin alımında

narenciye bitkisinde ciddi problemler yaratabileceği konusunda bir sonuca varılmıştır.

Çizelge 4.8. P.4 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK %	SN %	YSİ %	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	23.2	52.9	23.9	SiL	1.54	19.33	9.31	10.02	0.39	0.19	0.20	0.50
A2	7.2	60.7	32.1	SiCL	1.48	22.98	12.10	10.88	0.43	0.23	0.20	0.54
A3	13.2	54.4	32.4	SiCL	1.41	21.66	11.67	9.99	0.45	0.22	0.23	0.48
2A	25.2	52.4	22.4	SiL	1.57	15.76	7.25	8.51	0.38	0.12	0.26	0.42

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.04	1.043	43.10	2.7	3.75	0.16	266.40	38.13	30.48	25.02	2.24	0.20	1.52
A2	7.32	0.488	45.77	1.5	5.26	0.13	73.20	2.99	37.63	30.33	4.02	0.34	0.38
A3	7.16	0.597	43.99	0.9	3.75	0.15	36.00	2.09	30.97	26.31	3.46	0.32	0.28
2A	7.06	0.625	49.06	0.4	4.05	0.26	24.00	3.22	27.23	22.44	3.08	0.34	0.21

P.4 profilindeki analiz sonuçlarına göre elektriksel iletkenlik, 1.043 – 0.488 dS/m arasında hesaplanmış ve tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.8). Bu değer herhangi bir yetiştiricilikte sorun teşkil etmeyecek düzeydedir.

Organik madde miktarının orta ve düşük olarak sınıflandırıldığı bu profilde organik madde miktarı Ap horizonunda %2.73 en yüksek değerde iken en düşük 2A horizonunda %0.36 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.8). Bununla birlikte mikrobiyal biyokütle karbon değeri de en yüksek Ap horizonunda 266.40 mg/kg olarak ölçülmüş, en düşük 2A horizonunda 24 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Yine bir başka biyolojik gösterge olan beta glikosidaz enzimi aktivitesi de en yüksek Ap horizonunda 38.13 mg/kg olarak ölçülmüş ve en düşük A2 horizonunda 2.09 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Bütün bunlar bu profilde biyolojik göstergelerin çok düşük değerler olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değeri 24-266.4 mg/kg arasındadır (Çizelge 4.8). Wardle (1992)'nin yaptığı sınıflandırmaya göre düşük düzeyde belirlenmiştir.

Beta glikosidaz enzim aktivitesi 2.09-38.13 µg/g arasında hesaplanmıştır . Alef ve Nannipieri (1995)'in yaptığı sınıflandırmaya göre düşük olarak belirlenmiştir.

SAR değeri profil içerisinde değişkenlik göstermekte ve en yüksek 2A horizonunda 0.26, en düşük A2 horizonunda 0.3 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.8). Bu SAR değerleri yetiştiricilikte sorun teşkil etmeyecek düzeydedir.

Katyon değişim kapasitesi (KDK) profil boyunca en yüksek 37.63 meq/100gr olarak tespit edilirken, en düşük 27.23 meq/100gr olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Mineralojik analizlerde en baskın 3 mineral tipi sırasıyla kuvars, kalsit ve montmorillonit olmuştur. Montmorillonit tipi killerin varlığı, KDK'nın yüksek olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur.

Bitki beslemede önemli rol oynayan makro elementlerden fosfor, profilde 3.75 – 5.26 ppm arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.8). Bai vd. (2013)’e göre yapılan sınıflandırmada, fosfor değeri düşük olarak sınıflandırılmıştır. Buna neden olarak, profilde düşük organik madde, yüksek kireç miktarı ve yetersiz gübreleme gösterilebilir.

Bir diğer önemli makro besin elementi olan potasyum, profil içerisinde 0.12 ile 0.85 meq/100gr değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Bu değerler Metson (1961)’e göre yapılan sınıflandırmada düşük olarak sınıflandırılmıştır. Ap horizonunda potasyumun diğer horizonlara göre daha yüksek çıkması, narenciye bahçelerinde yapılan kimyasal gübre uygulamalarından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

P.4 profilinde hacim ağırlığı 1.57 – 1.41 g/cm³ arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Kil miktarının düşük olmasına rağmen bu derece yüksek hacim ağırlığının varlığı toprakta sıkışmasının olduğunu bir göstergesidir (NRCS 2022; USDA 2023).

Solma noktası, profilde hacimsel olarak %7.25 – 12.1 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Hillel (1980) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre genel olarak siltli killi tın tekstür sınıfına sahip profillerde olması gereken değer %11’dir. P.4 profilinde, solma noktası bu değerin altında kaldığı için düşük olarak sınıflandırılmıştır.

Profilde tarla kapasitesi %15.76 – 22.98 arasındaki değerlerde ölçülmüştür (Çizelge 4.8). Hillel (1980)’in yaptığı sınıflandırmada tınlı topraklara ait olması gereken TK değeri, %20 – 30 olarak bildirilmiştir. P.4 profilinde TK, bu değerin altında kalmış ve düşük olarak sınıflandırılmıştır. Yine aynı şekilde bitkiye YSİ, profilde ortalama %9.85 olarak hesaplanmıştır. Hillel (1980)’in yaptığı sınıflandırmaya göre P.4 profilinde YSİ düşük olarak sınıflandırılmıştır. Yukarıda değerlendirilen TK, SN ve YSİ göstergeleri sınır değerlere yakın da olsa düşük olarak sınıflandırılmıştır. Bunun nedeni düşük organik madde içeriği ve toprak sıkışmasıdır.

Sıkışmadan etkilenecek bir diğer özellikte gözenekliliktir. Toplam gözeneklilik tın tekstüre sahip topraklarda %40-60 olmalıdır. P.4 profilinde toplam gözeneklilik %38-45 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.8). Profil içerisinde en düşük gözenekliliğe sahip olan Ap horizonunda bu durumun toprak sıkışmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Toprakta suyun tutulmasıyla ilgili durumu yöneten mikro gözenekler, profilde 0.14 – 0.25 cm³ cm⁻³ değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Toprakta su ve havanın hareketini yöneten makro gözenekler profilde 0.20 – 0.26 cm³ cm⁻³ değerleri arasında, hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Carter (1990) ve Sassenrath vd. (2018) yaptıkları çalışmalarda en uygun makro gözenek miktarının 0.1 cm³ cm⁻³ olarak ifade etmişlerdir. P.4 profilinde makro gözenek miktarı bu değerin üzerinde olduğu için sıkışma olmasına rağmen, suyun ve havanın hareketi ile ilgili bir sorun bulunmamaktadır.

Bitkinin su temini için önemli bir özellik olan su dolu gözenek hacmi, profil içerisinde 0.42 – 0.48 değerleri arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Bending vd. (2004) SDGH değerinin 0.30-0.70 aralığında olması gerektiğini belirtmiştir. P.4 profilindeki SDGH değeri, bitkilere suyun temininde ve anaerobik koşullardan etkilenmeyecek düzeydedir.

Yan dere alüviyalı

Finike çalışma alanında tanımlanan son fizyografya olan **yan dere alüviyalı** için P.5 profili incelenmiştir. Finike alüviyal ovasının denize yakın kısmında, Akçay ile birleşen Karadin yan deresinin oluşturduğu yan dere alüviyalıdır. P.5 profili %0-2 eğimli, fena drenaj sınıfında, taban suyunun dönemsel olarak 18 cm'e kadar yükselebildiği bir profildir. Profil Soil taxonomy (1998)'e göre sınıflandırılmış ve Typic Xerofluvet olarak tanımlanmıştır. P.5 profiline ait morfolojik tanımlama Çizelge 4.9'te verilmiştir.

Çizelge 4.9 P.5 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	16.06.2022
Konumu:	36°19'17" K – 30° 9'13" D
Yükseklik:	3 m
Fizyografik konumu:	Yan dere alüviyalı
Eğim derecesi ve yönü:	% 0-2 K-G
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	Fena
Taban suyu:	Zaman zaman 18.cm'e kadar yükselebilen
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	Yok
İnsan etkisi:	18 cm'lik kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-18	Koyu kırmızımsı kahverengi (10YR 4/2) yaş; kil, orta orta yarı köşeli blok; nemli iken çok sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; çok ince seyrek saçak kök; belirgin düz sınır.
	AC	18-38	Açık sarımsı kahverengi (10 YR 6/4) yaş, kil; zayıf küçük köşeli blok; nemli iken çok sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; çok ince seyrek saçak kök; yoğun pas lekeleri; belirgin düz sınır.
	Cg	38-65	Gri (7,5YR 5/1) yaş; kil; masif; nemli iken çok sıkı; yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; çok yoğun pas lekeleri; belirgin düz sınır.
	2Cg	65+	Koyu gri (10YR 4/1) yaş; kil; masif; nemli iken çok sıkı; yaş iken çok yapışkan, çok plastik; çok kireçli; taşsız; çok yoğun pas lekeleri.

Yapılan morfolojik tanımlamada profilde Ap, AC, Cg ve 2Cg horizonları tanımlanmıştır. Ap horizonunda renk koyu kırmızımsı gri (10YR 4/2), A2 horizonu açık

sarımsı kahverengi (10YR 6/4), gleyleşmenin görüldüğü Cg horizonunda renk gri (7,5 YR 5/1) ve 2Cg horizonunda renk, koyu gri (10YR 4/1) olarak okunmuştur. Tüm profil killi olarak tanımlanmıştır. Strüktür gelişiminin sadece Ap ve AC horizonlarında olduğu, bu horizonlarda sırasıyla orta-orta-yarı köşeli blok ve zayıf küçük köşeli blok strüktür gelişmiştir. Bütün horizonlarda kıvam nemli iken çok sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik, çok kireçli ve taşsız olarak tanımlanmıştır. 18.cm'den itibaren başlayan yoğun pas lekeleri diğer horizonlarda çok yoğun olarak tespit edilmiştir. P.5 profiline ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. P.5 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm	TK	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	6.5	32.5	61.0	C	1.42	41.60	32.30	9.30	0.46	0.42	0.05	0.90
AC	8.7	26.2	65.1	C	1.50	40.70	35.40	5.30	0.43	0.41	0.03	0.94
Cg	4.9	26.0	69.1	C	1.51	41.40	34.70	6.70	0.43	0.41	0.02	0.96
2Cg	5.5	24.9	69.7	C	1.40	39.10	35.20	3.90	0.47	0.39	0.08	0.83

HOR.	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGE A	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.40	0.806	32.22	2.0	3.75	0.09	288.00	33.37	64.46	50.09	7.11	0.42	3.41
AC	7.07	0.393	36.64	1.8	3.60	0.12	160.00	4.58	62.99	50.86	9.29	0.62	0.95
Cg	7.11	0.337	21.27	1.3	4.20	0.21	90.00	1.25	75.55	44.65	25.06	0.87	2.08
2Cg	7.05	0.335	8.40	2.4	5.11	0.22	50.00	1.01	70.50	34.74	25.75	1.12	3.58

Yan dere alüviyalı fizyografyası için tanımlanan P.5 profilinde pH değeri 7.05 ile 7.40 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Ap horizonu hafif alkali sınıfında yer almakta, profildeki diğer tüm horizonlar nötr pH'ya sahiptir. Profilde kireç %8.4 ile 36.64 arasında, ortalama %24.63 olarak (çok kireçli) hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Litolojik kesilmenin olduğu 2Cg horizonunda kireç miktarı diğer horizonlara göre düşük tespit edilmiştir. Hafif alkali pH, ve yüksek kireç bazı besin elementlerinin bitkiler tarafından alınımında ciddi sorun yaratabilecek düzeydedir.

Elektriksel iletkenlik 0,335 dSm⁻¹ ile 0.806 dSm⁻¹ arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Bu değer, Ayers ve Wescot (1985)'a göre tuzsuz sınıfında yer almaktadır. P.5 profilinin civarındaki arazilerde topraktan kaynaklanan tuzluluk sorununun görülmeyeceği düşünülmektedir.

Organik maddenin topraktaki bütün fonksiyonlar üzerinde olumlu bir etkisi vardır. P.5 profilinde organik madde miktarı %1.3 ile 2.4 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Profil boyunca düşük olarak sınıflandırılan organik madde değeri, sadece litolojik kesilmenin olduğu 2Cg horizonunda %2.4 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Organik maddenin bu horizonunda diğer horizonlara göre yüksek çıkması, yüksek taban suyu nedeniyle anaerobik koşulların varlığı şeklinde yorumlanabilir.

Topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin bir göstergesi olan mikrobiyal biyokütle karbon değeri, profilde 50 ile 288 mg/kg arasında hesaplanmıştır (Çizelge

4.10). MBK değerinin profil boyunca azalması, organik maddedeki azalma ile paralellik göstermekte, özellikle 2Cg horizonundaki anaerobik koşullar sebebiyle daha da belirgin hale gelmiştir. Benzer şekilde aktivitesi büyük oranda organik madde varlığına bağlı olan beta glikosidaz enzimi aktivitesi, profil içerisinde 1.01 – 33.37 µg/g arasındadır (Çizelge 4.10). Her iki biyolojik gösterge de oldukça düşük değerlere sahiptir.

Profildeki SAR değeri 0.09 ile 0.22 arasındadır (Çizelge 4.10). Profil boyunca SAR değerinin artması değişebilir katyonlardan sodyumun da miktarının artmasıyla benzerlik göstermektedir. Bu değerler tarımsal üretimde sorun yaratacak düzeyde değildir.

Kasyon değişim kapasitesi profil içerisinde 62.99 ile 97.50 meq/100gr olarak değişmektedir (Çizelge 4.10). P.5 profilinde kil miktarı yüksek olmasına rağmen, organik madde çok düşük olduğu için, KDK düşük olarak sınıflandırılmıştır. Öyle ki, Ap horizonundan alınan toprak örneğinde yapılan mineralojik analiz sonuçlarında baskın mineral tipinin kalsit ve kuvars olması, bulguları desteklemektedir (Çizelge 4.11). 2Cg horizonunda KDK değeri diğer horizonlara kıyasla daha yüksek tespit edilmiştir. Bunun nedeni değişebilir katyonlardan sodyumun ve magnezyumun yüksek düzeyde olması ve baskın kil tipinin de montmorillonit olabileceği yönünde değerlendirilmiştir.

Fosfor bitkide birçok olayda rol oynayan önemli bir makro elementtir. P.5 profilinde fosfor değeri 3.6 ile 5.1 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 4.10). Bu değerler, Bai vd. (2013)'nin yaptıkları sınıflandırmaya göre düşük olarak sınıflandırılmaktadır. Profilde görülen düşük fosforun nedenleri, düşük organik madde ve yüksek kireç içeriğidir.

Yarayıslı potasyum içeriği bitkiler için önemli bir diğer makro elementtir. Profil içerisinde potasyum miktarı 0.35 ile 1.29 meq/100gr arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Pizer (1967)'in yaptığı sınıflandırma dikkate alındığında P.5 profilinde bulunan potasyum miktarı değişiklik göstermektedir. Potasyum, Ap horizonunda yüksek sınıflandırılırken diğer horizonlarda düşük ve orta olarak sınıflandırılmıştır.

Hacim ağırlığı topraktaki birçok fizikokimyasal olayda önemli rol oynamaktadır. P.5 profilinde hacim ağırlığı değerleri 1.40 ve 1.51 g/cm⁻³ arasındadır (Çizelge 4.10). Elde edilen bu değerler çok yüksektir ve bu toprak profilinde toprak sıkışmasının olduğunun bir belirtisidir (NRCS, 2022; USDA 2023). Profilde ortalama kil miktarının %66.2 olduğu dikkate alınırsa, hacim ağırlığının yüksek olması beklenen bir sonuçtur.

Profildeki solma noktası değerleri incelendiğinde en düşük %32.30 ve en yüksek %35.40 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Bu solma noktası değerleri Hillel (1980)'in killi topraklar için bildirdiği %30 değerinden yüksek bulunmuştur.

Tarla kapasitesi değerlerine bakıldığında, profilde %39.10 ile 45.10 arasında değişmekte olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Killi tekstüre sahip olan P.5 profilinde tarla kapasitesi literatürde (Hillel 1980) bildirilen sınır değerlerinin (%30-40) üzerindedir. Kil miktarının yüksek olmasının yanı sıra düşük organik madde miktarının da tarla kapasitesine etkisi önemlidir (Karahana vd, 2017). Yapılan diğer çalışmalarda organik madde miktarı artışının toprakların tarla kapasitesini arttıracaklarını destekler niteliktedir (Ouattara vd. 2006; Leu vd. 2010).

Bitkilerin kullanabildiği suyu belirten yarayışlı su içeriği, P.5 profilinde %3.90 ile 9.30 arasında değişmektedir (Çizelge 4.10). Literatürde (Hillel 1980) kil tekstürlü toprakların geneli için yapılan sınıflandırmaya göre, bitkiye yarayışlı su içeriğinin %12 olması gerekmektedir. Düşük olarak sınıflandırılan yarayışlı suyun nedeni, düşük organik madde miktarı ve toprak sıkışmasıdır.

Gözeneklilik daha önce de belirtildiği üzere, toprakta su ve hava dengesi için önemlidir. P.5 profilinde toplam gözeneklilik $0.43\text{--}0.47\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ değerleri arasındadır (Çizelge 4.10). Profilde diğer horizonlarda, gözenekliliğin azaldığı ve bu duruma yüksek kil miktarının neden olduğu düşünülmektedir. Mikro gözeneklilik P.5 profilinde en düşük $0.39\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ en yüksek $0.42\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10). Makro gözeneklilik ise profilde en düşük $0.02\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ ve en yüksek $0.08\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.10). Kök gelişiminin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için en uygun makro gözenek miktarı $0.10\text{ cm}^3\text{ cm}^{-3}$ olarak bildirilmiştir (Carter 1990). Ancak P.5 profilindeki toprakların makro gözeneklilik ortalaması bu değer altında kalmıştır.

Su dolu gözenek hacmi, topraktaki mikrobiyal aktiviteler için önemli bir göstergedir (Linn ve Doran 1984). P.5 profilinde su ile dolu gözenek hacmi değerleri 0.83 ile 0.96 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Sağlıklı bir mikrobiyal aktivite için olması gereken değer 0,30 – 0,70 arasında olması gerekliliği bildirilmiştir (Bending vd. 2004). P.5 profilinde tespit edilen değerler, profilde yeterli havalanmanın olmadığına bir kanıttır.

Çizelge 4.11 Finike ilçesindeki profillere ait mineralojik analiz sonuçları

P.1 AY	Kalsit	Kuvars	Mika	İllit	Montm.	Klorit	Dolomit	Serp.	Plajiy.	Alkali F.	Amfibol	
P.2 PE	Kuvars	Kalsit	Montm.	Serp.	Plajiy.	Klorit	Dolomit	Alkali F.	Mika	İllit	Amfibol	Zeolit
P.3 KO	Kuvars	Kalsit	Montm.	Serp.	Plajiy.	Dolomit	Klorit	Alkali F.	Mika	İllit	Amfibol	Manyetit
P.4 TD	Kuvars	Kalsit	Montm.	Plajiy.	Klorit	Amfibol						
P.5 YDA	Kalsit	Kuvars	Montm.	Mika	İllit	Dolomit	Serp.	Klorit	Plajiy.	Alkali F.	Amfibol	

AY: Alüviyal Yelpaze, PE: Pediment, KO: Kolüviyal, TD: Taşkın Düzlüğü YDA: Yan Dere Alüviyal
Mont: Montmorillonit, Alkali F: Alakali Feldspat, Plajio: Plajiolaz, Serp. Serpantin

P.5 profilinin açıldığı ve tanımlandığı narenciye bahçesinde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin yetersizliği nedeniyle ağaçlardaki büyüme sorunu Şekil 4.8’de görülmektedir.



şekil 4.8. P.5 profilinin tanımlamasının yapıldığı bahçe

4.2.2. Grid noktalarından alınan toprak özellikleri

Araştırmanın Finike ilçesindeki bölümünde 5 farklı fizyografya (Alüviyal Yelpaze, Pediment, Kolüviyal, Taşkın Düzlüğü, Yan Dere Alüviyalı) tespit edilmiştir. Bu fizyografyaların dağılım gösterdiği alanlardaki narenciye bahçelerinde, belirlenen grid noktalarından alınan örneklerde yapılan analizlere ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Finike ilçesi grid verilerine ait tanımlayıcı istatistikler

Özellik	Min.	Max.	Ort.	Std sapma	VK (%)	Yatıklık
pH	6.79	7.79	7.48	0.17	2.25	-1.69
EC (dSm-1)	0.27	1.92	0.71	0.28	39.13	1.55
Kireç (%)	2.42	52.63	29.79	14.9	50.01	-0.22
OM (%)	0.67	6.74	2.6	1.22	47.04	1.27
MBK (mg/kg)	3.6	612.0	200.98	91.16	45.36	0.7
BGEA (µg/g)	33.14	325.31	98.15	54.06	55.07	1.61
KDK (meq/100 gr)	4.81	48.6	26.36	9.84	37.34	0.48
SAR	0.02	0.96	0.11	0.11	98.26	4.61
Mg (meq/100 gr)	0.58	5.55	1.63	1.04	63.64	1.61
Ca meq/100 gr	5.83	33.08	17.55	3.1	17.64	0.85
Na (meq/100 gr)	0.04	0.89	0.16	0.12	74.23	3.01
K (meq/100 gr)	0.1	1.83	0.61	0.35	57.23	1.03
P (ppm)	2.55	60.06	23.54	15.18	64.48	0.68
Kum (%)	6.4	78.51	37.99	19.09	50.24	0.34
Silt (%)	1.44	64.72	31.68	12.94	40.84	-0.02
Kil (%)	7.07	92.16	30.33	17.53	57.81	1.54
HA (g cm ⁻³)	1.04	1.56	1.34	0.1	7.44	-0.58
TK (%)	19.34	50.07	33.83	7.03	20.76	0.33
SN (%)	9.31	46.4	23.48	7.87	33.53	0.45
YSİ (%)	1.53	19.3	10.36	3.7	35.75	0.17
SDGH (%)	0.36	0.91	0.70	0.1	14.16	-0.85
TG (cm ³ cm ⁻³)	0.36	0.91	0.47	0.07	14.81	2.29
MiG (cm ³ cm ⁻³)	0.02	0.53	0.34	0.08	24.05	-0.28
MaG (cm ³ cm ⁻³)	0.04	0.55	0.13	0.08	61.03	2.04

OM: Organik Madde, MBK: Mikrobiyal Biyokütle, BGEA: Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi Karbon, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı, HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YSI: Yarıyışlı Su İçeriği, SDGH: Su Dolu Gözenek Hacmi, YSI: Yarıyışlı Su İçeriği, TG: Toplam Gözeneklilik, MiG: Mikro Gözeneklilik, MaG: Makro Gözeneklilik Min: Minimum, Max: Maximum, Ort: Ortalama, VK: Varyasyon Katsayısı,

Finike ilçesi topraklarında pH ortalama 7.48 olarak hesaplanmıştır. Buna göre araştırma alanındaki topraklar nötr ve hafif alkali olarak sınıflandırılmıştır. Düşük pH değerleri daha çok kolüviyal fizyografyadaki narenciye bahçelerinde tespit edilmiştir. Kireç içerikleri incelendiğinde, ortalama %29.79 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Kireçsiz ya da hafif kireçli (<%5) topraklar özellikle kolüviyal arazilerde tespit edilirken, taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında yüksek kireçli (>%15) olduğu görülmüştür. Yapılan sınıflandırmaya göre kireç, fizyografyalarda hafif kireçliden aşırı kireçliye kadar değişen sınıflarda yer almaktadır (FAO, 2006). pH ve kireç miktarları birlikte değerlendirildiğinde, Finike ilçesindeki fizyografyalardan özellikle kireç içeriği yüksek olan taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpazede, bitki besleme uygulamalarında uygun gübre ve uygulamaların uygun zamanlarda yapılması gerekmektedir. Özellikle asidik karakterli gübrelerin kullanılmasının bahçelerdeki verimlilikte etkili olacağı düşünülmektedir.

Elektriksel iletkenlik, ortalama 0.71 dS/m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Bütün fizyografyalar tuzsuz (<2 dS/m) olarak sınıflandırılmıştır ancak hafif tuzlu sınırına yakın topraklar bazı kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarında tespit edilmiştir. Kolüviyal haricindeki diğer fizyografyalarda özellikle yazın sıcak ve kurak geçtiği, buharlaşmanın yüksek olduğu dönemlerde, kapillarite yoluyla topraktaki tuzluluğun artabileceği düşünülerek, salma sulama yapılan bahçelerde bu uygulamadan vazgeçilmesi

gerektiği önerilmektedir.

Finike ilçesinde topraklarının kil miktarı ortalama %30.33'dür (Çizelge 4.12). Kil içeriği en yüksek yan dere alüviyalinde tespit edilirken, en düşük kil içeriği kolüviyal fizyografyada bulunmuştur. Silt içeriği ortalama %31.68 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). En düşük silt içeriği yan dere alüviyal ve kolüviyallerde iken en yüksek silt içeriği taşkın düzlüğü ve pediment fizyografyalarında görülmüştür. Kum içeriği ortalama 37.99 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.12). Kum miktarı en az yan dere alüviyalinde iken en fazla kolüviyal, taşkın düzlüğü ve pediment arazilerde tespit edilmiştir.

Organik madde, toprağın yapısını iyileştirerek su tutma kapasitesini artırır ve drenajını düzenler. Bu durum bitki köklerinin su ve besin maddelerine daha kolay erişimini sağlar, dolayısıyla bitki gelişimi için daha uygun bir ortam oluşturur. Ayrıca, organik madde mineralizasyon süreci boyunca bitkiler için gerekli olan makro ve mikro besin maddelerini serbest bırakır. Bu süreç, özellikle azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin maddelerinin bitkiler tarafından kullanılabilir hale gelmesini sağlar. Organik maddenin varlığı, topraktaki biyolojik aktiviteyi de artırarak yararlı mikroorganizmaların çoğalmasını teşvik eder. Bu mikroorganizmalar, organik maddelerin ayrışması ve bitki besin maddelerinin serbest bırakılması gibi süreçlerde önemli rol oynar. Dolayısıyla, organik madde, tarım topraklarının verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmada kritik bir faktördür (Brady ve Weil, 2002; Lal, 2004). Finike ilçesindeki fizyografyalarda organik madde miktarları incelendiğinde, organik maddenin ortalama %2.6 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12). En düşük (<%1,5) organik madde miktarının pediment, alüviyal yelpaze ve taşkın düzlüklerinde tespit edilirken en yüksek (>%3) organik madde kolüviyal fizyografyada belirlenmiştir. Bu farklılık, bu fizyografik bölgelerin toprak oluşumu ve kullanım şekillerinden kaynaklanmaktadır. Pedimentler ve alüviyal yelpazeler gibi bölgeler genellikle düşük organik madde içeriğine sahip olup, bu bölgelerdeki toprağın yapısı ve drenaj özellikleri organik madde birikimini zorlaştırmaktadır (Shishkov ve Kolev, 2014). Öte yandan, kolüviyal fizyografyalar, yamaçlardan aşağı doğru hareket eden toprak ve organik maddelerin birikmesiyle karakterize edilirler. Bu nedenle, bu bölgelerde bulunan narenciye bahçeleri gibi tarım alanları, yüksek organik madde içeriğine sahip olma eğilimindedirler. Bu organik madde, toprak verimliliğini artırarak bitki büyümesini destekler (Knight ve Harrison 2021).

Mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK), tarım topraklarının sağlığı ve verimliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. MBK, topraktaki mikroorganizmaların toplam kütlelerini temsil eder ve toprak ekosistemindeki biyolojik aktivitenin bir göstergesidir. Bu mikroorganizmalar, organik maddelerin parçalanması ve bitkiler için gerekli besin maddelerinin serbest bırakılması süreçlerinde önemli rol oynar. Özellikle azot, fosfor ve sülfür gibi besin maddelerinin dönüşümünü sağlayarak bitki köklerinin bu besin maddelerine erişimini artırır. Ayrıca, MBK, toprak yapısını iyileştirir ve toprak agregatlarının oluşumunu teşvik ederek toprağın su tutma kapasitesini de artırır. Bu da bitki köklerinin su ve besin maddelerine daha kolay erişimini sağlar (Wardle 1992; Schjønning vd. 2004). Finike'de MBK değeri ortalama 200.98 mg/kg olarak hesap edilmiştir ve Wardle (1992)'ye göre MBK değeri orta (100-300 mg/kg) olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.12). En düşük değerler taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında yer almıştır. Araştırma alanında genel olarak orta düzeyde (100-300 mg/kg) sınıflandırılan bu değerlerin yanı sıra önemli bir kısmı da yüksek (>300 mg/kg) olarak sınıflandırılmıştır.

Beta glikosidaz enzim aktivitesi (BGEA), tarım topraklarının sağlığı ve verimliliği açısından büyük önem taşır. Bu enzim, topraktaki organik maddelerin parçalanmasında ve bitkiler için gerekli olan karbonhidratların serbest bırakılmasında kritik bir rol oynar. Özellikle selüloz ve hemiselüloz gibi karmaşık karbonhidratların basit şekerlere dönüştürülmesi sürecinde etkilidir. Bu dönüşüm, toprak mikroorganizmalarının enerji kaynağına erişimini artırır ve mikrobiyal biyokütlenin artmasını sağlar. Artan mikrobiyal biyokütle, toprak yapısının iyileştirilmesi, su tutma kapasitesinin artırılması ve besin maddelerinin bitkilere daha etkin bir şekilde ulaşması gibi faydalar sağlar (Allison ve Jastrow, 2006; Sinsabaugh vd. 2008). Araştırma alanındaki topraklarda BGEA değeri ortalaması 98.15 µg/g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Finike’de taşkın düzlüğü ve yan dere alüviyal fizyografyalarının toprakları genel olarak düşük (<100 µg/g) BGEA değerlerine sahip iken, kolüviyal fizyografyadaki topraklar nispeten daha yüksek değerlere sahiptir. Literatürde Alef ve Nannipieri (1995) yüksek (>300 µg/g) olarak sınıflandırılmıştır. Taşkın düzlüğü ve yan dere alüvyalleri fizyografyalarının düşük BGEA değerlerine sahip olması, bu bölgelerdeki toprakların organik madde ayrışma kapasitesinin düşük olduğunu gösterir. Bu tür topraklar, mikroorganizma aktivitesinin ve organik madde ayrışmasının sınırlı olduğu, dolayısıyla bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin yetersiz olduğu topraklardır. Taşkın düzlükleri ve yan dere alüviyal toprakları genellikle daha sık su akışına maruz kalır, bu da organik maddenin taşınmasına ve mikrobiyal aktivitelerin azalmasına yol açar (Schjønning vd. 2004; Brady ve Weil, 2008;). Kolüviyal fizyografyalardaki topraklar ise, genellikle yamaçlardan taşınan materyallerin birikmesiyle oluşur ve daha yüksek organik madde içerir. Bu nedenle, bu topraklar nispeten daha yüksek BGEA değerlerine sahiptir.

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), tarım topraklarının verimliliği ve sağlığı açısından önemli bir ölçüttür. SAR, topraktaki sodyum iyonlarının kalsiyum ve magnezyum iyonlarına oranını gösterir ve yüksek SAR değeri, toprak yapısının bozulmasına ve bitki büyümesi için uygun olmayan koşulların oluşmasına neden olabilir. Yüksek SAR değerine sahip topraklar, su geçirgenliğini ve havalanmayı azaltarak bitki köklerinin su ve besin maddelerine erişimini zorlaştırır. Bu durum, bitki stresine ve verim kaybına yol açabilir (Richards, 1954; Suarez vd. 2006). Ayrıca, sodyum iyonlarının fazlalığı, bitkilerin kalsiyum ve magnezyum gibi diğer hayati besin maddelerini adsorbe etmesini engelleyebilir, bu da bitki beslenme dengesizliğine yol açar (Qadir et al., 2001). SAR değerinin optimum seviyede tutulması, tarım topraklarının sürdürülebilirliği ve bitki sağlığı için kritik öneme sahiptir. Araştırma alanında belirlenen SAR değerleri en düşük 0.02, en yüksek 0.96 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Belirlenen bu değerler düşük sodyum içeriğini ve dolayısıyla toprak yapısının ve su geçirgenliğinin iyi olduğunu göstermektedir. Bu aralıkta bulunan SAR değerleri, toprakların çoğunlukla sağlıklı ve verimli olduğuna işaret eder (Richards, 1954). Tespit edilen bu düşük SAR değerleri, toprak yapısının korunmasına yardımcı olur ve kil partiküllerinin stabil kalmasını sağlar, bu da suyun ve hava akışının kolaylaşmasına katkıda bulunur. Bu durum, bitki köklerinin daha iyi beslenmesini ve suya ulaşmasını sağlar. Düşük SAR seviyeleri ayrıca, topraktaki kalsiyum ve magnezyum gibi gerekli besin maddelerinin bitkiler tarafından daha etkili bir şekilde alınmasına imkân sağlar (Suarez et al., 2006).

Katyon değişim kapasitesi (KDK), tarım topraklarının verimliliği açısından hayati öneme sahiptir. KDK, toprağın kalsiyum, magnezyum, potasyum gibi pozitif yüklü iyonları tutma kapasitesini ifade eder. Yüksek KDK, bu besin maddelerinin toprakta daha

uzun süre tutulmasını ve bitkiler tarafından daha kolay alınmasını sağlar. Bu durum, bitki büyümesini ve gelişimini destekler. Ayrıca, KDK toprak pH'sını düzenleyerek besin maddelerinin kullanılabilirliğini optimize eder ve toprağın tamponlama kapasitesini artırır. Böylece ani pH değişikliklerine karşı direnç sağlar (Havlin vd. 2005; Brady ve Weil, 2008). Araştırma alanındaki topraklarda KDK değeri ortalama 26.36 meq/100gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Araştırma alanının genelinde yüksek düzeyde (20-40 meq/100gr) sınıflandırılan KDK, özellikle kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarında çok yüksek sınıfta (>40 meq/100gr), pediment ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında ise düşük sınıfta (<10 meq/100gr) yer almıştır. Yan dere alüviyal toprakları, yan dere taşkınları sırasında taşınan ve biriken ince dokulu materyallerden oluşur, bu da yüksek besin tutma kapasitesine katkıda bulunur (Hillel, 1998; Brady ve Weil, 2008). Pediment toprakları, dağların eteklerinde oluşan ve genellikle kaba dokulu materyallerden meydana gelir. Bu topraklarda, hızlı su akışı nedeniyle mineral ve organik madde birikimi azdır. Taşkın düzlükleri ise, taşkın sularının biriktiği ve genellikle ince taneli materyallerin taşındığı, fakat sık sık su altında kalmaları nedeniyle organik madde birikiminin düşük olduğu alanlardır (Schumm, 1977; Lal, 2004).

Fosfor, tarım toprakları için hayati bir besin maddesidir ve bitki büyümesi, enerji transferi ve kök gelişimi için kritik öneme sahiptir. Fosfor, bitkilerin enerji taşıyıcı molekül olan ATP'nin (adenozin trifosfat) üretiminde ve bu enerji, fotosentez, solunum ve diğer metabolik süreçlerde kullanılır. Fosfor eksikliği, bitki büyümesinde durgunluğa, yaprakların koyu yeşil veya mor renge dönmesine ve zayıf kök gelişimine neden olabilir (Schachtman, vd. 1998; Vance, 2001). Topraklardaki fosforun çoğu, bitkiler tarafından kolayca alınamayacak formlarda bulunur. Bu nedenle, fosfor gübrelemesi, tarımsal verimliliği artırmak için yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır. Ancak, fosforun toprağa aşırı uygulanması, durgun su kütlelerine taşınarak ötrofikasyona ve su kalitesinin bozulmasına yol açabilir. Bu nedenle, fosfor gübrelemesinin dikkatli bir şekilde yönetilmesi hem bitki sağlığını desteklemek, hem de çevresel etkileri en aza indirmek için önemlidir (Cordell vd. 2009). Araştırma alanındaki topraklarda fosfor içerikleri ortalama 23.54 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Büyük oranda orta ve yüksek (>10 ppm) olarak sınıflandırılan fosfor içeriği farklı fizyografyalarda düşük (<10 ppm) ve yüksek (>20 ppm) değerlerde tespit edilmiştir.

Potasyum, bitkilerde hücre su dengesinin korunmasında, protein sentezinde, fotosentezde ve enzim aktivitesinde önemli rol oynar. Potasyum, bitkilerin kuraklık, hastalık ve soğuk gibi stres koşullarına karşı direncini artırır (Ivashikina vd. 2005; Chowdhury Masud vd. 2018). Ayrıca, şeker ve nişasta taşınımını destekleyerek meyve ve tohum gelişimini teşvik eder. Potasyum eksikliği, bitkilerde yaprak sararmasına, zayıf kök gelişimine ve düşük verime yol açabilir (Marschner, 1995; Pettigrew, 2008). Tarım topraklarında yeterli potasyum seviyelerinin korunması, bitki sağlığını ve tarımsal verimliliği artırmada hayati öneme sahiptir (Mengel ve Kirkby, 2001). Finike topraklarında potasyum değeri ortalama 0.61 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır. Pizer (1967)'in sınıflandırmasına göre potasyum değeri, pediment ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında düşük (<0.385 meq/100gr) ve orta (0.385-0.510 meq/100gr) olarak belirlenirken özellikle kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarında yüksek (>0.641 meq/100gr) olarak bulunmuştur. Pediment ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında besin maddeleri yıkanma eğilimindedir ve mineral birikimi sınırlıdır (Brady & Weil, 2008; Hillel, 1998). Öte yandan, kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalardaki yüksek

potasyum seviyelerine sahip topraklar, daha yüksek organik madde ve mineral içeriğine sahip olup, bitki beslenmesi açısından daha verimlidir. Kolüviyal topraklar, yamaçlardan taşınan materyallerle zenginleşirken, yan dere alüviyal topraklar ise taşkınlarla taşınan ince dokulu malzemelerle zenginleşir (Lal, 2004; Schumm, 1977).

Hacim ağırlığı (HA), tarım topraklarının fiziksel özelliklerini ve verimliliğini belirlemede kritik bir parametredir. Toprağın hacim ağırlığı, birim hacimdeki kuru toprak kütlesini ifade eder ve toprak gözenekliliği, su tutma kapasitesi ve kök gelişimi üzerinde doğrudan etkilidir (Hillel, 1998; McKenzie vd. 2002; Brady ve Weil, 2008). Düşük hacim ağırlığı, genellikle yüksek gözeneklilik ve iyi su tutma kapasitesi ile ilişkilidir, bu da bitki köklerinin suya ve havaya daha kolay erişimini sağlar. Yüksek hacim ağırlığı ise toprak sıkışmasına işaret eder, bu da kök gelişimini engelleyerek bitkilerin su ve besin maddelerine erişimini zorlaştırır (Hillel, 1998; Brady ve Weil, 2008). Hacim ağırlığı değerleri Finike topraklarında ortalama 1.34 g/cm^3 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Belirlenen bu değerlere göre genel olarak kolüviyal ve pediment fizyografyalarında düşük sınıflandırılırken, yan dere alüviyal ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında yüksek düzeyde sınıflandırılmıştır (NRCS 2022; USDA 2023). Yan dere alüviyal ve alüviyal yelpaze toprakları, taşkınlar sırasında taşınan yoğun ve ince taneli materyallerden oluşur, bu da sıkışmaya ve dolayısıyla yüksek hacim ağırlığına yol açar (Cresswell ve Hamilton, 2002; McKenzie vd. 2002).

Solma noktası, bitki sağlığı ile verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Solma noktası, bitkilerin hayatta kalabilmesi ve verimli bir şekilde büyüebilmesi için toprağın su içeriğinin yeterli düzeyde tutulması gerektiğini gösterir (Brady ve Weil, 2008). Tarım topraklarında solma noktasının belirlenmesi, sulama planlarının ve su yönetim stratejilerinin oluşturulmasında hayati öneme sahiptir. Toprağın su tutma kapasitesinin ve solma noktasının bilinmesi, sulama zamanlaması ve miktarı konusunda bilgi sağlar ve böylece su kaynaklarının etkin kullanımı gerçekleşir. Solma noktasının üzerinde tutulan toprak nemi, bitkilerin su stresine girmesini önler ve optimal büyüme koşullarını destekler (Hillel, 1998; Richards ve Weaver, 1944). Finike’de solma noktası ortalama %23.48 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Araştırma alanında belirlenen değerlere göre solma noktası, yan dere alüviyal ve kolüviyal fizyografyalarda yüksek (>%20) olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma bölgedeki toprakların su tutma kapasitesinin yüksek olduğunu ve bitkilerin su stresine daha dayanıklı olduğunu gösterir. Yan dere alüviyal topraklar, taşkınlar sırasında taşınan ince dokulu ve organik madde açısından zengin materyallerden oluşur, bu da su tutma kapasitesini artırır. Kolüviyal topraklar ise, yamaçlardan taşınan materyallerin birikmesiyle oluşur ve genellikle zengin organik madde içeriğine sahiptir, bu da yüksek su tutma kapasitesine katkıda bulunur (Cresswell & Hamilton, 2002; Saxton & Rawls, 2006). Buna karşılık, taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında solma noktası değerlerinin düşük (<%20) olması, bu bölgelerdeki toprakların su tutma kapasitesinin sınırlı olduğunu ve bitkilerin su stresine daha duyarlı olduğunu gösterir. Taşkın düzlükleri, sık sık su altında kalmaları ve mineral besinlerin yıkanması nedeniyle düşük su tutma kapasitesine sahiptir. Alüviyal yelpaze toprakları ise, taşkınlarla taşınan daha kaba dokulu materyallerden oluşur ve su tutma kapasitesini sınırlandırır (Hillel 1998; Rawls vd. 2003).

Toprağın tarla kapasitesinde tutulması, bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyu sağlayarak kuraklık stresini azaltır ve bitki sağlığını korur (Hillel, 1998; Brady ve Weil, 2008). Finike topraklarında yapılan incelemelerde tarla kapasitesi ortalama %33.83 olarak

hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Araştırma alanında, alüviyal yelpaze ve pediment fizyografyalarında düşük tarla kapasitesi (<%30) tespit edilmiştir. Alüviyal yelpaze toprakları, taşkınlar sırasında taşınan ve biriken kaba dokulu malzemelerden oluşur. Bu malzemeler, suyun hızla süzülmesine ve su tutma kapasitesinin düşük olmasına yol açar. Pediment toprakları ise dağ eteklerinde birikmiş daha kaba ve taşlı materyallerden oluşur, bu da aynı şekilde düşük su tutma kapasitesine katkıda bulunmuştur (Rawls et al., 2003). Buna karşılık, yan dere alüviyal ve kolüviyal fizyografyalarda yüksek tarla kapasitesi değerleri (>%30) tespit edilmiştir. Yan dere alüviyal toprakları, taşkınlar sırasında taşınan ince dokulu ve organik madde açısından zengin materyallerden oluşur, bu da yüksek su tutma kapasitesine katkıda bulunmuştur. Kolüviyal topraklar ise, yamaçlardan taşınan ve biriken zengin organik madde ve minerallerden oluşur, bu nedenle suyu daha iyi tutarlar ve tarla kapasiteleri yüksektir (Hillel, 1998; Saxton ve Rawls, 2006).

Bitkiye yararlı su içeriği, bitkilerin fotosentez, solunum ve besin maddesi taşınması gibi temel fizyolojik süreçlerini sürdürmeleri için gereklidir. Toprakta bitkiye yeterli yararlı su bulunması, bitkilerin su stresine girmesini önler, böylece büyüme ve gelişme süreçleri desteklenir (Hillel 1998; Kirkham 2005). Yararlı su içeriğinin yüksek olduğu topraklar, bitki köklerinin suya erişimini kolaylaştırır ve suyun eşit dağılımını sağlar. Bu durum, tarımsal verimliliği artırırken, sulama ihtiyacını ve su kaynaklarının kullanımını optimize eder. Öte yandan, bitkiye yararlı su içeriğinin düşük olduğu topraklar, bitkilerin büyüme dönemlerinde su stresine daha duyarlı hale gelmesine ve tarımsal verim kayıplarına yol açabilir (Jury ve Horton, 2004; Brady ve Weil, 2008). Araştırma alanında YSI değerleri ortalama %10.36 hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Yan dere alüviyal fizyografyasındaki topraklarda yararlı su içeriği değerlerinin genel olarak düşük (<%5) sınıflandırılması, bu bölgelerdeki toprakların su tutma kapasitesinin sınırlı olduğunu ve suyun bitki köklerine yeterince ulaşmadığını göstermektedir. Yan dere alüviyal toprakları, taşkınlar sırasında taşınan ince dokulu ve mineral bakımından zengin malzemelerden oluşmuştur ancak bu toprakların hızlı su akışı nedeniyle su tutma kapasiteleri düşük olabilir. Buna karşılık, taşkın düzlükleri fizyografyalarında yararlı su içeriği değerlerinin yüksek (<%20) olarak sınıflandırılması, bu bölgelerdeki toprakların suyu daha iyi tutabildiğini ve bitkilerin suya erişimini kolaylaştırdığını gösterir.

Yüksek toplam gözeneklilik, suyun toprağa hızlı bir şekilde nüfuz etmesini sağlar ve bitkilerin köklerine yeterli su ve besin ulaşmasını destekler. Mikro gözenekler, bitki köklerinin suyu ve besinleri sürekli olarak alabilmesi için gerekli suyu tutarken, makro gözenekler fazla suyun drenajını ve havalandırmayı sağlar. Araştırma alanındaki topraklarda toplam gözeneklilik ortalama $0.47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Toplam gözeneklilik, kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarında daha yüksek bulunurken, alüviyal yelpaze ve pediment fizyografyalarında daha düşük tespit edilmiştir. Mikro gözeneklilik ortalama $0.34 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Genel olarak kolüviyal fizyografyalarda düşük tespit edilen mikro gözeneklilik Yan dere alüviyal fizyografyasında yüksek bulunmuştur. Makro gözeneklilik ortalama $0.13 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Değerler incelendiğinde farklı fizyografyalarda farklı gözeneklilik sonuçları tespit edilmiş ve anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir.

4.2.3. Toprak kalite değerlendirmeleri

Araştırmanın Finike bölümünde, toprak kalite değerlendirmesi için seçilen indikatörlerin, Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF)'ne göre skorlamaları yapılmış ve buna göre skorların tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Bu çizelgede araştırma alanının bütününün ve 5 farklı fizyografyadaki tanımlayıcı istatistiklere ayrı ayrı verilmiştir. Fizyografya ve kalite skorlarının değerlendirilmesi yapılırken, fizyografyalar arasında anlamlı bir ilişkinin varlığı, ANOVA tek yönlü varyans analizi kullanılarak kontrol edilmiştir (Çizelge 4.14).

Araştırmanın Finike ilçesindeki bölümünde bütün fizyografyalarda hacim ağırlığı skoru ortalama 0.65 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Finike ilçesinde, hacim ağırlığı skoru (HA) incelendiğinde, fizyografyalar arasında çok yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4.14). Hacim ağırlıkları skorunun en düşük olduğu yan dere alüviyal fizyografyasında ortalama 0.38 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek hacim ağırlığı skoruna sahip kolüviyal arazilerde skor değerleri ortalama 0.80 olarak hesaplanmıştır. Taşkın düzlüğü, alüviyal yelpaze ve pediment fizyografyalarında ise hacim ağırlığı skorları sırasıyla ortalama 0.59, 0.71 ve 0.85 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13).

Yan dere alüviyalindeki düşük hacim ağırlığı skoru, toprağın sıkışmış olduğunu ve bunun da toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla düşük hacim ağırlığı skoruna sahip bu fizyografyalarda, kök gelişimi engellenir, toprakta su geçirgenliği ve havalanma azalır ve toprak mikroorganizma aktivitesi de azalır. Bunun sebepleri bu fizyografyalarda bahçe içi trafiğin çok olması, yanlış toprak işleme, düşük organik madde ve kil oranının yüksek olmasıdır. Nitekim kil oranının yüksek oluşu, 4.2.2 bölümünde tartışılmıştır. Bu durumun düzeltilmesi için toprağa organik madde ilavesi ve uygun toprak işleme tekniklerinin seçilmesi önerilir.

Çizelge 4.13. Finike ilçesindeki indikatörlerin kalite skorlarına ait tanımlayıcı istatistik bilgileri

		HA	YSİ	SDGH	pH	EC	P	SAR	K	OK	MBK	BGEA	KDK
FİNİKE	Max	0,99	0,65	0,97	0,99	1	1	0,99	1	1	0,99	1	0,98
	Min.	0,25	0,16	0,01	0,84	1	0,06	0,80	0,35	0,12	0,03	0,03	0,03
	Ort.	0,65	0,37	0,72	0,90	1	0,88	0,93	0,91	0,78	0,82	0,30	0,73
	SS	0,28	0,09	0,20	0,03	0	0,21	0,09	0,14	0,24	0,27	0,28	0,21
	VK(%)	0,44	0,25	0,28	0,03	0	0,24	0,10	0,16	0,31	0,33	0,94	0,29
	Yatıklık	-0,06	0,29	-1,35	0,90	0	-2,54	-0,70	-2,04	-0,94	-1,66	1,19	-0,83
Yan Dere Alüviyalı	Max	0,91	0,59	0,93	0,93	1	1	0,99	1	0,99	0,99	0,27	0,98
	Min.	0,27	0,27	0,19	0,86	1	0,06	0,80	0,93	0,41	0,03	0,03	0,77
	Ort.	0,38	0,40	0,60	0,89	1	0,84	0,98	0,99	0,85	0,77	0,09	0,93
	SS	0,13	0,08	0,14	0,02	0	0,29	0,04	0,02	0,17	0,27	0,07	0,05
	VK(%)	36,23	20,18	24,40	3,02	0	34,77	3,89	2,01	20,77	34,96	69,29	5,06
	Yatıklık	2,92	0,61	-0,4	0,11	0	-1,81	-4,89	-2,56	-1,30	-1,38	1,47	-1,83
Taşkın Düzlüğü	Max	0,99	0,52	0,96	0,97	1	1	0,99	1	0,99	0,99	0,29	0,77
	Min.	0,28	0,25	0,57	0,84	1	0,15	0,80	0,47	0,23	0,03	0,06	0,03
	Ort.	0,59	0,38	0,79	0,90	1	0,89	0,90	0,89	0,72	0,88	0,12	0,52
	SS	0,24	0,07	0,09	0,03	0	0,25	0,09	0,14	0,22	0,26	0,06	0,19
	VK(%)	40,1	19,41	12,63	3,02	0	28,75	10,36	16,13	31,78	30,18	49,05	37,89
	Yatıklık	0,06	-0,02	-0,003	0,11	0	-1,15	-0,22	-1,45	-0,65	-2,59	1,58	-0,93
Alüviyal Yelpaze	Max	0,99	0,56	0,95	0,95	1	1	0,99	1	0,99	0,99	1	0,83
	Min.	0,26	0,19	0,63	0,88	1	0,07	0,80	0,55	0,23	0,14	0,08	0,43
	Ort.	0,71	0,35	0,80	0,91	1	0,93	0,88	0,92	0,71	0,89	0,36	0,63
	SS	0,26	0,09	0,10	0,02	0	0,23	0,10	0,12	0,24	0,23	0,25	0,11
	VK(%)	36,83	26,07	12,23	1,82	0	25,07	11,08	12,87	33,86	25,37	68,92	17,40
	Yatıklık	-0,69	0,20	-0,30	0,66	0	-3,38	0,50	-1,76	-0,36	-2,78	0,91	-0,26
Pediment	Max	0,99	0,45	0,97	0,93	1	1	0,99	1	0,99	0,99	0,91	0,85
	Min.	0,24	0,16	0,62	0,86	1	0,12	0,80	0,38	0,12	0,29	0,08	0,32
	Ort.	0,67	0,32	0,83	0,90	1	0,86	0,90	0,83	0,76	0,84	0,38	0,70
	SS	0,29	0,07	0,11	0,02	0	0,24	0,09	0,18	0,26	0,22	0,28	0,162
	VK(%)	43,03	19,41	13,22	2,04	0	28,39	11,03	21,65	34,59	26,40	73,51	23,07
	Yatıklık	-0,25	0,01	0,68	-0,46	0	-1,07	-0,13	-1,24	-1,40	-1,62	0,69	-1,43
Kolüviyal	Max	0,99	0,56	0,97	0,99	1	1	0,99	1	0,99	0,99	1	0,97
	Min.	0,33	0,19	0,01	0,86	1	0,37	0,80	0,35	0,17	0,09	0,06	0,29
	Ort.	0,85	0,38	0,63	0,92	1	0,94	0,96	0,89	0,83	0,73	0,51	0,83
	SS	0,23	0,11	0,31	0,04	0	0,18	0,07	0,16	0,26	0,32	0,33	0,17
	VK(%)	28,01	28,23	48,63	4,17	0	19,37	7,66	18,24	31,41	44,61	64,89	20,78
	Yatıklık	-1,56	0,51	-0,69	0,66	0	-2,51	-1,88	-2,16	-1,38	-1,04	0,06	-1,58

OK: Organik Karbon, MBK: Mikrobiyal Biyokütle, Karbon, BGEA: Beta Glukosidaz Enzim Aktivitesi, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı, HA: Hacim Ağırlığı, YSI: Yarıyılı Su İçeriği, SDGH: Su Dolu Gözenek Hacmi, Min: Minimum, Max: Maximum, Ort: Ortalama, VK: Varyasyon Katsayısı,

Çizelge 4.14. Fizyografik birimlere göre kalite skorlarına ilişkin ANOVA sonuçları

Özellik	F-Değeri	p-Değeri	Yorum
HA Skor	14.46	1.23E-09	****
YSİ Skor	2.47	4.80E-02	*
SDGH Skor	8.70	3.42E-06	****
pH Skor	6.23	1.40E-04	***
EC Skor	NaN	NaN	-
P Skor	1.78	1.37E-01	A.d.
SAR Skor	7.69	1.53E-05	****
K Skor	3.94	4.88E-03	**
OK Skor	2.21	7.18E-02	A.d.
MBK Skor	1.67	1.62E-01	A.d.
BGEA Skor	16.23	1.28E-10	****
KDK Skor	31.06	1.16E-17	****
**** (p < 0.001) Çok yüksek düzeyde anlamlı * (p < 0.05) Anlamlı			
*** (p < 0.001) Yüksek düzeyde anlamlı A.d. (p > 0.05) Anlamlı değil			
** (p < 0.01) Anlamlı			

Yarayışlı su içeriği skoru, Finike ilçesinde ortalama 0.37 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, Finike ilçesinde, yarayışlı su içeriği skoru ile fizyografyalar arasında anlamlı ($p<0.05$) farklılıklar vardır (Çizelge 4.14). Yarayışlı su içeriği skorunun ortalamasının en düşük olduğu pediment fizyografyasında skorlar ortalama 0.32 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek yarayışlı su içeriği skoruna sahip yan dere alüvyali fizyografyasında skor değeri ortalama 0.40 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü, alüvyal yelpaze ve kolüvyal fizyografyalarında yarayışlı su içeriği skorları sırasıyla ortalama 0.38, 0.35 ve 0.38 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Genel olarak Finike'deki bütün fizyografyalarda, düşük olan yarayışlı su içeriği skoru, özellikle pediment fizyografyasında en düşük düzeydedir. Bunun nedeni, toprak derinliğinin sığ olmasıdır. Sığ topraklar, suyun tutulabileceği ve bitki köklerinin erişebileceği hacmi sınırlı hale getirmiştir. Yarayışlı su içeriği skoru yan dere alüvyallerinde nispeten daha yüksek çıkmıştır ancak bunun skorun anlamlı olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Bu fizyografyada yüksek çıkmasına nedeni, toprakların kil miktarının yüksek olması ve bu yüzden su tutma yeteneklerinin ve dolayısıyla yarayışlı su içeriklerini arttırmış olmasıdır.

Su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru tüm fizyografyalarda ortalama 0.72 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Araştırma alanında, su dolu gözenek hacmi skoru değerleri ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasında çok yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.14). En düşük skor ortalamasına sahip olan yan dere alüvyali fizyografyasında ortalama 0.60 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek SDGH skoru ortalamasına sahip pediment fizyografyasında ortalama 0.83 olarak hesaplanmıştır. Taşkın düzlüğü, alüvyal yelpaze ve kolüvyal fizyografyalarında ortalamaları sırasıyla 0.79, 0.80 ve 0.63 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Araştırma alanında farklı fizyografyalarda değişkenlik gösteren su dolu gözenek hacmi skoru en düşük yan dere alüvyali fizyografyasında tespit edilmiştir. Bunu nedeni, hacim ağırlığı skorunda da bahsedildiği üzere bu fizyografya topraklarındaki sıkışma sorunudur. Sıkışmanın oluşmasıyla, toprakta bulunan gözeneklerin hacmi azalacak ve suyun hareketi kısıtlanacaktır. Bununla birlikte düşük organik madde ve amenajman uygulamalarındaki yoğun ekipman kullanımı gibi faktörler de toprak yapısını bozarak su dolu gözenek hacmini azaltacaktır. Diğer taraftan Pediment fizyografyalarının profilleri içerisinde genellikle iri taneli materyaller (kum, çakıl) bulunmaktadır. Bu iri taneli yapıların, toprakta daha büyük gözenekler oluşturarak suyun hareketini ve depolanmasını kolaylaştırdığı düşünülmektedir.

pH skoru bütün fizyografyalarda ortalama 0.90 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre pH ile fizyografyalar arasında yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). En düşük skor ortalamasına sahip pediment fizyografyası, ortalama 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Buna karşılık en yüksek pH skoru ortalamasına sahip Kolüvyal fizyografyasında ortalama 0.92 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Alüvyal yelpaze, taşkın düzlüğü ve yan dere alüvyalinde ortalama pH skorları sırasıyla 0.90, 0.90 ve 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Bütün fizyografyalarda yüksek pH skoru tespit edilmesi, toprağın pH açısından sağlıklı ve verimli olduğunu, bitkilerin büyüme ve gelişimi için uygun koşullar sunduğunu göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC) skoru, araştırma alanında bütün fizyografyalarda 1.00 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Bu durum araştırmanın Finike ilçesindeki bölümünde bulunan fizyografyalarda topraktaki EC ile ilgili olumsuz herhangi bir durumun olmadığını göstermektedir.

Fosfor skoru (P) Finike ilçesindeki bütün fizyografyalarda ortalama 0.88 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasında farklılıkların anlamlı olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). En düşük fosfor skoru ortalamasına sahip olan yan dere alüvyali fizyografyasında ortalama 0.84 olarak hesaplanmıştır. Skor ortalaması en yüksek olan kolüviyal fizyografyada ortalama 0.94 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü, alüviyal yelpaze ve pediment fizyografyalarındaki ortalamaları 0.89, 0.93 ve 0.86 olarak hesap edilmiştir (Çizelge 4.13). Yan dere alüvyali fizyografyasında fosfor skorunun düşük olmasının nedeni topraklardaki organik madde içeriğinin düşük olması ve yüksek kireç içeriğidir. Bu durum fosforun bitkiler tarafından alınmasını engellemiş ve fosfor skorunu düşürmüştür. Buna karşın kolüviyal arazilerin yüksek organik madde içeriğine sahip olması, fosfor skorlarının yüksek olmasına neden olmuştur.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) skorları bütün fizyografyalarda ortalama 0.93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasında çok yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). En düşük skor ortalamasına sahip alüviyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.88 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek skor ortalamasına sahip yan dere alüvyalinde ortalama 0.98 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü, pediment ve kolüviyal fizyografyalarında ortalama skorlar sırasıyla 0.90, 0.90 ve 0.96 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Toprakta sodikliğin bir göstergesi olarak kabul edilen SAR bütün fizyografyalarda birbirine yakın ve çok yüksek skor değerleri almıştır. Bu yüksek değerler, bitkisel üretimde SAR'dan kaynaklanabilecek herhangi bir sorun olmadığını göstermektedir.

Bitkisel üretimde ürün kalitesini ve verimliliği etkileyen önemli bir makro element olan potasyum, Finike topraklarının tamamında ortalama 0.91 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasında anlamlı ($p<0.01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14). En düşük potasyum skoruna sahip pediment fizyografyasında ortalama 0.83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek potasyum skoruna sahip yan dere alüviyal fizyografyasında ortalama 0.99 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü, alüviyal yelpaze ve kolüviyal fizyografyalarında ise ortalama potasyum skorları da sırasıyla 0.89, 0.92 ve 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Genel olarak, SMAF çerçevesinde yüksek potasyum skoru, bitki sağlığı ve toprak verimliliği açısından olumlu bir gösterge olarak kabul edilir. Ancak, potasyum seviyelerinin dengeli tutulması ve diğer besin maddeleri ile uyumlu olması önemlidir. Toprak analizleri ve uygun gübreleme stratejileri ile potasyum seviyelerinin izlenmesi, sürdürülebilir tarım uygulamaları için kritik öneme sahiptir.

Toprak sağlığı ve ekosistem işlevleri için kritik bir bileşen olan organik karbon skoru bütün fizyografyalarda ortalama 0.78 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasındaki farklılıkların anlamlı olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). En düşük skor, alüviyal

yelpaze fizyografyasında ortalama 0.71 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). En yüksek skor yan dere alüvyali fizyografyasında ortalama 0.85 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü, pediment ve kolüviyal fizyografyalarında ise ortalamaları skor değerleri sırasıyla 0.72, 0.76 ve 0.83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Organik karbon skoru genel olarak bütün fizyografyalarda yüksek olarak tespit edilmiştir. Bazı narenciye bahçelerinde dönemsel olarak hayvan gübresi uygulamalarının yanı sıra birçok narenciye bahçesinde gelişen otların veya bitki budama artıklarının toprağa ilavesiyle yapılan yeşil gübreleme, bu bölgedeki toprakların organik karbon skorlarını yükseltmiştir. Buna göre, organik karbonun topraktan çabuk yıkandığı ya da uzaklaştığı alüviyal yelpaze fizyografyalarında daha düşük skor değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Toprağın biyolojik sağlığını ve mikrobiyal aktivitesini değerlendiren önemli bir diğer parametre olan mikrobiyal biyokütle karbon skoru (MBK), Finike’de ortalama 0.82 olarak tespit edilmiştir. Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasındaki farklılıkların anlamlı olmadığı ($p>0.05$), tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). En düşük skor ortalamasına sahip kolüviyal fizyografyada, ortalama 0.73 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek skor ortalamasına sahip alüviyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yan dere alüviyalı, taşkın düzlüğü ve pediment fizyografyalarında ise ortalama skor değerleri sırasıyla 0.77, 0.88 ve 0.84 olarak hesaplanmıştır. Mikrobiyal biyokütle karbon skoru ortalaması genel olarak bütün fizyografyalarda yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Düşük değerlerin de tespit edilmesi biyolojik bir gösterge olan MBK’un farklı değişkenlerden kolaylıkla etkilendiğini göstermektedir. Bu farklı değerlere rağmen araştırma alanının tamamında MBK skorlarının standart sapması 0.27 ve varyasyon katsayısı %0.33 olarak hesaplanmış ve bu da skorların tutarlı bir değişime sahip olduğunu göstermiştir.

Biyolojik aktivite ve mikrobiyal sağlık hakkında spesifik ve değerli bilgiler sağlayan beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru araştırma alanında ortalama 0.30 olarak hesap edilmiştir (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre fizyografyalar arasında çok yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). En düşük beta glikosidaz enzim aktivitesi skoruna sahip yan dere alüvyali fizyografyasında ortalama 0.09 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). En yüksek beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru ortalamasına sahip kolüviyal fizyografyada ortalama 0.51 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü, alüviyal yelpaze ve pediment fizyografyalarında ise ortalama skor değerleri sırasıyla 0.12, 0.36 ve 0.38 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Genel olarak bütün fizyografyalarda orta ya da düşük beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru özellikle yan dere alüviyalı fizyografyasında oldukça düşük bir ortalamaya sahiptir. Bunun nedeni, dönemsel olarak 18 cm’e kadar taban suyunun yükselmesi ve oksijen eksikliği nedeniyle anaerobik koşullar gelişmiş olmasıdır. Bu durum aerobik mikroorganizmaların ve bunların ürettiği enzimlerin aktivitesini azaltmıştır. Ayrıca yoğun ve sıkı bir yapıya sahip olabilen bu fizyografya toprakları, mikroorganizmaların hareketini ve organik maddenin ayrışmasını zorlaştırmıştır. Bu durumu destekler nitelikte Kolüviyal fizyografyalardaki topraklarda gelişmiş aerobik koşullar ve organik madde miktarının yüksek oluşu, bu fizyografyadaki beta glikosidaz enzim aktivitesi değerlerini yükseltmiştir. Beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru düşük skor değerleri olsa da araştırma alanının genelindeki varyasyonu düşüktür

(Çizelge 4.14). Buna sebep olarak biyolojik bir gösterge olan beta glikosidaz enzim aktivitesinin tarımsal uygulamalardaki değişkenliklere karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Bireysel olarak farklı narenciye bahçelerinde yapılan örneklerin skorlarının, amenajman uygulamalarındaki (organik gübreleme, toprak işleme, kimyasal gübreleme vb.) farklılıkları da ortaya çıkartmıştır.

Toprakların besin maddelerini tutma ve sağlama kapasitesinin bir ölçüsü olan kation değişim kapasitesi (KDK), ilk defa bu çalışmada doğrusal olmayan yöntemlere göre skorlanmış ve SMAF için yeni bir gösterge olarak önerilmiştir. Geliştirilen bu yöntemle araştırma alanındaki fizyografyaların KDK skorları belirlenmiştir. Kation değişim kapasitesi skor değerleri çalışma alanının tamamında ortalama 0.73 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, fizyografyalar arasında çok yüksek düzeyde anlamlı ($p < 0.001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.14). KDK skorunun en düşük olduğu taşkın düzlüğü fizyografyasında ortalama 0.52 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.18). Skor ortalamasının en yüksek ortalamaya sahip olduğu yan dere alüvyallerinde ortalama 0.93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Bu fizyografyaların dışında alüviyal yelpaze, pediment ve kolüviyal fizyografyalarında ise ortalama skor değerleri sırasıyla 0.63, 0.70 ve 0.83 olarak hesap edilmiştir (Çizelge 4.13). Taşkın düzlüğü fizyografyasında KDK skor ortalamasının düşük olmasının nedeni, genellikle tınlı tekstüre sahip olmaları nedeniyle kil miktarının az olması ve organik madde bakımında da orta ya da düşük sınıfta yer almalarıdır. Buna karşılık yan dere alüvyallerinde yüksek KDK skorunun nedeni, fizyografyadaki toprakların yüksek kil içeriğine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Skorların değişimleri Underhill (1990)'e göre sınıflandırılmış ve varyasyon katsayısı %0-20 arasında değişen skorlar düşük değişkenliğe sahip, varyasyon katsayısı %20-40 arası arasında değişen skorlar orta değişkenliğe sahip ve varyasyon katsayısı %40'tan fazla olanlar ise yüksek değişkenliğe sahip olduğunu bildirilmiştir. Buna göre;

Yan dere alüvyalinde, pH, SAR, potasyum ve KDK skorları düşük değişkenlik gösterirken sadece beta glikosidaz enzim aktivitesi yüksek değişkenlik göstermiştir. Diğer indikatörlerin skorları orta düzeyde değişkenlik göstermiştir.

Taşkın düzlüğü fizyografyasında, yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, pH, SAR ve potasyum düşük değişkenlik gösterirken, sadece beta glikosidaz enzimi aktivitesi skoru yüksek değişkenlik ve diğer indikatörler ise orta düzeyde değişkenlik göstermiştir.

Alüviyal yelpaze fizyografyasında, su dolu gözenek hacmi, pH, SAR, potasyum ve KDK skorları düşük değişkenlik gösterirken, sadece beta glikosidaz enzimi aktivitesi skoru yüksek değişkenlik ve diğer indikatörler orta düzeyde değişkenlik göstermiştir.

Pediment fizyografyasında, yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, pH ve SAR indikatörleri düşük değişkenlik gösterirken hacim ağırlığı ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi yüksek değişkenlik ve diğer indikatörler ise orta düzeyde değişkenlik göstermiştir.

Kolüviyal fizyografyada, pH, fosfor, SAR ve potasyum düşük değişkenlik gösterirken, su dolu gözenek hacmi, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi yüksek, diğer indikatörler ise orta düzeyde değişkenlik göstermiştir.

4.2.4. Kalite skorlarının mesafeye bağlı değişimi

Toprak amenajmanı değerlendirme çerçevesi (SMAF), toprak kalitesini değerlendirmek ve yönetmek için geliştirilmiş, kapsamlı bir araçtır. Bu araç, farklı göstergeleri bütünleştirerek toprak kalitesi hakkında genel bir değerlendirme sağlar ve bu değerlendirme, toprak yönetim stratejilerinin etkinliğini artırmak için kullanılır (Karlen vd. 2008). Toprak kalitesi haritaları, belirli alanlardaki toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını anlamamıza yardımcı olur ve bu bilgileri toprak yönetim stratejilerinde kullanmamızı sağlar (Brejda vd. 2000). SMAF ve haritalama tekniklerinin entegrasyonu, toprak yönetiminde daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasını sağlar ve böylece sürdürülebilir tarım uygulamaları desteklenir (Andrews vd. 2004). Bu anlamda farklı ilçelerde, farklı fizyografyalardaki narenciye bahçelerinde, toprak kalite göstergeleri skorlanmış ve alandaki dağılımları haritalandırılmıştır. Bu bireysel skorlamaların bütünleştirilmesiyle oluşturulan Finike ilçesine ait Toprak Kalite İndeksi-1 (TKİ-1) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.20). Ayrıca bu çalışma kapsamında doğrusal olmayan yöntemlerle geliştirilen katyon değişim kapasitesi skorlaması da haritalandırılmıştır. Katyon değişim kapasitesinin, toprak kalitesine etkisini harita üzerinde göstermek için, katyon değişim kapasitesi skoru, diğer gösterge skorlarına dahil edilmiş ve Toprak Kalite İndeksi-2 (TKİ-2) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.21). Skorlamaların sınıflandırılması, Gugino vd. (2009)'nın belirlediği sınıflara göre haritalandırılmıştır. Buna göre %40'dan düşük değerler çok düşük, %40-55 arasındaki değerler düşük, %55-70 arasındaki değerler orta, %70-85 arasındaki değerler yüksek ve %85'den büyük skor değerleri ise çok yüksek kaliteli olarak sınıflandırılmıştır.

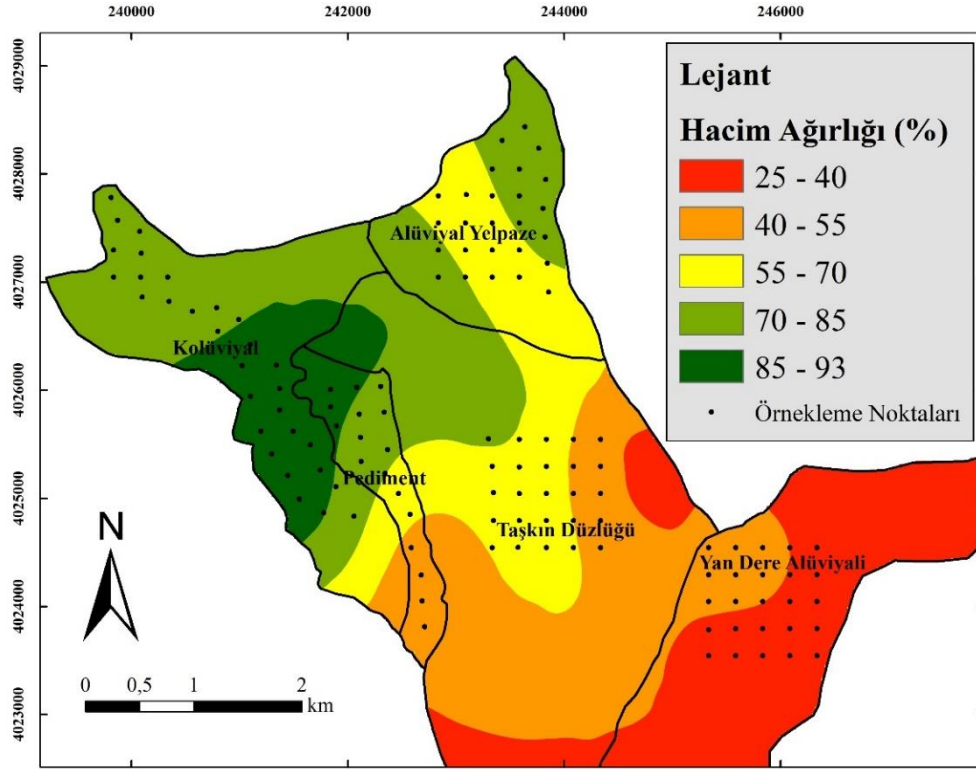
Kriging enterpolasyon yönteminde, ordinary tipi ile haritalanan skorlar, bu yöntemle ait farklı modellerden en uygun olanının seçimi ile belirlenmiştir. Üç farklı kriging modelinin (Gaussian, Exponential, Spherical) denenerek en uygun modelin bulunduğu bu haritalama çalışmasında, modellere ait RMS (Karekök Ortalama Hatası), RMSS (Karekök Ortalama Standartlaştırılmış Hata) ve ASE (Ortalama Standart Hata) değerleri dikkate alınarak haritalandırılmıştır. RMS, tahmin hatalarının büyüklüğünü ölçerken, RMSS tahmin edilen belirsizliğin güvenilirliğini değerlendirir. RMS değeri ne kadar küçükse, modelin tahminleri o kadar doğrudur. ASE değeri ise modelin tahmin edilen hata varyansını gösterir ve modelin tahmin ettiği belirsizlikleri özetler. Modeller belirlenirken, RMS değeri en düşük olan modelin seçilmesine dikkat edilmiştir. Bunun yanı sıra RMSS değerinin 1'e yakın olmasına ve ASE değerinin de RMS değeri ile uyumlu olmasına dikkat edilmiş, ardından aralarındaki farkın en az olduğu model seçilmiştir. Modellere ait bu değerler Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Finike ilçesinin kalite skorlarına ait semivaryogram modellerinin RMS, RMSS ve ASE değerleri

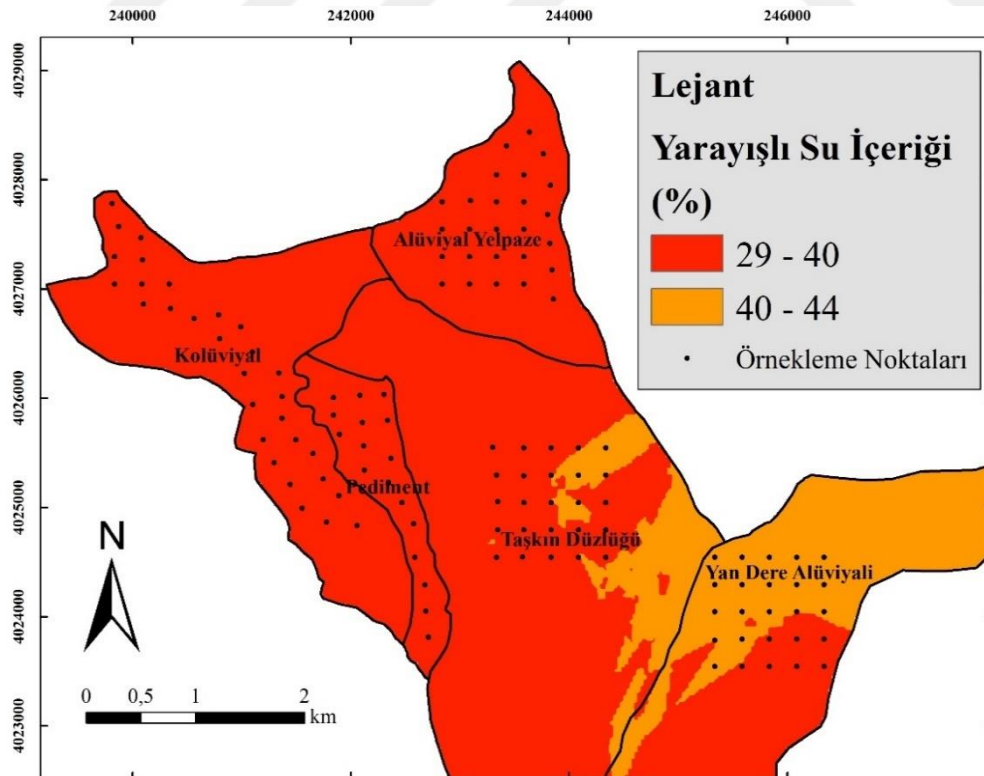
RMS değerleri													
	HA	YSİ	SDGH	pH	P	SAR	K	OK	MBK	BGEA	TKİ1	KDK	TKİ2
Gaussian	0,2250	0,0922	0,1657	0,0261	0,2129	0,0853	0,1329	0,2355	0,2811	0,2265	6,2393	0,1448	5,8819
Exponential	0,2261	0,0921	0,1653	0,0262	0,2110	0,0853	0,1332	0,2357	0,2809	0,2263	6,2774	0,1426	5,9049
Spherical	0,2253	0,0921	0,1646	0,0261	0,2110	0,0854	0,1330	0,2355	0,2810	0,2268	6,2497	0,1428	5,8863
RMSS değerleri													
Gaussian	1,0190	0,9798	0,9967	0,9873	1,0191	0,9989	0,9354	0,9495	1,0025	0,9942	0,9962	1,0705	0,9289
Exponential	1,0644	0,9778	0,9976	0,9869	0,9758	0,9800	0,9259	0,9568	1,0034	1,0162	1,0148	0,9937	0,9654
Spherical	1,0523	0,9778	1,0137	0,9832	0,9758	0,9967	0,9246	0,9495	1,0010	1,0188	1,0045	0,8177	0,9436
ASE değerleri													
Gaussian	0,2212	0,0941	0,1671	0,0265	0,2089	0,0854	0,1421	0,2480	0,2806	0,2281	6,2701	0,1359	6,3410
Exponential	0,2128	0,0942	0,1662	0,0266	0,2161	0,0871	0,1438	0,2463	0,2803	0,2227	6,1985	0,1433	6,1297
Spherical	0,2144	0,0942	0,1633	0,0266	0,2161	0,0857	0,1438	0,2480	0,2810	0,2227	6,2312	0,1750	6,2488

Hacim ağırlığı skorları genellikle yan dere alüviyalı ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında çok düşük ve düşük sınıfta haritalandırılırken, alüviyal yelpaze, pediment ve kolüviyal fizyografyalarda yüksek ve çok yüksek olarak haritalandırılmıştır (Şekil 4.9). Buna göre, yan dere alüviyalı için detaylı bir şekilde anlatılmış olan toprak sıkışması ve kil tekstüre nedeniyle ile çok düşük olarak skorlanmıştır. Buna karşın kolüviyal fizyografyada organik madde ve tınlı tekstüre nedeniyle yüksek ya da çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır.

Yarayışlı su içeriği, neredeyse bütün fizyografyalarda çok düşük olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.10). Farklı fizyografyalarda karşımıza çıkan toprak sıkışması skorun düşük çıkmasında önemli rol oynamıştır.

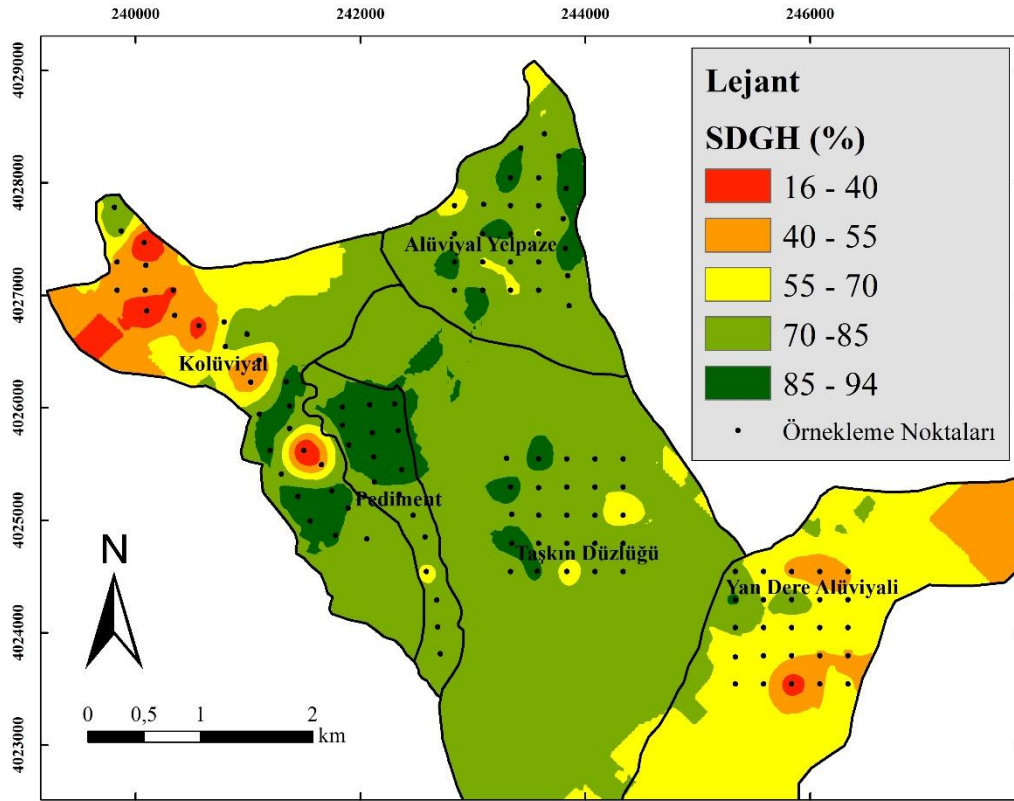


Şekil 4.9. Finike ilçesi hacim ağırlığı skor haritası



Şekil 4.10. Finike ilçesi yarayırlı su içeriği skoru

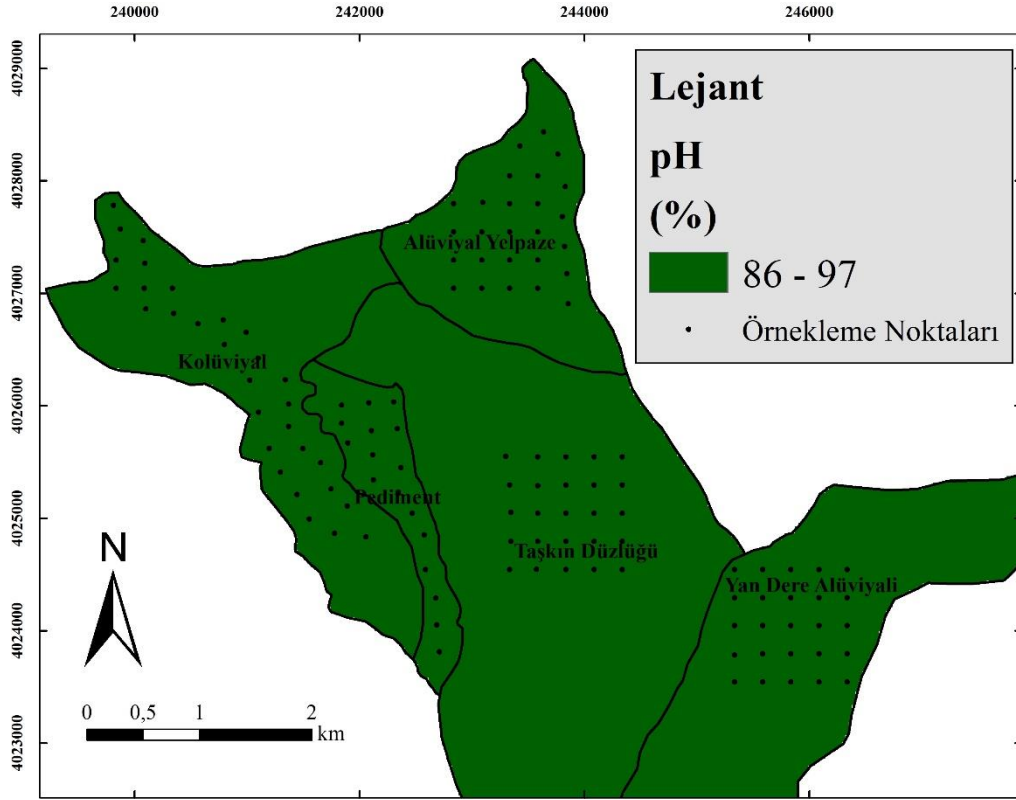
Su dolu gözenek hacmi, Finike ilçesinde farklı sınıflarda yer almıştır. Daha çok yüksek skorların dağılımının görüldüğü alanda, yan dere alüvyali ve kolüviyal fizyografyadaki düşük skorlar dikkat çekmektedir. Yan dere alüvyalindeki toprak sıkışması sonucu azalan gözeneklilik nedeniyle ve kolüviyal arazilerde de tınlı tekstüre bağlı, suyun hızlı infiltrasyonu nedeniyle, su dolu gözenek skoru üzerinde olumsuz etki yaratmıştır. Toprakların sahip olduğu olumsuz fiziksel özellikleri nedeniyle alüviyal yelpaze, taşkın düzlüğü ve pediment fizyografyalarında SDGH yüksek ve çok yüksek olarak haritalanmıştır.



Şekil 4.11. Finike ilçesi su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru

Araştırma alanında pH skorları, tüm fizyografik ünitelerde çok yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12). Ana materyalin kireçli olmasından nedeniyle, bazı fizyografik ünitelerde hafif alkali pH'ya rağmen, pH skorlarının yüksek olmasını etkilememiştir. Bu sonuç, pH skorunun diğer skorlara katkıda bulunduğunu göstermektedir.

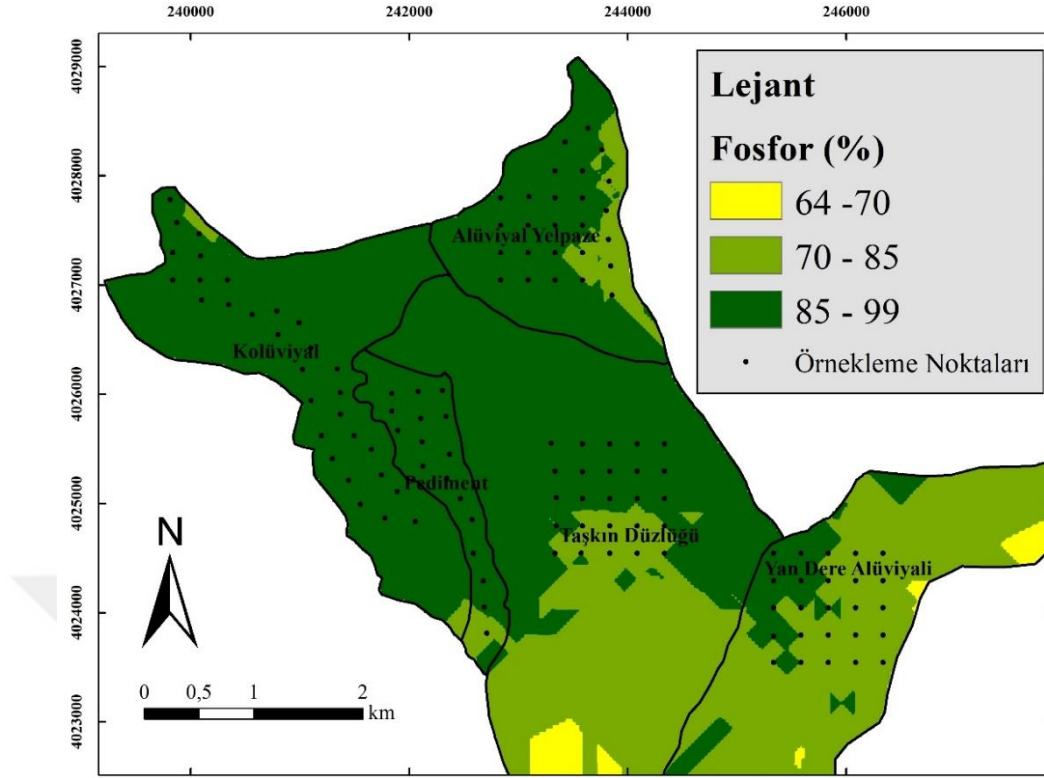
Araştırma alanında elektriksel iletkenlik skorlarının tüm fizyografik ünitelerde yaklaşık olarak aynı seviyelerde olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Bu homojen dağılım nedeniyle, kriging interpolasyon yöntemleri kullanılarak, anlamlı bir haritalandırma yapılamamıştır. Elektriksel iletkenliğin düşük varyansı, mekansal analiz ve modelleme açısından, kriging yönteminin etkinliğini sınırlamış ve bu parametrenin detaylı mekansal dağılımda yetersiz kalmasına yol açmıştır.



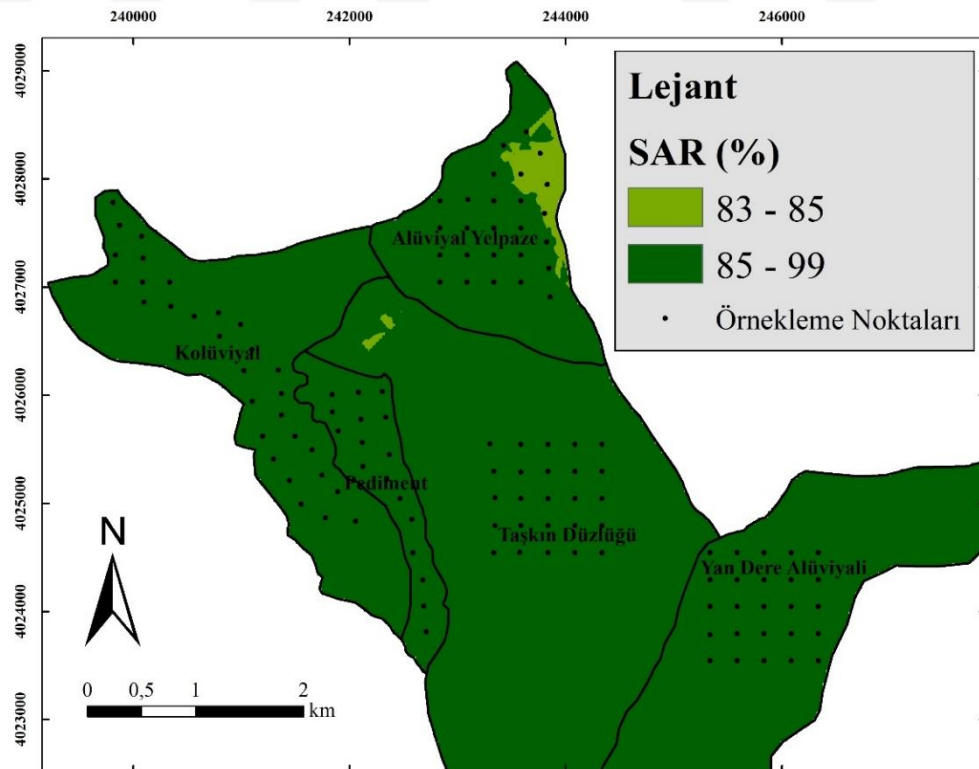
Şekil 4.12. Finike ilçesi pH skoru

Araştırma alanında fosfor skorları, çeşitli fizyografik ünitelerde, genellikle çok yüksek ve yüksek seviyelerde tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Ancak, taşkın düzlüğünün belirli bir bölümünde, özellikle kireç içeriğinin yüksek olduğu alanlarda, fosfor skorlarının düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, kirecin topraktaki fosforun birçok özelliğini sınırlandırmasıyla ilişkilendirilebilir. Yüksek kireç içeriği, fosforun bitkiler tarafından alınımı engelleyen kimyasal reaksiyonlara neden olmakta ve bu durum taşkın düzlüğünün, spesifik bölgesinde yüksek fosfor skorlarına yol açmaktadır. Benzer şekilde, alüviyal yelpaze fizyografyasının bazı bölgelerinde de yüksek kireç içeriği, fosfor skorlarının çok yüksek olmasını engellemiştir.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) skorları, daha önceki bölümlerde de ayrıntılı olarak açıklandığı üzere, araştırma alanındaki topraklarda önemli sorun teşkil edecek seviyelerde değildir (Şekil 4.14). Bölgedeki SAR değerleri, toprak verimliliğini veya bitki gelişimini olumsuz etkileyecek kritik eşiklerin altında kalmakta, bu da sodyumla ilişkili olumsuz etkilerin en az düzeyde olduğunu göstermektedir.

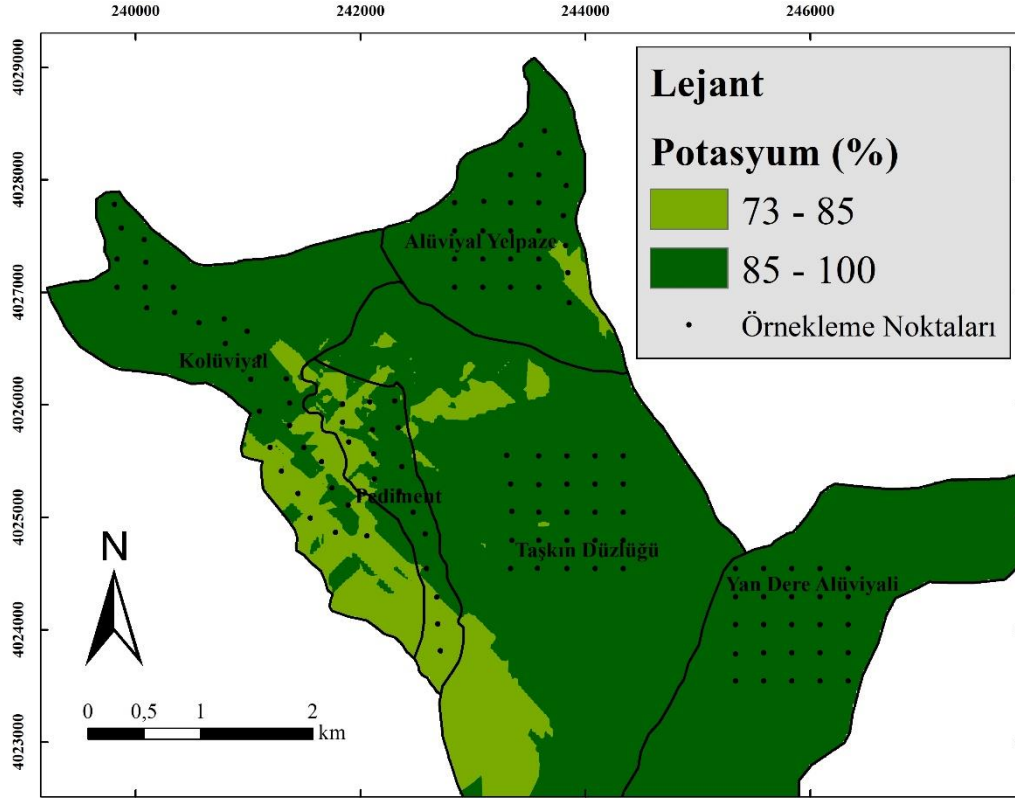


Şekil 4.13. Finike ilçesi fosfor skoru



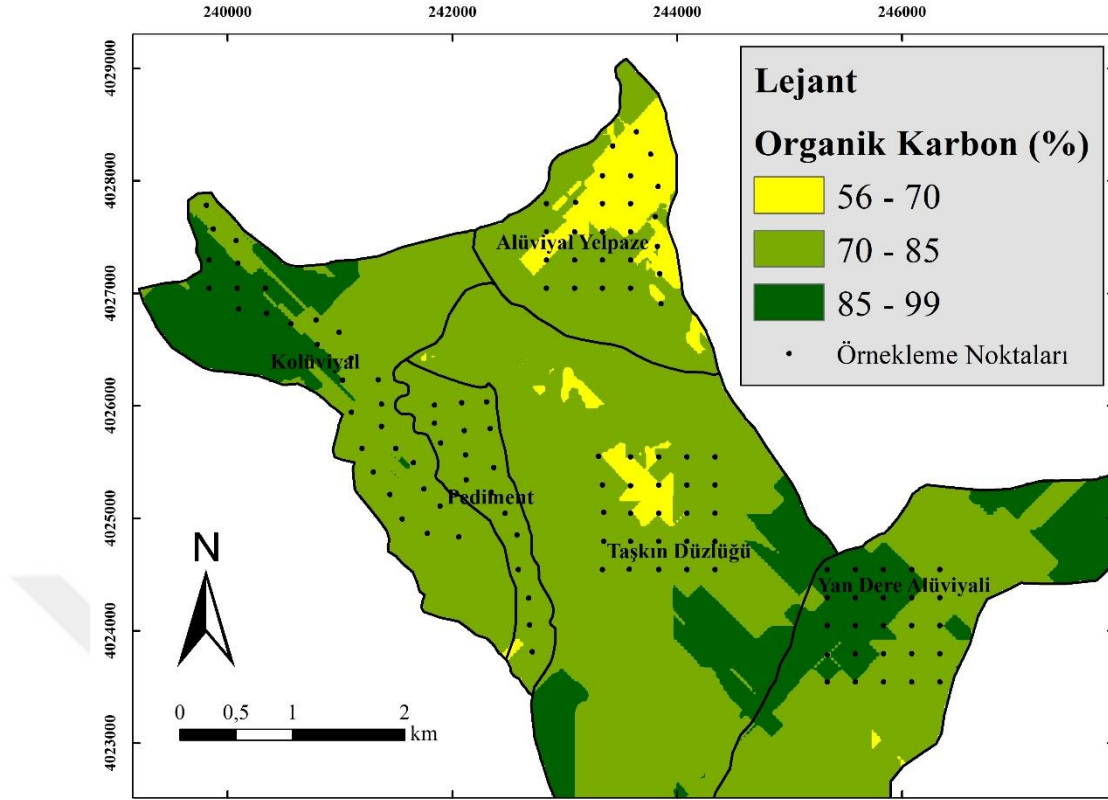
Şekil 4.14. Finike ilçesi SAR skoru

Araştırmanın birçok bölümünde potasyum skorları, genellikle çok yüksek ve yüksek seviyelerde belirlenmiştir (Şekil 4.15). Pediment ve kolüviyal fizyografyalarında eğimin fazla olduğu bölgelerde potasyum skorları yüksek olarak tespit edilmiştir. Potasyum değerlerinin yüksek olmasının nedeninin, narenciye bahçelerinde yapılan gübre uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



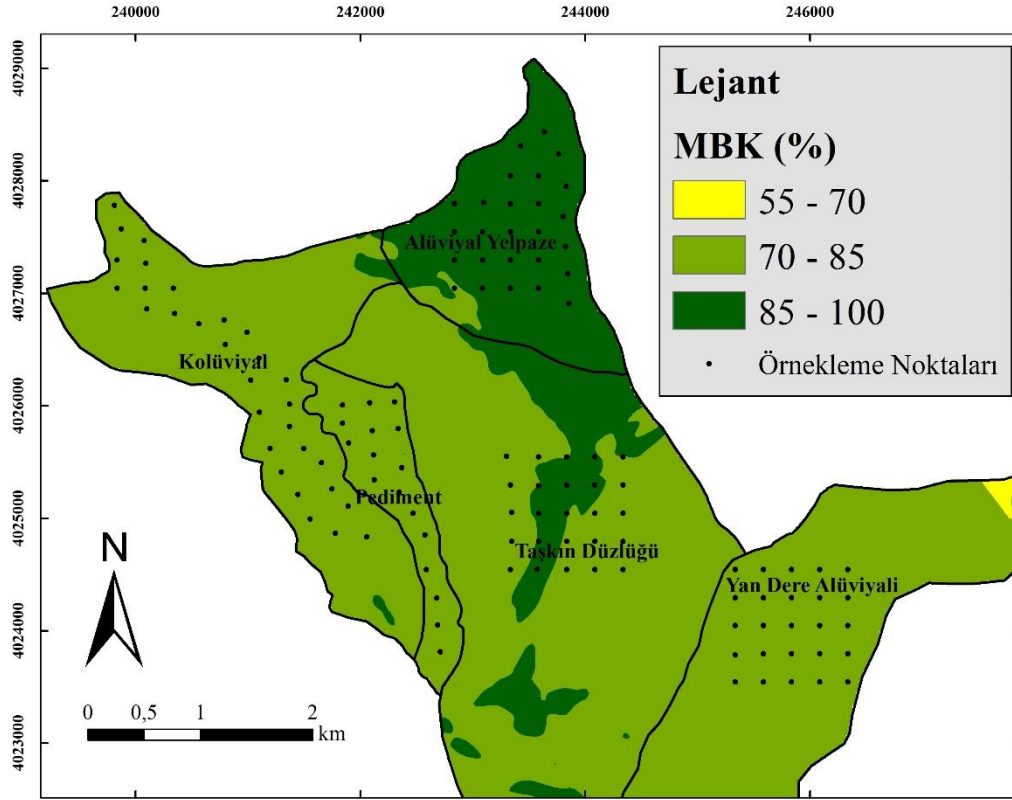
Şekil 4.15. Finike ilçesi potasyum skoru

Araştırma alanının büyük bir bölümünde organik karbon skoru, yüksek olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.16). Ancak, taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpazenin özellikle üst ve orta zonlarında, toprak tekstüründen kaynaklanan nedenlerle (orta-kaba) iyi havalandan, hızlı drene olabilen topraklarda organik madde mineralizasyonu hızlı gerçekleşmektedir. Bu durumda organik karbon skoruna etki etmektedir.



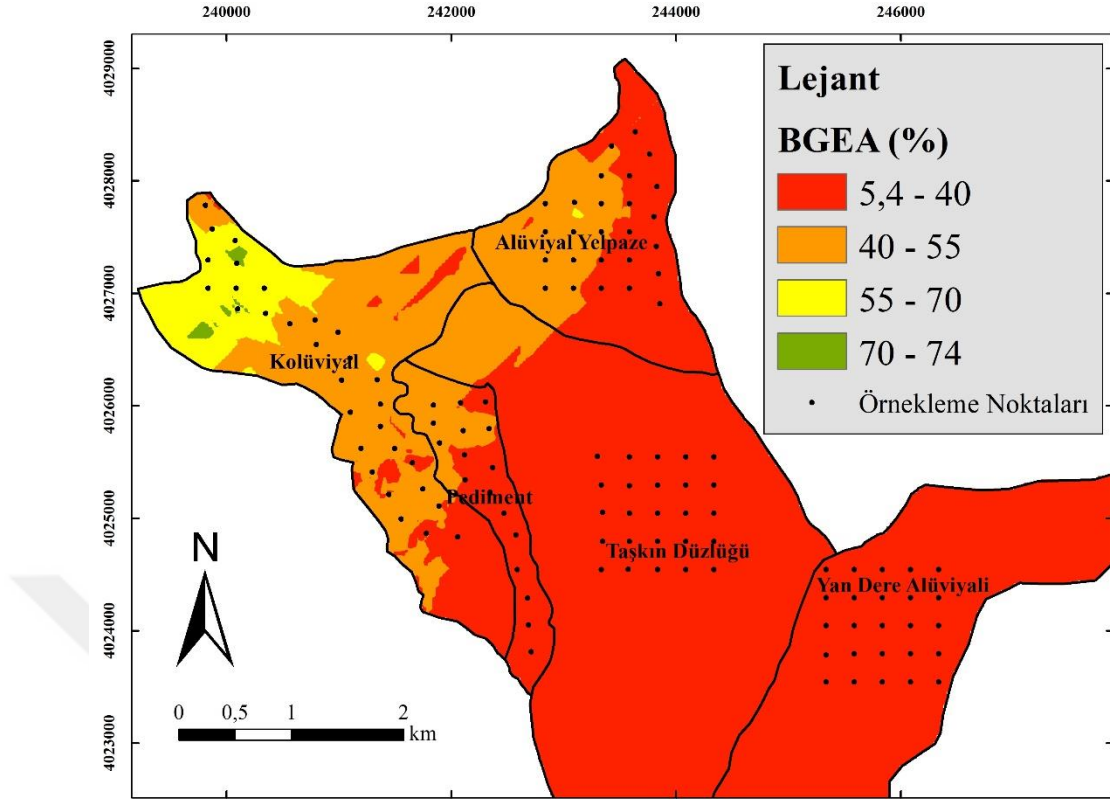
Şekil 4.16. Finike ilçesi organik karbon skoru

Araştırma alanında mikrobiyal biyokütle karbonu skoru, genellikle yüksek veya çok yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 4.17). Ancak, alüviyal yelpaze ve bazı taşkın düzlüğü fizyografyalarında organik karbon skorunun orta düzeyde olmasına rağmen mikrobiyal biyokütle karbonu skorunun yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Bu iki göstergenin genellikle benzerlik göstermesi beklenirken, aralarındaki bu zıtlık dikkat çekicidir. Söz konusu zıtlığın mikrobiyal biyokütle karbonunun sadece organik karbon miktarına değil, aynı zamanda toprak yapısı, nem durumu, besin maddeleri ve mikrobiyal aktiviteyi destekleyen diğer faktörlere de bağlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Alüviyal yelpaze ve taşkın düzlüklerinde, organik karbon seviyeleri orta düzeyde olsa da bu bölgelerdeki mikroorganizmalar için uygun nem, sıcaklık ve besin koşulları, mikrobiyal biyokütle karbonunun yüksek olmasına katkıda bulunabilir (Banerjee vd. 2006). Özellikle taşkın düzlükleri, suyun düzenli olarak taşınımı ve besin maddelerinin yenilenmesi nedeniyle mikroorganizmalar için elverişli bir ortam sağlayabilir. Bu faktörler, mikrobiyal biyokütle karbonunun yüksek seviyelerde tespit edilmesini açıklamaktadır.



Şekil 4.17. Finike ilçesi mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) skoru

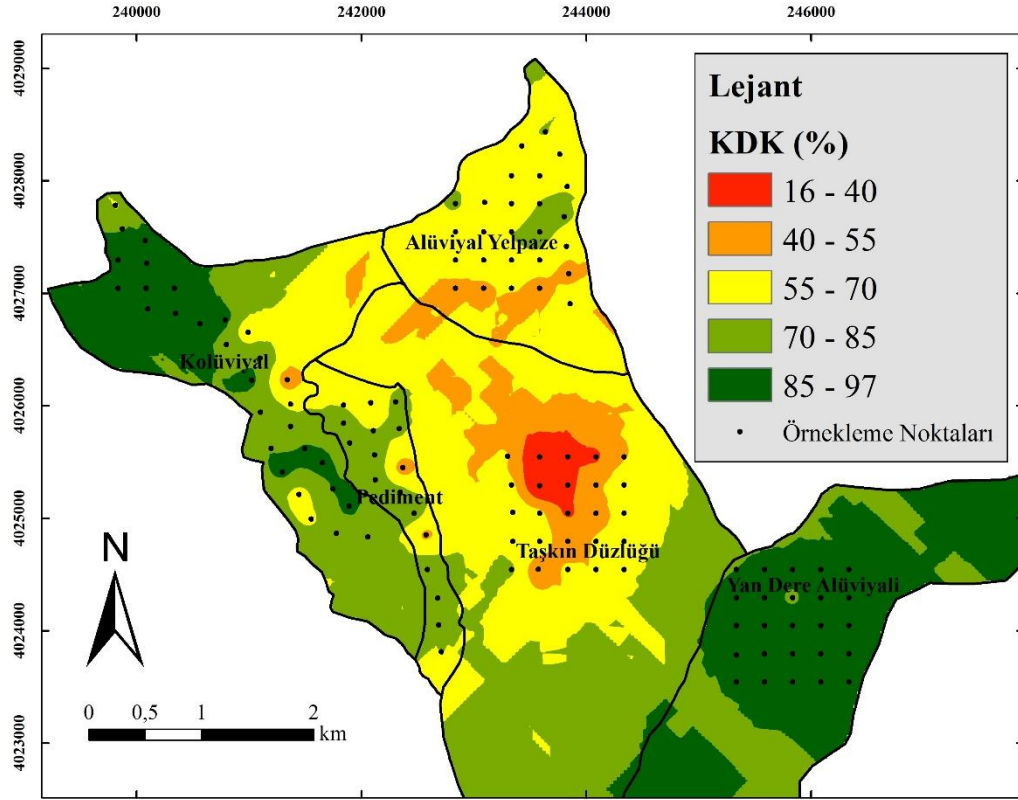
Araştırma alanında beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru, büyük bir bölümde çok düşük ve düşük seviyelerde skorlanarak haritalanmıştır (Şekil 4.18). BGEA skorunun, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu skorları ile benzerlik göstermesi beklenirken, bu göstergelerin aksine BGEA skorlarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu zıtlık, beta glikosidaz enzim aktivitesinin sadece organik karbon ve mikrobiyal biyokütle miktarına değil, aynı zamanda toprak pH'sı, nem durumu, enzim aktivitesi için substrat mevcudiyeti ve diğer çevresel koşullara da bağlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kolüviyal fizyografyanın ise belirli bir bölümünde BGEA skoru, orta ve yüksek seviyelerde saptanmıştır. Bu durum, yukarıda da belirtildiği gibi enzim aktivitesinin ortaya çıkmasındaki şartların durumu ile ilgilidir.



Şekil 4.18. Finike ilçesi beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) skoru

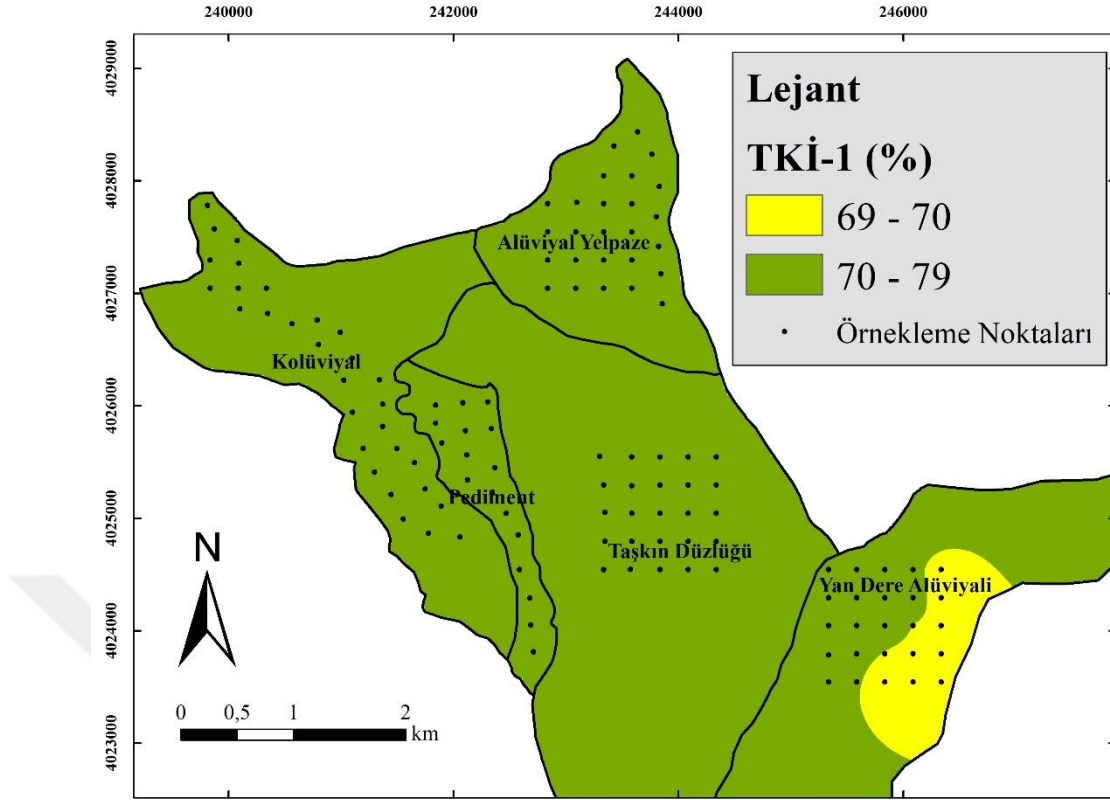
Doğrusal olmayan yöntemlerle ilk defa bu çalışmada skorlanan katyon değişim kapasitesi (KDK) göstergesi, yan dere alüviyalı ve kolüviyal fizyografyalarda çok yüksek ve yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında KDK skorları çok düşük ve düşük olarak saptanmıştır.

Bu durum, fizyografik ünitelerin karakteristik özellikleri ile ilişkilendirilebilir. Özellikle yan dere alüviyalleri yüksek kil tekstürlü topraklara sahiptir. Bu killerin analizi sonucunda ağırlıklı olarak montmorillonit olduğu, bilinmektedir (Çizelge 4.11). Finike’de yer alan kolüviyal arazi ise, yoğun olarak organik madde gübrelemesine maruz kalan bir bahçe olması nedeniyle yüksek organik maddeden kaynaklanan yüksek skoru geliştirmiştir. Tüm bu gerekçeler, toprakların katyon değişim kapasitelerinin yüksek skorlanmasına neden olmuştur. Öte yandan, taşkın düzlüğü fizyografyası tıpkı yan dere alüviyalı gibi killi malzemelere sahip olsa da kil miktarları açısından ciddi bir fark bulunmaktadır. Taşkın düzlüğünde kil miktarı ortalama %23 iken yan dere alüviyalinde kil miktarı ortalama %60 civarındadır. Alüviyal yelpaze fizyografyası ise Finike topraklarında, yelpazenin üst ve orta zonlarda yer aldığı için diğer fizyografyalara göre orta ve kaba tekstüre sahiptir. Bu durum, doğrudan KDK miktarı ve skorunu etkilemektedir.



Şekil 4.19. Finike ilçesi katyon değişim kapasitesi (KDK) skoru

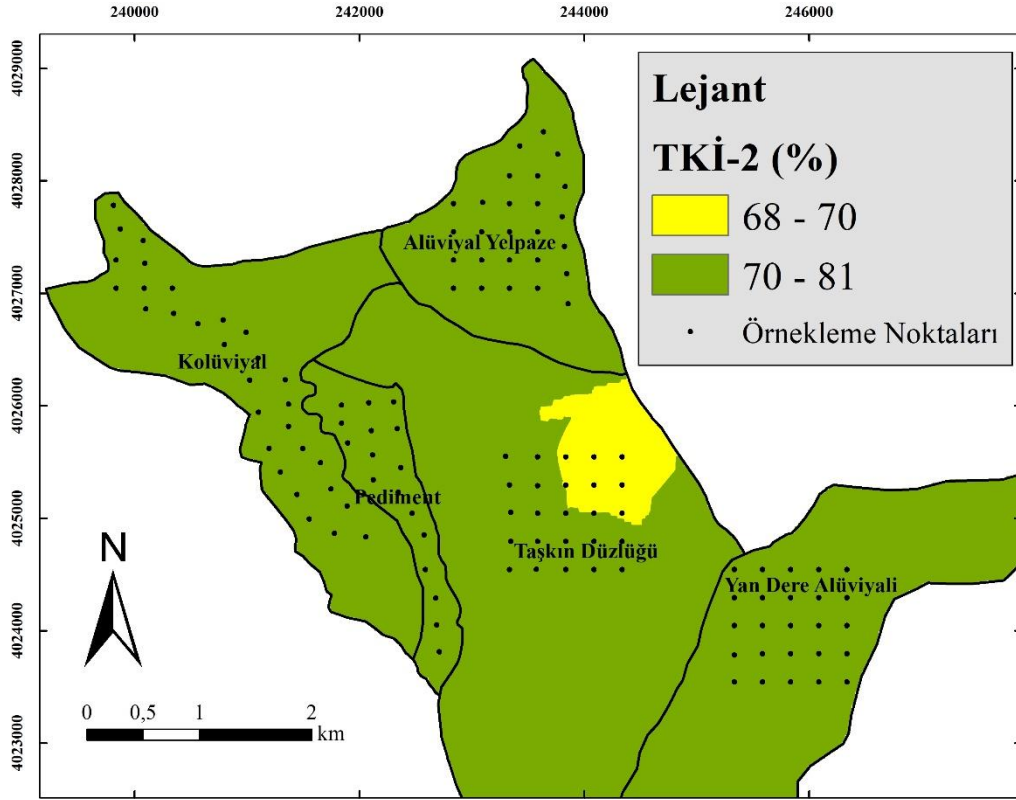
Toprak Kalite İndeksi-1, katyon değişim kapasitesi skoru dahil edilmeden, SMAF'ta mevcutta kullanılan 11 göstergenin birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir haritadır (Şekil 4.20). Bu harita, araştırma alanındaki narenciye arazileri hakkında kapsamlı bilgi içermektedir. Elde edilen skorlama haritasına göre, araştırma alanının toprakları, genel olarak yüksek skorlarla değerlendirilmiştir. Ancak, yan dere alüvyali fizyografyasının bazı bölgelerinde, orta düzeyde skorlar gözlemlenmiştir. Bu durum, bu bölgelerdeki toprak sıkışmasının ve organik madde miktarının düşüklüğünün bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Yan dere alüvyali fizyografyasının karakteristik özellikleri, suyun hızlı hareketi ve sediment birikimi nedeniyle organik madde birikiminin sınırlı olmasına ve toprak yapısının sıkışmasına neden olabilmektedir. Bu sonuçlar, fizyografik özelliklerin toprak kalitesini ve skorlama sonuçlarını önemli ölçüde etkilediğini göstermekte olup, narenciye arazilerinin yönetimi ve iyileştirilmesi için dikkate alınması gereken önemli bulgular sunmaktadır.



Şekil 4.20. Finike ilçesi toprak kalite indeksi-1 (TKİ-1) skoru

Toprak Kalite İndeksi-2 (TKİ-2) skoru, TKİ-1'den farklı olarak KDK skorunun eklenmesiyle oluşturulmuştur. TKİ-1 ve TKİ-2 skorlama haritaları yüzeysel olarak benzer görünse de, KDK skorunun eklenmesi ile önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. KDK skoru eklenmeden önce, orta düzeyde sınıflandırılan yan dere alüviyalı fizyografyası, KDK skorunun eklenmesiyle TKİ-2 haritasında yüksek skor sınıfına geçmiştir. Bu değişim, KDK'nin bu bölgede yüksek olmasıyla açıklanabilir. Öte yandan, KDK skoru eklenmeden önce, tamamı yüksek skor sınıfına sahip olan alüviyal yelpaze fizyografyası, KDK skorunun eklenmesiyle bazı bölgelerinde orta skor olarak sınıflandırılmıştır. Bu farklılığın temel nedeni, katyon değişim kapasitesini doğrudan etkileyen kil miktarının alüviyal yelpaze fizyografyasındaki toprak tekstürüne bağlı olarak değişmesidir. Alüviyal yelpazede daha çok, tınlı ve kumlu tınlı topraklar bulunmakta olup, bu topraklar kil içeriği bakımından zengin değildir. Kil içeriğinin düşük olması, TKİ-2'de bu bölgelerin orta skor düzeyinde sınıflandırılmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak, TKİ-2'nin oluşturulmasında, KDK skorunun eklenmesi, fizyografik ünitelerin toprak kalitesi üzerindeki etkisini daha hassas bir şekilde yansıtmış ve bu değişkenin toprak kalitesi üzerindeki kritik rolünü ortaya koymuştur. Bu bulgular, tarımsal verimlilik ve toprak yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde KDK'nin önemini vurgulamaktadır.



Şekil 4.21. Finike ilçesi toprak kalite indeksi-2 (TKİ-2) skoru

4.3. Kemer ilçesinin toprak özellikleri ve kalite değerlendirmesi

Araştırmaya konu olan Kemer ilçesindeki narenciye arazilerinde, 6 farklı fizyografya tespit edilmiştir. Her bir fizyografyayı temsilen açılan profil çukurlarında morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analizler yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre farklı fizyografyalarda belirlenmiş her bir profilin ve grid örneklerinin tanımlayıcı istatistik verileri belirlenmiştir. Ayrıca 579 ha alanda 112 grid noktasında toprak kontrolü, örnekleme ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kemer ilçesinin Çamyuva ve Kiriş mahallelerinde yapılan bu araştırma alanını, iki mahallenin tam ortasından geçen Ağva deresi şekillendirmiştir. Kiriş mahallesinin kuzey batısındaki tepenin eğimli arazilerinin düzlüğe kavuştuğu yerlerde pediment fizyografyası (P.6), pedimentlerin üst kısmında bajada fizyografyası (P.7), bunların dışında, Kemer ilçesinde, yan dere alüviyalı fizyografyası (P.8), kolüviyal fizyografyası (P.9), nehir sırtı fizyografyası (P.10) ve taşkın düzlüğü fizyografyası (P.11) tanımlanmıştır.

4.3.1. Morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analiz sonuçları

Pediment

Kiriş mahallesinde tanımlanan pediment fizyografyası için P.6 profili tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı arazi % 0-2 eğime sahip, denizden yüksekliği 17 m, drenajı iyi, taban suyu dönemsel olarak 63 cm'e kadar yükselebilen, Soil Taxonomy'e göre Typic Xerorthents olarak tanımlanmıştır. Profile ait morfolojik özellikler Çizelge 4.16'de verilmiştir.

Yapılan morfolojik tanımlamalara göre profilde Ap, A2, AC, 2C1, 2C2 ve 3C horizonları tanımlanmıştır. Pediment fizyografyasında yer alan bu profil geçmişte Ağva deresinin taşkınlarından etkilenmiştir. Ap horizonu pembemsi gri (5YR 6/2), A2 horizonu gri (5YR 5/1), AC horizonu gri (7.5 YR 5/1), 2C1 ve 2C2 horizonlar koyu gri (7.5 YR 4/1) ve 3C horizonu kahverengi (7.5 YR 4/2) olarak okunmuştur. Horizonlarda genel olarak siltli kil tın, kumlu tın, tın, siltli kil, killi tın tekstürleri tanımlanmıştır. Ap ve A2 horizonların da yarı köşeli blok, AC, 2C1 ve 2C2 horizonlarında köşeli blok ve 3C horizonunda köşeli blok strüktür tespit edilmiştir. Tüm profilde nemli kıvam sıkı olarak tanımlanmıştır. Yaş kıvam ise, Ap horizonunda az yapışkan az plastik, A2 horizonu yapışkan plastik, AC horizonu yapışkan değil plastik değil, 2C1 ve 2C2 horizonları yapışkan plastik olarak belirlenmiştir. Profilin sadece üst horizonları (Ap ve A2) kireçli olarak tanımlanırken diğer horizonlar çok kireçli olarak bulunmuştur. Ap horizonunda seyrek ince saçak kökler varken, diğer horizonlarda (A2, AC, 2C1) çok seyrek çok ince saçak kökler tanımlanmış, 2C2 ve 3C horizonlarında kök gelişimine rastlanılmamıştır. A2 horizonunda bulunan 0,5 ve 2 cm çaplı alüviyal kökenli taşlar, hemen üstündeki daha az taşlı Ap horizonuyla birlikte akarsu taşkınının profil içerisinde derinlemesine dereceleme yaptığıının bir kanıtıdır. Ayrıca 2C1, 2C2 ve 3C horizonlarında yoğun pas lekeleri görülmüştür.

P.6 profiline ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. P.6 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	30.06.2022
Konumu:	36°34'29" K – 30°33'41" D
Yükseklik:	17 m
Fizyografik konumu:	Pediment
Eğim derecesi ve yönü:	% 0-2 KD-GB
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Zaman zaman 63.cm'e kadar yükselebilen
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	Yok
İnsan etkisi:	25 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-25	Pembemsi gri (5YR 6/2) yaş; siltli killi tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan, az plastik; kireçli; az taşlı; ince seyrek saçak kök; akarsu taşkını sonucu birikmiş malzeme; belirgin düz sınır.
	A2	25-44	Gri (5YR 5/1) yaş; siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan, plastik; kireçli; az taşlı; çok ince çok seyrek saçak kök; 0,5-2 cm çaplı yoğun alüviyal kökenli taş parçaları, akarsu taşkını sonucu birikmiş malzemeler; belirgin düz sınır.
	AC	44-63	Gri (7,5YR 5/1) yaş; kumlu tın/tın; orta orta köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan değil plastik değil; çok kireçli; taşsız; çok ince çok seyrek saçak kök; akarsu taşkını sonucu birikmiş malzeme; belirgin düz sınır.
	2C1	63-85	Koyu gri (7,5YR 4/1) yaş; siltli kil/killi tın; orta orta köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşlı; çok ince çok seyrek saçak kök; orta yoğunlukta pas lekeleri; 1-10 cm çap alüviyal kökenli çakıl, pediment; belirgin düz sınır.
	2C2	85-109	Koyu gri (7,5YR 4/1) yaş; siltli killi tın/killi tın; orta orta köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan, plastik, çok kireçli; taşsız; yoğun pas lekeleri, pediment; belirgin düz sınır
	3C	109+	Kahverengi (7,5YR 4/2) yaş; kumlu killi tın; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken sıkı yaş iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; taşsız; yoğun pas lekeleri; pediment

Çizelge 4.17. P.6 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	21.5	41.1	37.5	CL	1.35	20.27	12.30	7.97	0.39	0.20	0.19	0.53
A2	29.8	42.6	27.7	CL	1.44	19.34	10.54	8.80	0.36	0.19	0.17	0.53
AC	35.8	42.5	21.7	L	1.40	18.84	14.31	4.53	0.36	0.19	0.17	0.52
2C1	45.0	27.7	27.3	CL	1.52	21.03	12.10	8.93	0.41	0.21	0.20	0.51
2C2	29.6	40.9	29.5	CL	1.42	19.25	10.84	8.41	0.37	0.19	0.18	0.52
3C	41.8	36.4	21.8	L	1.55	21.76	15.88	5.88	0.38	0.22	0.16	0.58

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGE A	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.08	0.386	25.30	2.2	5.56	0.07	140.40	27.70	39.58	31.98	4.30	0.21	1.43
A2	7.28	0.280	25.30	1.6	4.20	0.08	120.00	8.66	27.62	22.24	2.36	0.16	0.53
AC	7.29	0.255	30.30	2.3	3.60	0.05	136.80	5.49	33.71	28.90	1.91	0.14	0.36
2C1	7.15	0.237	22.50	1.1	4.22	0.06	56.40	6.17	25.47	21.41	2.16	0.15	0.38
2C2	7.22	0.241	26.10	1.9	3.90	0.08	13.20	5.03	31.69	25.75	3.16	0.20	0.62
3C	7.23	0.240	30.60	0.7	3.45	0.17	14.40	5.03	29.83	25.19	3.14	0.23	0.53

Kemer ilçesinde pediment fizyografyası için tanımlanan P.6 profilinde, pH değerleri 7.08-7.29 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.17). Nötr olarak sınıflandırılan bu değerlerler bitki yetiştiriciliği için uygun olarak görülmektedir. Profildeki kireç içeriği ortalama %25.30-30.60 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Bu değerler FAO (2006) sınıflandırmasına göre çok yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır. Bütün horizonları çok kireçli olarak sınıflandırılan P.6 profilinde, litolojik kesilmeden sonraki horizonlarda üst horizonlara göre nispeten daha az kireç oranı tespit edilmiştir. Gerek profilin bulunduğu toprakları oluşturan ana materyal, gerekse bu toprakları besleyen su kaynakları, profilin kireç miktarını arttırmıştır. Bu yüksek kireç içeriği bitkilerin beslenmesinde, özellikle fosfor, demir ve çinko gibi besin elementlerinin bitkiye yararlılığını olumsuz etkileyecektir (Xie 2019). Bu sebeple yapılacak olan bitki besleme uygulamalarında asidik karakterli gübre kullanımı önem arz etmektedir.

Yapılan incelemelerde elektriksel iletkenlik değeri 0.237-0.386 dSm⁻¹ arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). Bu değerler profilin tanımlandığı bölgede tuzluluk probleminin olmadığını göstermektedir. Ayers ve Wespott (1985) narenciye ağaçlarının bulunduğu arazilerde, elektriksel iletkenlik için sınır değerlerinin 1.8 dS m⁻¹ olması gerektiğini, bu değer aşıldığı durumlarda verim kayıpları yaşanabileceğini belirtmişlerdir.

Toprakların organik madde miktarı, topraklardaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin üzerinde etkilidir. P.6 profilinde organik madde miktarı %0.7-2.3 arasında değişmektedir (Çizelge 4. 17). Profilin Ap, A2 ve AC horizonlarında orta düzeyde organik madde olarak bulunurken, litolojik kesilmeden sonraki 2C1, 2C2 ve 3C horizonlarında organik madde düşük olarak sınıflandırılmıştır.

Mikrobiyal biyokütle karbon değeri profil içerisinde 13.20-140.40 mg/kg arasında

değişmektedir (Çizelge 4.17). Organik madde içeriğine paralel olarak Ap, A2 ve AC horizonlarında mikrobiyal biyokütle karbon değeri yüksek çıkmıştır. Litolojik kesilmeden sonraki horizonlarda ise bu değer çok düşük olarak tespit edilmiştir. Buradan da anlaşılabileceği üzere mikrobiyal biyokütle karbonunun kaynağı, organik maddenin sağladığı biyokütle karbon varlığı olarak görülmektedir.

Toprağın bir diğer biyolojik göstergesi olan beta glikosidaz enzimi aktivitesi değeri toprakta bulunan organik maddenin parçalanmasında önemli role sahiptir. P. 6 profilinde beta glikosidaz enzimi aktivitesi değerleri 5.03-27.70 µg/g arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Beta glikosidaz enzimi aktivitesi sadece Ap horizonunda yüksek çıkmış diğer horizonlarda oldukça düşük değerlerde tespit edilmiştir. Bu azalma da organik madde miktarındaki azalmayla ilişkilendirilebilir.

P.6 profilinde sodyum adsorpsiyon değerleri 07.05-0.17 arasında değişmektedir (Çizelge 4. 17). Profil içerisinde SAR değeri için en fazla değişiklik 3C horizonunda tespit edilmiştir. Bu değer, değişebilir katyonlardan sodyumun artması, kalsiyum ve magnezyumun azalmasıyla doğrulanmaktadır. Yine de SAR değerleri bitkisel üretime sorun yaratacak düzeyde değildir.

Profildeki bütün horizonlarda tekstür morfolojik bulguları destekler nitelikte ve genellikle tın tekstür sınıfında yer almaktadır.

Kasyon değişim kapasitesi profil içerisinde 23.71-39.58 meq/100gr değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4. 17). KDK, kil miktarı, organik madde ve kil tipiyle doğrudan ilişkilidir. Profildeki kil miktarının ve organik maddenin düşük olduğu düşünüldüğünde, kasyon değişim kapasitesinin düşük olması muhtemel bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Fosfor bitki beslemede önemli bir makro elementtir. P.6 profilinde fosfor miktarı 3.45-5.56 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Profilde görülen fosfor miktarının az olması, yüksek kireç, düşük organik madde, hatalı ya da yetersiz fosfor gübrelmesi olduğu düşünülebilir.

Hacim ağırlığı değeri profil içerisinde ortalama 1.35-1.55 g/cm³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4. 17). Killi tın tekstüre sahip olan A2 horizonunda, hacim ağırlığının 1.44 g/cm³ olarak belirlenmesinin nedeninin pulluk katmanından kaynaklandığı düşünülmektedir.

P.6 profilinde solma noktası değerleri %10.54-15.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Profil boyunca genellikle tın tekstür sınıflarına dahil olan bütün horizonlar için solma noktası değeri literatürde (Hillel 1980) belirtilen değerlere uyum göstermektedir.

Tarla kapasitesi değeri P.6 profilinde %18.84-21.76 değerleri arasında değişmektedir. Bu değer tınlı topraklar için sınır değer kabul edilen %20-30 değerleri arasındadır (Çizelge 4. 17). Ancak sınır değerlere yakın olması da göz ardı edilmemelidir. Buna neden toprak sıkışması ve düşük organik madde miktarı gösterilebilir.

Bitkiye yarayışlı su içeriği, %4.53-8.93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Tınlı

topraklar için olması gereken yarayışlı su içeriği değeri (Hillel 1980) (%10-15) daha düşük olmasının nedeni yine toprak sıkışması ve düşük organik madde miktarı olarak karşımıza çıkmaktadır.

P.6 profilindeki toplam gözeneklilik değeri $0.36-0.41 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4. 23). Bu değer tınlı topraklar için literatürde belirtilen $0.40-0.60$ değerinden daha düşüktür.

P.6 profilindeki mikro gözenek miktarı $0.19-0.22 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Toprakta suyun ve havanın hareketiyle ilgili durumu yöneten makro gözeneklilik profil içerisinde $0.16-0.20 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Her ne kadar sıkışma olsa da, makro gözeneklilik bize, su ve havanın hareketinin bundan etkilenmediğini göstermektedir.

Profilde su dolu gözenek hacmi değeri $\%0.51-0.58$ değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.17). Bending vd. (2004) toprağın tekstür sınıfı ve organik madde miktarına bağlı olarak su ile dolu gözenek hacmi değeri $0.30-0.70$ değerleri arasında olduğunda, mikrobiyal aktivitenin bu durumdan olumsuz etkilenmeyeceğini bildirmiştir. P.6 profilinde ortalama SDGH bu sınırlar arasına girdiği için mikrobiyal aktivite için ciddi bir sorun yaşanmadığı düşünülmektedir.

Bajada

Pediment fizyografyasının kuzey batısında yer alan **bajada** fizyografyası için P.7 profili tanımlanmıştır. Morfolojik tanımlanın yapıldığı arazi, denizden yüksekliği 20 m, $\% 0-2$ eğime sahip, drenajı iyi, taban suyu olmayan, yüzeyde $\%2-5$ alanda $0,2-6 \text{ cm}$ yuvarlak çakıl taşlarının bulunduğu bir profildir. Soil Taxonomy (1998)'e göre Typic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. Profile ait morfolojik özellikler Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Yapılan morfolojik tanımlamalara göre profilde Ap, A2, 2C, 3C1, 3C2 horizonları tanımlanmıştır. Profil yapısı incelendiğinde, farklı zamanlarda farklı jeomorfolojik güçlerin bölgede etkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle 2C horizonunda bulunan alüvyal malzeme ve hemen altında bulunan 3C1 ve 3C2 horizonlarındaki kolüviyal kökenli malzemeler bunun bir göstergesidir. Ap horizonunda renk koyu kırmızımsı gri (5YR 5/2), A2 horizonunda kırmızımsı gri (5YR 5/2), 2C horizonunda gri (7.5 YR 5/1), 3C1 horizonunda kahverengi (7.5 YR 5/3) ve 3C2 horizonunda ise kahverengi (7.5 YR 5/2) olarak okunmuştur. Profilde tekstür tın, kumlu tın/tınlı kum, siltli killi tın/killi tın olarak sınıflandırılmıştır. Strüktür, Ap ve A2 horizonunda zayıf orta yarı köşeli blok, 2C horizonunda masif ve 3C1 ve 3C2 horizonlarında ise orta orta yarı köşeli blok olarak gelişmiştir. Ap, A2 ve 2C horizonlarında kıvam nemli iken dağılgan, yaş iken Ap horizonunda yapışkan, plastik değil, A2 ve 2C horizonlarında az yapışkan plastik değil olarak tespit edilmiştir. 3C1 horizonunda nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan plastik olarak tanımlanmıştır. Ap ve A2 horizonları çok kireçli olarak tespit edilirken, diğer horizonlarda aşırı kireçli bulunmuştur. Bütün profil taşlıdır. Ap horizonunda yaygın ince saçak kökler, A2, 2C ve 3C1 horizonunda yaygın orta saçak kökler, 3C2 horizonunda ise çok seyrek orta saçak kökler gözlemlenmiştir. Ap ve A2 horizonlarında $0.1-3 \text{ cm}$ çaplı alüviyal kökenli yoğun çakıl taşları, 2C horizonunda $0.1-3 \text{ cm}$ çaplı çakıl taşı bandı, 3C1 ve 3C2 horizonlarında $5-10 \text{ cm}$ çaplı kolüviyal kökenli, kenar ve köşeleri keskin, az

yoğun taşlar tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. P.7 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	30.06.2022
Konumu:	36°34'38" K – 30°33'29" D
Yükseklik:	20 m
Fizyografik konumu:	Bajada
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal + Kolüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%2-5 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yuvarlak, çakıl
İnsan etkisi:	13 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-13	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaşı; tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan yaşı iken az yapışkan, plastik değil; çok kireçli; taşlı; ince yaygın saçak kök; 0,1-3 cm çaplı alüviyal kökenli yoğun çakıl taşı; belirgin düz sınır.
	A2	13-32	Kırmızımsı gri (5YR 5/2) yaşı; tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan yaşı iken yapışkan değil, plastik değil; çok kireçli; taşlı; orta yaygın saçak kök; 0,1-3 cm çaplı alüviyal kökenli yoğun çakıl taşı; belirgin düz sınır.
	2C	32-67	Gri (7,5YR 5/1) yaşı; kumlu tın/tınlı kum; masif; nemli iken yapışkan değil plastik değil; aşırı kireçli; taşlı; orta yaygın saçak kök; 0,1-3 cm çaplı alüviyal kökenli çok yoğun çakıl taşı bandı; belirgin düz sınır.
	3C1	67-108	Kahverengi (7,5YR 5/3) yaşı; siltli killi tın/killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı yaşı iken yapışkan plastik; aşırı kireçli; taşlı; orta yaygın saçak kök; 5-10 cm çaplı kolüviyal kökenli az yoğun köşeli taşlar; belirgin düz sınır.
	3C2	108+	Kahverengi (7,5YR 5/2) yaşı; siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaşı iken yapışkan plastik; aşırı kireçli; taşlı; çok seyrek orta saçak kök; 5-10 cm çaplı kolüviyal kökenli az yoğun köşeli taşlar

P.7 profiline ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.19. P.7 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	41.7	33.2	25.1	L	1.46	29.50	16.20	13.30	0.45	0.30	0.15	0.66
A2	51.9	26.6	21.5	SCL	1.52	25.50	14.20	11.30	0.43	0.26	0.17	0.60
2C	81.8	6.5	11.7	LS	1.59	26.20	7.60	18.60	0.40	0.26	0.14	0.66
3C1	25.8	42.9	31.3	CL	1.46	33.80	19.20	14.60	0.45	0.34	0.11	0.75
3C2	17.8	60.7	21.5	SiL	1.48	21.40	13.50	7.90	0.44	0.21	0.23	0.48

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	6.36	0.351	27.70	2.0	5.41	0.03	268.80	12.51	29.10	23.12	3.56	0.17	0.72
A2	6.73	0.265	30.81	1.5	5.41	0.06	87.60	5.49	34.72	29.50	3.03	0.22	0.41
2C	6.80	0.247	32.40	0.5	5.86	0.07	67.20	4.58	31.49	26.98	2.20	0.14	0.30
3C1	7.02	0.245	22.90	0.9	3.30	0.04	80.40	0.95	28.36	20.99	4.36	0.22	0.75
3C2	7.10	0.314	22.62	1.0	4.80	0.14	24.00	5.03	26.84	21.56	3.85	0.32	0.50

Bajada fizyografyası için tanımlanan P.7 profilinde, pH değeri 6.36-7.10 arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Nötr olarak sınıflandırılan bu pH değeri yetiştiricilikte uygun bir değer olarak kabul edilebilir. Profildeki kireç içeriği ortalama %22.62-32.40 arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Bu ortalama FAO (2006)’ya göre yüksek kireçli olarak sınıflandırılmaktadır.

Elektriksel iletkenlik değeri, 0.245-0.351 dS/m arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Toprakta tuzluluğun bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik, bu profil için tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır.

Organik madde içeriği ortalama %0.5-2.0 arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Profil boyunca organik madde miktarı yüzeyden aşağıya doğru dramatik şekilde azalmaktadır. Ap horizonunda %2 bulunan organik madde içeriği 2C horizonunda %0.5, 3C1 horizonunda yeniden %0.9’a yükselmiştir (Çizelge 4.19). Profildeki bu düşük organik madde miktarı bitki yetiştiriciliğinde ciddi sorunlara sebep olabilecek niteliktedir.

Mikrobiyal biokütle karbon ve beta glikosidaz enzim aktivitesi değerleri organik madde miktarlarıyla doğrudan ilişkilidirler. Profilde mikrobiyal biyokütle karbonu değeri, sadece organik maddenin %2 olduğu Ap horizonunda yüksek düzeyde iken, diğer horizonlarda çok düşük düzeyde bulunmuştur. Mikrobiyal biokütle karbonu değeri profilde değeri ortalama 105.6 mg/kg olarak bulunmaktadır (Çizelge 4.19). Beta glikosidaz enzimi aktivitesi de profil içerisinde organik maddeyle doğru orantılı olarak azalmaktadır. Profilde beta glikosidaz enzimi aktivitesi değerleri 0.95-12.51 µg/g arasında değişmektedir.

P.7 profilindeki sodyum adsorpsiyon değerleri 0.03-0.14 arasında değişmektedir

(Çizelge 4.19). Profil içerisindeki sodyum adsorpsiyon değerine ait değişkenlikler, toprakta bulunan değişebilir katyonlardan sodyum ile doğru orantılı, kalsiyum ve magnezyum ile ters orantılı olarak değişmektedir. Tespit edilen sodyum adsorpsiyon değerlerinin bitki yetiştiriciliğinde sorun teşkil etmeyeceği düşünülmektedir.

Profildeki katyon değişim kapasitesi 21.49-33.36 meq/100gr arasında değişmektedir. (Çizelge 4.19). Profildeki düşük kil ve düşük organik madde miktarına rağmen KDK'nın yüksek olarak sınıflandırılmasının nedeninin montmorillonitin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 4.28).

Bitki beslemede kritik öneme sahip olan fosfor, P.7 profilinde 3.30-5.86 ppm değerleri arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.19). Yüksek kireç içeriğine sahip topraklarda fosfor beslenmesinde bitkilerin sıkıntı yaşayacağı beklenmektedir.

Hacim ağırlığı, kök ve bitki gelişimini etkileyen önemli bir özelliktir. Profilde hacim ağırlığı değerleri 1.46-1.59 g/cm³ arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Tekstürün tın ağırlıklı olmasına rağmen hacim ağırlığının 1.4 g/cm³'ün üzerinde olması, bu profildeki sıkışmayı kilin değil, toprak işlemenin yarattığını düşündürmektedir. Nitekim bu sıkışma pulluk katmanında görülmüştür. (NRCS 2022; USDA 2023). İkincil litolojik kesilmenin olduğu 3C1 ve 3C2 horizonlarında ise kil miktarı artmasına rağmen hacim ağırlığı değeri azalmıştır.

Solma noktası, %7.60-19.20 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Profil genelinde tın tekstüre sahip olan P.7 profilinin Solma noktası değeri %10-15 arasında olması beklenmektedir (Hillel 1980). Dolayısıyla horizonlar arasında farklı değerler olmasına rağmen solma noktası beklenen değerlere yakınlık göstermektedir.

Profildeki tarla kapasitesi, %21.40-33.80 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Bitkiler için erişilebilir su miktarının bir göstergesi olan tarla kapasitesi, P.7 profilinde, literatürde (Hillel 1980) tınlı topraklar için olması gerektiği belirtilen %20-30 arasındaki değerler arasında tespit edilmiştir.

Bitkiye yararlı su içeriği, bitkilerin kullandığı optimal su içeriği olarak ifade edilmiştir. P.7 profilinde bu değerler %7.90-18.60 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.19). Belirlenen yararlı su miktarı, tınlı topraklarda olması gereken %10-15 değerleri arasındadır (Hillel 1980).

Toprakta su ve havanın depolanması ve bitki köklerinin faydalanabilmesi için önemli olan toplam gözeneklilik, P.7 profilinde 0.40-0.45 cm³cm⁻³ arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Mikro gözeneklilik 0.21-0.34 cm³cm⁻³, makro gözeneklilik 0.11-0.23 cm³cm⁻³ arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Makro gözeneklilik değeri literatürde bildirilen 0.1 cm³ cm⁻³ değerine yakın olduğu için toprakta su ve havanın hareketinin uygun koşullarda olduğu söylenebilir.

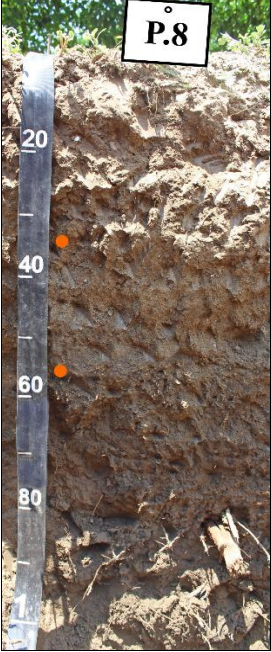
Su dolu gözenek hacmi %0.48-0.75 arasında değişmektedir (Çizelge 4.19). Literatürde belirtilen en uygun su dolu gözenek hacmi miktarının 0.30-0.70 arasında olduğu dikkate alındığında, su dolu gözenek hacmi değerlerinin olması gereken sınırlar içerisinde bulunduğu söylenebilir (Bending vd. 2004).

Yan dere alüviyalı

Ağva deresini besleyen, Sarımeşe deresinin oluşturduğu **yan dere alüviyalı** fizyografyasında, P.8 profili açılmış ve tanımlanmıştır. Tanımlama yapılan arazi % 0-2 eğime sahip olup, denizden yüksekliği 29 m'dir. Drenaj durumu iyi, taban suyu problemi olmayan bu arazi, Soil Taxonomy'e göre Typic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. Yüzey taşlılığı %0-2'lik alanda gözlenen 0,2-6 cm çaplı köşeleri yuvarlaklaşmış taşlar belirlenmiştir. P.8 profiline ait morfolojik özellikler Çizelge 4.20'da verilmiştir.

Çizelge 4.20. P.8 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	30.06.2022
Konumu:	36°34'30" K – 30°32'59" D
Yükseklik:	29 m
Fizyografik konumu:	Yan Dere Alüviyalı
Eğim derecesi ve yönü:	% 0-2 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda 0,2-6cm çaplı yuvarlak taş
İnsan etkisi:	35 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-35	Koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 3/2) yaş; kumlu tın/tın; kuvvetli orta köşeli blok; kuru iken hafif sert, nemli iken dağınık, yaş iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; taşlı; yaygın ince saçak kök; yüzeyde taşlılık 1-20 cm çaplı alüviyal kökenli; belirgin düz sınır.
	A2	35-58	Koyu gri (5YR 4/1) yaş; kumlu tın; kuvvetli orta köşeli blok; nemli iken dağınık yaş iken yapışkan değil; çok kireçli; taşsız; yaygın ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	C	58+	Gri (5YR 5/1) yaş; siltli killi tın; orta orta köşeli blok; nemli iken dağınık yaş iken az yapışkan plastik; çok kireçli; taşsız; orta kabalıkta seyrek kazık kök.

Yapılan morfolojik tanımlamalara göre P.8 profilinde Ap, A2, ve C horizonları tanımlanmıştır. Profilde Ap horizonu koyu kırmızımsı kahverengi (5YR 3/2), A2 horizonu koyu gri (5YR 4/1) ve C horizonu ise gri (5YR 5/1) olarak tespit edilmiştir. Ap horizonu kumlu tın/tın, A2 horizonu kumlu tın ve C horizonu siltli killi tın olarak belirlenmiştir.

Strüktür yukarıdan aşağıya doğru gelişim göstermiş, Ap horizonunda kuvvetli orta köşeli blok, A2 horizonunda kuvvetli orta köşeli blok ve C horizonunda orta orta köşeli blok tanımlanmıştır. Kıvam Ap horizonunda kuru iken hafif sert, nemli iken dağılğan, yaş iken az yapışkan az plastik, A2 horizonunda nemli kıvam dağılğan, yaş kıvam yapışkan değil plastik değil ve C horizonunda nemli kıvam dağılğan, yaş kıvam az yapışkan-plastik olarak belirlenmiştir. Tüm profil çok kireçli ve sadece Ap horizonu taşlı olarak tanımlanmıştır. Kök dağılımı incelendiğinde, Ap ve A2 horizonlarında ince yaygın saçak kökler, C horizonunda ise seyrek orta kaba kazık kökler tespit edilmiştir. Ayrıca Ap horizonunda 1 ila 20 cm çaplı alüviyal kökenli köşeleri yuvarlaklaşmış taşlar bulunmuştur.

P.8 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.21 verilmiştir.

Çizelge 4.21. P.8 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	47.5	34.7	17.7	L	1.53	18.46	9.09	9.37	0.41	0.18	0.23	0.45
A2	63.0	21.3	15.7	SL	1.69	11.02	5.86	5.16	0.34	0.11	0.23	0.32
C	9.7	60.7	29.6	SiCL	1.43	31.57	16.14	15.43	0.45	0.32	0.13	0.70

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	6.35	0.383	21.96	2.8	5.41	0.03	259.20	27.70	42.06	36.33	3.67	0.29	1.00
A2	6.51	0.296	10.98	1.7	4.80	0.13	52.80	7.30	28.19	22.74	2.28	0.36	0.28
C	6.90	0.251	18.03	0.9	5.11	0.07	25.20	7.75	53.44	43.40	6.09	0.57	0.54

Yan dere alüviyalı için tanımlanan P.8 profilinde pH değerleri 6.35-6.90 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Profilde kireç alt horizon onlara doğru azalmaktadır. 10.98-21.96 arasında değişen kireç içeriği, yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır (FAO 2006). Yüksek kireç içeriği bitki beslemede bazı makro ve mikro elementlerin bitkiler tarafından alınımında sorun teşkil edebilir.

Elektriksel iletkenlik profilde ortalama 0.31 dS/m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Bu değerlere göre tuzluluğun bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik yetiştiricilikte bir sorun yaratmayacak düzeydedir.

Profilin organik madde miktarı %0.9-2.8 değerleri arasında olduğu görülmektedir. Profildeki MBK ortalamaları 112.4 mg/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Mikrobiyal biyokütle karbon değeri, organik madde miktarı ile paralel olarak Ap horizonunda yüksek tespit edilirken A2 ve C horizonunda düşük miktarda bulunmuştur. Beta glikosidaz enzimi aktivitesi de diğer biyolojik göstergelerle uyumlu olarak Ap horizonunda diğer horizonlara göre yüksek bulunmuştur.

Katyon değişim kapasitesi, 28.19-53.44 meq/100gr değerleri arasında değişmektedir. (Çizelge 4.21). Ap ve A2 horizonlarında yüksek olarak sınıflandırılan katyon değişim kapasitesi, C horizonunda çok yüksek sınıfta yer almıştır. C horizonunda artan kil miktarına bağlı olarak KDK de artmıştır.

P.8 profilindeki fosfor değerleri 4.80-5.41 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 4.21). Bu değerler fosforun profilde düşük olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur. Bunun nedeninin kireç miktarının yüksek ve organik madde miktarının da düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hacim ağırlığı, 1.53-1.69 g/cm³ değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Horizontlardaki tekstür sınıfları dikkate alındığında literatürde beklenen hacim ağırlığı değerleri profilde tespit edilen hacim ağırlığı değerleriyle uyum göstermektedir (NRCS 2022; USDA 2023).

Solma noktası değerleri %5.86-16.14 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Literatürde tınlı topraklar için bildirilen solma noktası (%10-15) P.8 profili ile uyumludur.

Tarla kapasitesi değerleri Ap, A2 ve C horizonlarında sırasıyla %18.46, %11.02 ve %31.57 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Bu değerlere göre tarla kapasitesi Ap ve A2 horizonlarında sınır değerlerin altındayken, C horizonunda sınır değerlerin üzerine çıkmıştır. Buna neden olarak, diğer horizonlara göre artan kil miktarı ve gelişmiş strüktür yapısı verilebilir.

P.8 profilinde bitkiye yararlı su içeriği, %5.16-15.43 değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Tekstürdeki farklılaşma ve strüktürdeki gelişim, tarla kapasitesi ve solma noktasıyla beraber, yararlı su içeriğini de etkilemiştir.

Profilde toplam gözeneklilik, 0.34-0.45 cm³ cm⁻³, mikro gözeneklilik 0.11-0.32 cm³ cm⁻³ ve makro gözeneklilik 0.13-0.23 cm³ cm⁻³ aralığında hesaplanmıştır (Çizelge 4.21). Hesaplanan bu değerler literatürle uyumluluk göstermektedir.

Su dolu gözenek hacminin 0.32-0.70 (Çizelge 4.21) değerleri arasında değiştiği olduğu göz önüne alınırsa bu değerlerin literatürde (Bending vd. 2004) bildirilen değerler arasında olduğu görülmektedir.

Kolüviyal

Kemer ilçesinde Çalışdağı, Akçaalan, Tepecikler, Karataşlar ve Karamanlı tepelerinin altlarında oluşan kolüviyal fizyografyaları için P.9 profili tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı arazinin denizden yüksekliği 41 m olup, % 2-6 hafif eğimlidir. Profilin drenaj durumu iyi olarak belirlenmiş ve taban suyu probleminin olmadığı tespit edilmiştir. Soil Taxonomy'e göre yapılan sınıflandırmasında Typic Xerorthents olarak tanımlanmıştır. Profilin yüzeyinde %2-5'lik alanı kaplayan 6-20 cm çaplı kenarları köşeli taşlar tespit edilmiştir. Profilin morfolojik özelliklerinin tanımlamaları da Çizelge 4.22'de verilmiştir.

P 9 profilinde Ap, C, 2C ve 3C horizonları gelişmiştir. Renk, Ap horizonunda koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2), C horizonunda kırmızımsı kahverengi (5YR 4/3), 2C horizonunda kırmızımsı gri (5YR 5/2) ve 3C (5YR 4/1) horizonunda ise koyu gri olarak okunmuştur. Ap horizonu kumlu killi tın/killi tın, C horizonu kumlu tın, 2C horizonu siltli killi tın/killi tın ve 3C horizonu siltli killi tın olarak tanımlanmıştır. Ap horizonunda strüktür zayıf orta yarı köşeli blok, C horizonunda teksel, 2C ve 3C horizonunda orta orta

yarı köşeli blok olarak tanımlanmıştır. Kıvam, Ap horizonunda kuru iken hafif sert, nemli iken dağılgan, yaş iken az yapışkan az plastik, 2C horizonunda nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan az plastik olarak tespit edilmiştir. 3C horizonunda nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan plastik belirlenmiştir. Kireç miktarı Ap ve C horizonunda kireçli, 2C ve 3C horizonlarında çok kireçli olarak bulunmuştur. Bütün profil çok taşlıdır. Ap horizonunda yaygın orta saçak kök, C horizonunda seyrek ince saçak kök, 2C horizonunda çok seyrek ince saçak kök olarak gözlemlenmiştir. Ap horizonunda 1 - 20 cm çaplı alüvyal kökenli taşlara rastlenirken, C horizonunda 0.1-5 cm çaplı, çok yoğun kum ve taş katmanı görülmüştür. 2C ve 3C horizonlarında 1-10 cm çaplı, orta yoğunlukta taşlar tanımlanmıştır. P.9 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.22. P.9 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	30.06.2022
Konumu:	36°34'18" K – 30°31'29" D
Yükseklik:	41 m
Fizyografik konumu:	Kolüviyal
Eğim derecesi ve yönü:	%2-6 KB-GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Kolüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%2-5 alanda, 6-60 cm çaplı, yarı köşeli taş
İnsan etkisi:	20 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-20	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaş; kumlu killi tın/killi tın; zayıf orta yarı köşeli blok; kuru iken dağılgan; nemli iken sıkı yaş iken az yapışkan az plastik; kireçli; çok taşlı; orta yaygın saçak kök; 1-20 cm çaplı alüviyal taş; kesin düz sınır.
	C	20-58	Kırmızımsı kahverengi (5YR 4/3) yaş; kumlu tın; tıksel; kireçli; az taşlı; ince seyrek saçak kök; 0,1-5 cm çaplı çok yoğun kum+taş katmanı; kesin düz sınır.
	2C	58-90	Kırmızımsı gri (5YR 5/2) yaş; siltli killi tın/killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı; yaş iken az yapışkan az plastik; çok kireçli; çok taşlı; ince çok seyrek saçak kök; orta yoğunlukta 1-10 cm taşlar; kesin düz sınır.
	3C	90+	Koyu gri (5YR 4/1) yaş; siltli killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; çok taşlı; orta yoğunlukta 1-10 cm taşlar.

Çizelge 4.23. P.9 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	41.8	30.6	27.6	CL	1.48	11.11	6.48	4.63	0.45	0.11	0.34	0.25
C	75.9	6.6	17.5	SL	1.53	27.50	11.10	16.40	0.45	0.20	0.25	0.61
2C	23.8	48.8	27.4	CL	1.56	22.01	11.35	10.66	0.42	0.22	0.20	0.52
3C	33.8	40.7	25.5	L	1.69	21.22	11.11	10.11	0.39	0.21	0.18	0.54

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	6.70	0.375	10.82	1.2	4.80	0.07	90.00	31.33	38.41	30.08	4.14	0.24	0.83
C	7.14	0.212	13.60	0.9	4.35	0.06	60.00	25.69	33.88	28.48	2.07	0.18	0.37
2C	6.73	0.315	17.20	0.1	4.20	0.13	30.00	12.35	38.96	32.45	3.24	0.29	0.54
3C	6.77	0.274	32.76	0.7	3.90	0.06	10.00	11.29	44.56	38.88	3.88	0.28	0.69

Kolüviyal fizyografya için tanımlanan P.9 profilinde pH değeri ortalama 6.70-7.14 arasında değişmekte ve nötr sınıfında yer almıştır (Çizelge 4.23). Profil boyunca kireç artmış %10.82-32.76 arasında değişmekte ve yüksek kireçli sınıfında yer almıştır (FAO 2006). Ayrıca analiz sonuçları morfolojik tanımlamalarla da uyumluluk göstermektedir.

P.9 profilindeki elektriksel iletkenlik ortalama 0.212-0.75 dS/m değerleri arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.23). Bu değer tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır.

Organik madde toprak içerisindeki birçok duruma olumlu katkı sağlamaktadır. P.9 profili, organik maddenin çok düşük olduğu bir profildir. Organik madde, Ap horizonunda %1.2 C horizonunda %0.9, 2C horizonunda %0.1 ve 3C horizonunda %0.7 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.23).

Mikrobiyal biyokütle karbon ve beta glikosidaz enzim aktiviteleri değerleri organik madde miktarı ile benzerlik göstereceğinden profile düşük tespit edilmiştir. Mikrobiyal biyokütle karbonun organik madde dağılımına benzer şekilde Ap horizonundan başlayarak alt horizonlara doğru azalmıştır. MBK 10-90 mg/kg değerleri arasında belirlenmiştir (Çizelge 4. 23). BGEA değerleri profil içinde ortalama 11.29-31.33 µg/g değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4. 23). MBK'ya benzer şekilde, BGEA da Ap horizonunda 3C horizonuna doğru ciddi düzeyde azalmıştır.

P.9 profilinde sodyum adsorpsiyon ortalama 0.06-0.13 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4. 23). Horizonlar arasında çok da farklılık göstermeyen SAR değeri sadece 2C horizonunda diğer horizonlara göre yüksek çıkmıştır. Bu farklılık aynı zamanda değişebilir katyonlardan sodyumun horizonlar arasında en yüksek değere bu horizonunda ulaşmasıyla benzerlik göstermektedir.

Analiz sonuçlarıyla tespit edilen tekstür, morfolojik tanımlamalarla uyum göstermektedir. Litolojik kesilmeleri olduğu P.9 profilinde her bir horizon birbirinden bağımsız kum, silt ve kil değerlerine sahiptir. En yüksek kum içeriği (%75.9) C horizonunda, en yüksek silt içeriği (% 48.8) 2C horizonunda, en yüksek kil içeriği (%27.6) Ap horizonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4. 23).

Kasyon değişim kapasitesi horizonlarda farklılıklar göstermektedir. KDK, değerleri 23.88-44.56 meq/100gr toprak arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.23). Horizonlardaki tespit edilen değerler göre yüksek sınıfta yer almıştır. KDK değerlerinin farklılaşmasındaki temel sebep, KDK değerleri ile uyumlu olan kil miktarları olarak belirlenmiştir.

Fosfor, 3.90-4.80 ppm değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4. 23). Tespit edilen bu değer fosforun profildeki bütün horizonlarda düşük olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur. Fosforun bu derece düşük olmasındaki en büyük önemli neden düşük organik madde ve yüksek kireç miktarıdır.

Hacim ağırlığı, yüzeyden itibaren alt horizonlara doğru artmıştır. Profilde tanımlanan horizonlarda en küçük değer Ap horizonunda tanımlanmış ve 1.48 g/cm^3 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4. 23). En büyük değer 3C horizonunda 1.69 g/cm^3 olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4. 23). Tespit edilen bu değerler tekstür sınıfları göz önüne alarak irdelendiğinde, kil kaynaklı hacim ağırlığı artışının gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Solma noktası, %6.48-11.35 değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4. 23). Literatürde tınlı topraklar için belirlenen %10-15 değerleri, horizonlarda belirlenen değerler ile uyum göstermektedir (Hillel 1980).

Tarla kapasitesi, %11.11-27.50 değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4. 23). Ap horizonu hariç diğer horizonlardaki tarla kapasitesi, literatürde bildirilen değerler ile uyum göstermektedir (Hillel 1980). Ap horizonun da hem tarla kapasitesi hem de solma noktası değerlerinin uyumsuz olmasına neden olan durumun sıkışmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bitkiye yararlı su içeriği %4.63-16.40 değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4. 23). Ap horizonu hariç diğer horizonlarda literatürde belirtilen değerlere uyumluluk gözlenmiştir (Hillel 1980). Ap horizonundaki sıkışmanın yararlı su içeriği değerini de etkilediği düşünülmektedir.

Toplam gözeneklilik $0.39\text{-}0.45 \text{ cm cm}^{-3}$, mikro gözeneklilik $0.11\text{-}0.22 \text{ cm cm}^{-3}$, makro gözeneklilik $0.18\text{-}0.34 \text{ cm cm}^{-3}$ değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.23). Toprakta sağlıklı hava ve su hareketi için yeterli olan 0.1 cm cm^{-3} değeri düşünüldüğünde P.9 profilinde diğer belirtilere göre sıkışmanın olduğu belirlenmesine rağmen, gözenekliliğin bu durumdan etkilenmediği görülmektedir.

P.9 profilinde su dolu gözenek hacmi değerleri %0.25-0.61 değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4. 23). Toprak sıkışmasının da bir ispatı daha olarak Ap horizonunda su dolu gözenek hacmi değeri en düşük değer olarak tespit edilmiştir.

Nehir sırtı

Ağva deresinin Akdeniz'e doğru uzanırken üst zonlarında oluşturduğu nehir sırtı fizyografyasının tanımlanması için P.10 profili tanımlanmıştır. P.10 profilinin yapıldığı konum denizden 49 m yükseklikte, %0-2 eğime sahip, drenaj durumu iyi ve taban suyu problemi olmayan bir yerdir. Ağva deresinin üst zonlarında açılan profilin yüzeyinde %5-15 alan kaplayan 2-6 cm çaplı yarı köşeli taşlar tespit edilmiştir. Tanımlanan profil Soil

Taxonomy'e göre Typic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. Profilde tespit edilen morfolojik özelliklere ait bilgiler Çizelge 4.24'da tanımlanmıştır.

Çizelge 4.24. P.10 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	30.06.2022
Konumu:	36°35'4" K – 30°31'39" D
Yükseklik:	49 m
Fizyografik konumu:	Nehir Sırtı
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KD – GB
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%5-15 alanda, 2-6 cm çaplı, yarı köşeli taş
İnsan etkisi:	10 cm'e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-25	Kırmızımsı gri (5YR 5/2) yaş; tın; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken çok sert; nemli iken dağınık, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; çok taşlı; seyrek orta saçak kök; farklı büyüklükte taş ve kaya; belirgin dalgalı sınır.
	C	25+	Çok kaba, çok seyrek kazık kök; 1-20 cm çaplı alüviyal taş ve kaya

P.10 profilinde Ap ve C horizonları tespit edilmiştir. Ap horizonunda renk kırmızımsı gri (5 YR 5/2) tespit edilmiştir. Tekstürün tınlı, strüktür orta orta yarı köşeli blok tespit edilmiştir. Kıvam, kuru iken sert, nemli iken dağınık ve yaş iken yapışkan plastik olarak bulunmuştur. Taşlılığın çok olduğu bu horizonunda seyrek orta saçak kök dağılımı görülmüş ve farklı büyüklükte taş ve kayalar gözlemlenmiştir. C horizonunda, çok kaba ve çok seyrek kazık köklerin yanı sıra 1 -20 cm çaplı alüviyal taş ve kayalar tespit edilmiştir.

Çizelge 4.25. P.10 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	41.9	36.7	21.4	L	1.39	14.66	7.47	7.19	0.47	0.15	0.32	0.31

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (ppm) Ca Mg Na K
Ap	7.30	0.308	26.54	1.7	3.60	0.07	128.40	25.43	27.84	21.87 3.00 0.13 0.55

P.10 profilinde tanımlamaların yapılabileceği tek horizon Ap olarak belirlenmiştir. Ap horizonunda pH 7.3 ile nötr, elektriksel iletkenlik 0.308 dS/m ile tuzsuz ve kireç değeri %26.54 ile çok yüksek olarak sınıflandırılmışlardır (Ayers ve Wescot 1985; FAO 2006) (Çizelge 4.25).

Organik madde, %1.7 ile orta sınıfta yer alırken, mikrobiyal biyokütle karbonu 128.40 mg/kg ile orta sınıfta ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi 25.43 µg/g ile düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 4.25).

Sodyum adsorpsiyon değeri 0.07 olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değerin herhangi bir sorun teşkil etmeyeceği düşünülmektedir (Çizelge 4.25).

Tınlı toprak tekstürü morfolojik tanımlamadaki bulguları desteklemektedir. Katyon değişim kapasitesi 27.84 meq/100 gr toprak olarak tespit edilmiş ve orta sınıfta belirlenmiştir (Çizelge 4.25).

Fosfor içeriği 3.60 ppm bulunmuş ve düşük olarak sınıflandırılmıştır. Potasyum değeri 0.28 meq/100 gr toprak olarak belirlenmiş ve düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 4.25).

Hacim ağırlığı değeri 1.39 g/cm³ olarak tespit edilmiş ve literatürdeki tınlı topraklar için bildirilen değerler (1.0-1.6 g/cm³) aralıklarında yer almıştır (Çizelge 4.25) (NRCS 2022; USDA 2023). Solma noktası % 7.47, tarla kapasitesi %14.66 ve bitkiye yarayışlı su içeriği %7.19 bulunmuş ve optimum değer aralığından düşük tespit edilmiştir (Hillel 1980) (Çizelge 4.25).

Ap horizonunda tespit edilen toplam gözeneklilik 0.47 cm cm⁻³, mikro gözeneklilik 0.15 cm cm⁻³ ve makro gözeneklilik 0.32 cm cm⁻³ olarak belirlenmiş (Çizelge 4.25) ve bu değerlerin, literatüre (Carter 1990; Sassenrath vd. 2018) göre sorun teşkil etmeyeceği belirlenmiştir. Su dolu gözenek hacmi değeri 0.31 tespit edilmiştir. Bu değer literatürde (Bending 2004) belirtilen güvenli sınırlar içerisinde yer almaktadır ancak düşük sınır değerine yakın olarak belirlenmiştir.

Taşkın Düzlüğü

Kemer ilçesinde narenciye arazilerinin bulunduğu ve çalışma alanı olarak seçilen yerlerde tanımlanan son profil (P.11) Ağva deresinin oluşturduğu taşkın düzlüğü fizyografyasıdır. Profilin tanımlandığı arazi deniz seviyesinden 44 m yüksekliktedir. Araştırma alanında en büyük alan kaplayan taşkın düzlüğü fizyografyası Ağva deresinin

üst zonlarında % 0-2 eğime sahip düz düze yakın bir arazide bulunmaktadır. Morfolojik tanımlaması yapılan bu profildeki toprak Soil Taxonomy sınıflandırmasına göre Typic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. P.11 profiline ait tanımlanmış morfolojik bilgiler Çizelge 4.26’de verilmiştir.

Çizelge 4.26. P.11 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	30.06.2022		
Konumu:	36°34’45’’ K – 30°31’56’’ D		
Yükseklik:	44 m		
Fizyografik konumu:	Taşkın Düzlüğü		
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB – GD		
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent		
Ana materyal:	Alüviyal		
Drenaj:	İyi		
Taban suyu:	Yok		
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%2-5 alanda, 2-6 cm çaplı, yuvarlak taş		
İnsan etkisi:	23 cm’e kadar kültivatörle sürüm		
Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-23	Zayıf kırmızı (2,5YR 4/2) yaş; tınlı; kuvvetli orta yarı köşeli blok; kuru iken çok sert, nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan plastik; çok kireçli; az taşlı; seyrek orta saçak kök; 0,1-1 cm çaplı taş parçaları; belirgin düz sınır.
	A2	23-50	Zayıf kırmızı (2,5YR 4/2) yaş; siltli killi tın/siltli tın; kuvvetli orta yarı köşeli blok; kuru iken çok sert; nemli iken sıkı; yaş iken çok yapışkan, plastik; çok kireçli; az taşlı; yaygın orta saçak kök; 0,1-1 cm çaplı taş parçaları; belirgin düz sınır.
	AC	50-66	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5YR 3/3) yaş; killi tın; zayıf orta yarı köşeli blok; kuru iken çok sert nemli iken dağınık, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşlı; seyrek orta saçak kök; 0,1-5 cm çaplı taş parçaları; belirgin düz sınır.
	C	66+	Masif; çok kireçli; çok taşlı; 2-20 cm çaplı alüviyal taş+kaya

Morfolojik tanımlama işlemine göre P.11 profilinde Ap, A2 AC ve c horizonları tanımlanmıştır. Renk, Ap ve A2 horizonlarında zayıf kırmızı (2.5 YR 4/2) AC horizonunda koyu kırmızımsı kahverengi (2.5 YR 3/3) olarak tespit edilmiştir. Ap horizonunda tekstür tınlı, A2 horizonunda siltli killi tın ve AC horizonunda killi tın olarak

sınıflandırılmıştır. Strüktür, Ap ve A2 horizonlarında kuvvetli orta yarı köşeli blok, AC horizonunda zayıf orta yarı köşeli blok belirlenmiştir. Kıvam, Ap horizonunda kuru iken çok sert, nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan plastik olarak belirlenmiştir. A2 horizonunda kıvam kuru iken çok sert, nemli iken sıkı ve yaş iken çok yapışkan plastik olarak sınıflandırılmıştır. AC horizonunda kuru kıvam çok sert, nemli iken dağılğan ve yaş iken çok yapışkan çok plastik olarak tespit edilmiştir. Bütün profil çok kireçli olarak bulunmuştur. Ap ve A2 horizonları az taşlı olarak tespit edilirken AC horizonu taşlı olarak sınıflandırılmıştır. Profildeki bütün horizonlarda kök dağılımı eşit ve seyrek orta saçak kök olarak gözlenmiştir. Ap ve A2 horizonlarında 0.1 – 1 cm çaplı taş parçaları bulurken AC horizonunda 0.1 – 5 cm çaplı taşlar tespit edilmiştir. Profilde C horizonu, 2 – 20 cm çaplı alüviyal taş ve kayaların tanımlandığı bir horizondur. P.11 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. P.11 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	29.9	51.1	19.0	SiL	1.31	20.00	8.79	11.21	0.45	0.20	0.25	0.45
A2	23.9	45.1	31.0	CL	1.50	23.37	13.06	10.31	0.44	0.23	0.21	0.53
AC	40.1	31.7	28.2	CL	1.40	13.43	6.74	6.69	0.42	0.13	0.29	0.32

HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.06	0.273	18.01	1.8	4.05	0.11	180.00	39.71	34.81	27.44	3.28	0.18	1.64
A2	7.23	0.242	22.10	0.8	3.75	0.03	210.00	35.14	51.33	43.45	4.96	0.22	0.91
AC	7.20	0.253	24.89	0.5	3.75	0.10	130.00	12.97	47.59	43.97	2.63	0.16	0.40

Kemer ilçesindeki taşkın düzlüğü fizyografyasının özelliklerini belirlemek için tanımlanan P.11 profilinde pH 7.06-7.23 arasında belirlenmiş ve nötr olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.27). Kireç içeriği yüzeyden başlayarak AC horizonuna doğru artış göstermiştir. Kireç içeriği P.11 profilinde 18.01-24.89 arasında ve yüksek olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.27) (FAO 2006).

Profilde organik madde %0.5-1.8 değerleri arasında belirlenmiş ve düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 4.27). Organik madde ile doğrudan ilişkili olan mikrobiyal biyokütle, 130-210 mg/kg değerleri arasında ve orta sınıfta yer almıştır. (Çizelge 4.27). Yine organik madde ile ilişkili olan bir diğer biyolojik gösterge olan beta glikosidaz enzim aktivitesi 12.97-51.33 µg/g değerleri arasında belirlenmiş ve düşük sınıfta yer almıştır.

P.11 profilinde sodyum adsorpsiyon 0.03-0.11 değerleri arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.27). Ap horizonundan başlayarak alt horizonlara doğru azalma eğiliminde olan değerler aynı zaman da sodyum ile uyumlu şekilde artmıştır.

Kasyon değişim kapasitesi ortalama 27.59-51.33 meq/100gr değerleri arasında değişmekte ve yüksek sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.27). Organik madde, kil miktarı ve kil tipiyle doğrudan ilişkili olan kasyon değişim kapasitesi kil miktarının değişimiyle

uyumludur. Ayrıca Ap horizonunda alınan toprak örneğinde yapılan detaylı mineralojik analizine göre, kil tipi montmorillonit belirlenmiştir.

Profil içerisindeki fosfor değerleri birbirine yakınlık göstermektedir. Fosfor, 3.75-4.05 ppm değerleri arasında ve düşük sınıfta yer almıştır (Çizelge 4.27). Bu değerler toprağın organik madde miktarı ve kireç miktarındaki değişimlerden etkilendiğini bir kez daha göstermiştir.

Hacim ağırlığı değerleri 1.31-1.50 g/cm³ arasında hesaplanmış ve literatürde (NRCS 2022; USDA 2023) siltli tın için belirtilen 1.1-1.4 g/cm³ değer aralığı ile uyumluluk göstermektedir. Solma noktası, değerleri %6.74-13.06 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.27). Tınlı topraklar için literatürde belirtilen sınır değerleri (%10-20) aralığından düşük belirlenmiştir (Hillel 1980). Tarla kapasitesi, %13.43-23.37 değerleri arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.27). Bu değerler literatürde belirtilen değer aralığından (%20-30) düşük tespit edilmiştir (Hillel 1980). Yarıyışlı su içeriği, %6.69-11.21 değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Üst sınır seviyeye yakın olan bu değerler, toprak sıkışmanın başladığını göstermektedir.

Toplam gözeneklilik %0.42-0.45, mikro gözeneklilik %0.13-0.23 ve makro gözeneklilik %0.21-0.29 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.27). Literatürde belirtilen değerden yüksek bir makro gözeneklilik değeri olmasından dolayı toprakta su ve havanın hareketinin bundan etkilenmediği görülmektedir (Carter 1990; Sassenrath vd. 2018).

Su dolu gözenek hacmi, 0.32-0.53 değerleri arasında hesaplanmıştır. Bu değerler Bending vd. (2004)'nin belirledikleri sınır değerler arasında yer almaktadır ve bitki yetiştiriciliği için sorun teşkil etmeyecek niteliktedir.

Çizelge 4.28. Kemer ilçesindeki profillere ait mineralojik analiz sonuçları

P.6	PE	Kalsit	Kuvars	Plajiy.	Montm.	Amfibol	Dolomit	Klorit	Serp.	Kaolinit	Zeolit	Alkali F.	Mika
P.7	BA	Kuvars	Kalsit	Serp.	Montm.	Mika	İllit	Amfibol	Klorit	Plajiy.			
P.11	TD	Kalsit	Kuvars	Montm	Mika	İllit	Klorit	Serp	Dolomit	Plajiy.	Amfibol	Alkali F.	

AY: Alüviyal Yelpeze, PE: Pediment, KO: Kolüviyal, TD: Taşkın Düzlüğü YDA: Yan Dere Alüviyalı
Mont: Montmorillonit, Alkali F: Alakali Feldspat, Plajio: Plajiolaz, Serp. Serpantin

4.3.2. Grid noktalarından alınan toprak özellikleri

Araştırmanın Kemer ilçesindeki bölümünde 6 farklı fizyografya (Bajada, Pediment, Kolüviyal, Taşkın Düzlüğü, Yan Dere Alüviyalı, Nehir Sırtı) tespit edilmiştir. Bu fizyografyaların dağılım gösterdiği alanlarda bulunan narenciye bahçelerinde yapılan belirlenen grid noktalarından alınan örneklerde yapılan analizlere ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.29'de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Kemer ilçesi grid verilerine ait tanımlayıcı istatistikler

Özellik	Min.	Max.	Ort.	Std sapma	VK (%)	Yatıklık
pH	6.6	7.77	7.5	0.19	2.56	-2.11
EC (dSm-1)	0.32	2.24	0.61	0.23	37.61	3.7
Kireç (%)	3.57	56.24	24.21	9.75	40.26	-0.02
OM (%)	0.6	4.73	2.35	0.75	31.79	0.37
MBK (mg/kg)	1.2	691.2	154.06	109.04	70.78	1.71
BGEA (µg/g)	17.95	114.74	43.03	18.49	42.97	1.68
KDK (meq/100 gr)	10.26	35.96	20.53	5.22	25.42	0.71
SAR	0.04	0.17	0.08	0.02	27.83	1.16
Mg (meq/100 gr)	0.73	3.91	1.35	0.5	37.32	1.98
Ca meq/100 gr	9.36	20.82	15.72	1.72	10.93	0.21
Na (meq/100 gr)	0.06	0.27	0.11	0.04	34.03	1.5
K (meq/100 gr)	0.14	1.66	0.47	0.22	48.22	2.03
P (ppm)	2.85	32.13	13.82	6.08	44.0	0.53
Kum (%)	9.12	71.84	44.29	12.12	27.36	-0.26
Silt (%)	0.72	60.0	33.14	8.42	25.41	-0.43
Kil (%)	8.16	44.52	22.57	6.48	28.72	0.87
HA (g cm-3)	1.0	1.53	1.3	0.1	7.96	-0.33
TK (%)	9.9	54.43	27.42	7.59	27.67	0.6
SN (%)	5.42	31.99	14.46	4.26	29.48	0.93
YSİ (%)	4.27	24.85	12.8	3.73	29.18	0.44
SDGH (%)	0.29	0.85	0.58	0.11	18.83	-0.44
TG (cm3 cm-3)	0.29	0.82	0.47	0.09	19.08	0.72
MiG (cm3 cm-3)	0.11	0.59	0.29	0.08	28.29	0.62
MaG (cm3 cm-3)	0.08	0.4	0.18	0.06	32.56	0.6

OM: Organik Madde, MBK: Mikrobiyal Biyokütle, BGEA: Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi Karbon, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı, HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YSI: Yarıyışlı Su İçeriği, SDGH: Su Dolu Gözenek Hacmi, YSI: Yarıyışlı Su İçeriği, TG: Toplam Gözeneklilik, MiG: Mikro Gözeneklilik, MaG: Makro Gözeneklilik Min: Minimum, Max: Maximum, Ort: Ortalama, VK: Varyasyon Katsayısı,

Kemer ilçesi topraklarında pH ortalaması 7.5 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değerler, toprakların nötr ve hafif alkali özellikte olduğunu göstermektedir. Düşük pH değerleri daha çok kolüviyal ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında tespit edilirken, yüksek pH değerleri pediment ve yan dere alüviyallerinde görülmüştür.

Elektriksel iletkenlik ortalaması 0.61 dS/m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değerler, toprakların genellikle tuzsuz olduğunu göstermektedir. Ancak, bazı kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarda hafif tuzlu sınırına yakın topraklar tespit edilmiştir. Bu durum, sulama uygulamalarına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kireç miktarları ortalaması %24.21 olarak hesaplanmıştır ve yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır. (Çizelge 4.29). Kireçsiz veya hafif kireçli topraklar çoğunlukla kolüviyal fizyografya topraklarında tespit edilmiştir, ancak bazı bölgelerinde yüksek kireç miktarı de gözlemlenmiştir. Özellikle taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında yüksek kireç miktarına dikkat edilmelidir.

Organik madde içerikleri ortalama %2.35 olarak hesaplanmış ve orta sınıfta yer almıştır (Çizelge 4.29). Daha çok bajada, pediment ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında düşük (<%1.5) organik madde içeriği tespit edilirken kolüviyal fizyografyalardaki narenciye bahçelerinde organik madde miktarının nispeten yüksek olduğu

gözlemlenmiştir.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değerleri ortalama 154.06 mg/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Wardle (1992)'nin sınıflandırmasına göre, MBK değeri orta düzeyde sınıflandırılmıştır. Yüksek MBK değerleri, organik maddece zengin ve mikrobiyal aktivitenin yüksek olduğu topraklarda tespit edilmiştir.

Beta glikosidaz enzim aktivitesi değerleri ortalama 43.03 µg/g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değerler, toprakların organik madde dönüşüm kapasitesinin düşük ve orta seviyelerde olduğunu göstermektedir. BGEA, Alef ve Nannipieri (1995)'nin sınıflandırmasına göre, pediment ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında düşük olarak tespit edilirken, kolüviyal fizyografyalarda yüksek belirlenmiştir.

Kasyon değişim kapasitesi değerleri ortalama 20.53 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değere göre araştırma alanı genelinde yüksek olarak sınıflandırılan KDK değeri taşkın düzlüğü ve pediment fizyografyalarda düşük ya da orta olarak sınıflandırılmıştır.

SAR değerleri ortalama 0.08 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değerler, Havlin ve Kissel (2024) belirlediği sınıflamaya göre düşük SAR değerine sahiptir ve bu da toprakların yapışal olarak sağlıklı olduğunu göstermektedir.

Potasyum içeriği değerleri ortalama 0.47 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değer Pizer (1967)'in yaptığı sınıflandırmaya göre orta düzeyde sınıflandırılmıştır.

Fosfor içeriği değerleri ortalama 13.82 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Olsen (1954)'in sınıflandırmasına göre yüksek olarak belirlenen bu P değeri, genellikle bajada fizyografyasında düşük, pediment fizyografyasında yüksek değerler sahiptir

Kum miktarı ortalama %44.29 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Kum miktarı en düşük taşkın düzlüğü fizyografyasında, en yüksek kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyasında bulunmuştur. Silt miktarı ortalama %33.14 olarak hesaplanmıştır. Kil içeriği ortalama %22.57 olarak hesaplanmıştır. Kil miktarı en yüksek taşkın düzlüğü fizyografyada bulunurken en düşük kolüviyal fizyografyada belirlenmiştir.

Hacim ağırlığı değerleri ortalama 1.3 g/cm³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). USDA (2023)'nin sınıflandırmasına göre, tınlı topraklar için belirlenen 1.0-1.6 g/cm³ değer aralığındadır.

Tarla kapasitesi değerleri ortalama %27.42 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Hillel (1998)'in belirlediği sınıflamaya göre, bu değer tınlı tespit edilen araştırma alanı toprakları için olması gereken değer aralığındadır. TK değeri, genellikle taşkın düzlüğü fizyografyalarında düşük bulunurken kolüviyal fizyografyalarda yüksek tespit edilmiştir.

Solma noktası değerleri ortalama %14.46 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu değer Hillel (1998)'in tınlı topraklar için belirlediği sınıflandırmadaki optimum değer (%10-15) aralığındadır.

Bitkiye yararlı su içeriği değerleri ortalama %12.8 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Bu ortalama, literatürde (Hillel 1998) tınlı topraklar için belirlenen uygun değer (%10-15) aralığındadır.

Su dolu gözenek hacmi değerleri ortalama %0.58 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Yapılan sınıflandırmaya (Hillel 1998) göre, uygun değer aralığında olduğu belirlenen SDGH, araştırma alanında özellikle taşkın düzlüğü ve kolüviyal fizyografyalarda yüksek değer almıştır.

Toplam gözeneklilik değerleri ortalama $0.47 \text{ cm}^3/\text{cm}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Literatürde (Hillel 1998) belirlenen değer aralıklarıyla ($0.40\text{-}0.60 \text{ cm}^3/\text{cm}^{-3}$) uyumluluk göstermektedir. Toplam gözeneklilik taşkın düzlüğü ve kolüviyal fizyografyalarda daha düşük bulunurken, nehir sırtı ve pediment fizyografyalarda nispeten daha yüksek tespit edilmiştir. Mikro gözeneklilik değerleri ortalaması $0.29 \text{ cm}^3/\text{cm}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Makro gözeneklilik değerleri ortalaması $0.18 \text{ cm}^3/\text{cm}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). Değerler incelendiğinde farklı fizyografyalarda farklı değerler tespit edilmiş, anlamlı bir farklılık belirlenememiştir.

4.3.3. Toprak kalite değerlendirmesi

Araştırmanın Kemer ilçesi bölümünde toprak kalitesinin değerlendirmesi için seçilen indikatörlerin Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF)'ne göre skorlamalarının yapıldıktan sonra ortaya çıkan skor değerlerine ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.30'ta yer almaktadır. Bu tabloda araştırma alanının bütününün ve 6 farklı fizyografyadaki tanımlayıcı istatistikler ayrı ayrı verilmiştir. Fizyografya ve kalite skorlarının değerlendirmeleri yapılırken, değerlendirilen indikatör skorlarının, ANOVA tek yönlü varyans analizi yöntemiyle, değişimlerinin önemli olup olmadıkları kontrol edilmiştir (Çizelge 4.31).

Kemer ilçesinde hacim ağırlığı skor (HA) değerleri ortalama 0.86 olarak hesaplanmıştır. Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesinde, hacim ağırlığı skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalarla arasında anlamlı ($p>0.05$) farklılıkların olmadığı, değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.41). Hacim ağırlığı skoru ortalaması en düşük olan kolüviyal fizyografyalarda ortalama 0.82 olarak hesap edilmiştir (Çizelge 4.30). En yüksek skorlama ortalamasında sahip yan dere alüvyallerinde ortalama 0.98 olarak skorlanmıştır (Çizelge 4.30). Diğer fizyografyalardan taşkın düzlüğü, bajada, pediment ve nehir sırtı fizyografyalarında ortalamaları sırayla 0.84, 0.93, 0.86 ve 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Kemer ilçesindeki indikatörlerin kalite skorlarına ait tanımlayıcı istatistik bilgileri

		HA	YSİ	SDGH	pH	EC	P	SAR	K	OK	MBK	BGEA	KDK
KEMER	Min.	0.26	0.19	0.47	0.85	0.9	0.09	0.8	0.44	0.1	0.03	0.04	0.17
	Max.	0.99	0.77	0.97	1	1	1	1	1	1	1	0.43	0.94
	Ort.	0.86	0.43	0.9	0.9	1	0.83	0.91	0.84	0.85	0.69	0.08	0.58
	SS	0.22	0.11	0.09	0.03	0.01	0.19	0.1	0.13	0.2	0.36	0.06	0.18
	VK(%)	25.58	25.58	10.00	3.33	1.00	22.89	10.99	15.48	23.53	52.17	75.00	31.03
	Yatıklık	-1.81	0.4	-2.24	1	-10.58	-1.67	-0.26	-0.89	-2.16	-0.77	3.5	-0.06
Yan Dere Alüviyalı	Min.	0.82	0.27	0.79	0.85	0.9	0.55	0.8	0.6	0.53	0.04	0.04	0.27
	Max.	0.99	0.64	0.97	0.95	1	0.9	1	1	1	1	0.24	0.8
	Ort.	0.98	0.45	0.92	0.89	0.99	0.8	0.98	0.80	0.89	0.73	0.1	0.6
	SS	0.05	0.12	0.06	0.03	0.03	0.11	0.05	0.15	0.14	0.33	0.06	0.14
	VK(%)	5.10	26.67	6.52	3.37	3.03	13.75	5.10	18.75	15.73	45.21	60.00	23.33
	Yatıklık	-3.58	-0.17	-1.12	0.61	-3.61	-1.59	-3.55	0.04	-1.94	-1.05	1.61	-1.14
Taşkın Düzlüğü	Min.	0.27	0.23	0.57	0.85	1	0.29	0.8	0.55	0.35	0.04	0.04	0.27
	Max.	0.99	0.58	0.97	0.97	1	1	1	1	1	1	0.43	0.93
	Ort.	0.84	0.42	0.88	0.9	1	0.84	0.91	0.85	0.89	0.73	0.09	0.57
	SS	0.25	0.09	0.1	0.03	0	0.18	0.1	0.12	0.15	0.34	0.08	0.16
	VK(%)	84.00	42.00	88.00	90.00	0	84.00	91.00	85.00	89.00	73.00	9.00	57.00
	Yatıklık	-1.52	-0.4	-1.74	0.61	.	-1.71	-0.31	-0.78	-2.28	-0.92	3.24	0.53
Bajada	Min.	0.83	0.25	0.82	0.88	1	0.09	0.8	0.58	0.13	0.05	0.05	0.23
	Max.	0.99	0.43	0.97	0.9	1	0.85	0.99	1	0.97	1	0.17	0.8
	Ort.	0.93	0.35	0.95	0.89	1	0.52	0.82	0.84	0.65	0.5	0.07	0.41
	SS	0.06	0.06	0.05	0.01	0	0.25	0.07	0.13	0.26	0.4	0.04	0.18
	VK(%)	6.45	17.14	5.26	1.12	0.00	48.08	8.54	15.48	40.00	80.00	57.14	43.90
	Yatıklık	-0.8	-0.56	-2.62	-0.82	.	-0.45	2.83	-1.23	-0.82	0.1	2.53	1.54
Pediment	Min.	0.27	0.32	0.79	0.87	1	0.91	0.8	0.51	0.28	0.04	0.04	0.34
	Max.	0.99	0.73	0.97	0.94	1	1	1	1	1	1	0.06	0.73
	Ort.	0.86	0.48	0.90	0.9	1	0.97	0.83	0.83	0.86	0.63	0.05	0.54
	SS	0.24	0.11	0.05	0.02	0	0.02	0.07	0.12	0.21	0.36	0.01	0.11
	VK(%)	27.91	22.92	5.56	2.22	0.00	2.06	8.43	14.46	24.42	57.14	20.00	20.37
	Yatıklık	-2.14	0.57	-0.44	0.31	.	-1.6	2.3	-1.41	-2.07	-0.81	0.97	-0.08
Kolüviyal	Min.	0.26	0.19	0.47	0.85	1	0.39	0.8	0.44	0.1	0.03	0.04	0.17
	Max.	0.99	0.69	0.97	1	1	1	1	1	1	1	0.39	0.94
	Ort.	0.82	0.44	0.90	0.9	1	0.84	0.93	0.85	0.84	0.72	0.09	0.64
	SS	0.24	0.11	0.1	0.04	0	0.17	0.09	0.13	0.23	0.37	0.06	0.2
	VK(%)	29.27	25.00	11.11	4.44	0.00	20.24	9.68	15.29	27.38	51.39	66.67	31.25
	Yatıklık	-1.45	0.12	-2.56	1.32	.	-1.46	-0.83	-1.4	-2.45	-0.99	3.84	-0.72
Nehir Sırtı	Min.	0.79	0.36	0.88	0.87	1	0.97	0.8	0.68	0.64	0.23	0.06	0.49
	Max.	0.99	0.77	0.97	0.9	1	1	1	0.89	0.85	0.36	0.11	0.62
	Ort.	0.89	0.57	0.93	0.89	1	0.99	0.9	0.79	0.75	0.3	0.09	0.56
	SS	0.14	0.29	0.06	0.02	0	0.02	0.14	0.15	0.15	0.09	0.04	0.09
	VK(%)	15.73	50.88	6.45	2.25	0.00	2.02	15.56	18.99	20.00	30.00	44.44	16.07
	Yatıklık	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

OK: Organik Karbon. MBK: Mikrobiyal Biyokütle. Karbon. BGEA: Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi. KDK: Katyon Değişim Kapasitesi. SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı. HA: Hacim Ağırlığı. YSİ: Yarıyışlı Su İçeriği. SDGH: Su Dolu Gözenek Hacmi. Min: Minimum. Max: Maximum. Ort: Ortalama. VK: Varyasyon Katsayısı.

Kolüviyal fizyografyada hacim ağırlığı skorunun düşük olmasının birkaç farklı nedeni olduğu düşünülmektedir. Fizyografyada genel olarak tın tekstürlü toprakların bulunması nedeniyle ince taneli silt ve kilin, suyun ve havanın geçirgenliğini azaltmasına, dolayısıyla toprak sıkışmasına yol açtığından hacim ağırlığı skorunu düşürmüştür. Bu duruma ek olarak belirli bölgelerde düşük organik madde içeriği ve hatalı toprak işlemeden kaynaklı sıkışma da hacim ağırlığı skorunun düşük olmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.31. Fizyografik birimlere göre kalite skorlarına ilişkin ANOVA sonuçları

Özellik	p-Değeri	Yorum
HA Skor	3,20E-01	A.d.
YSİ Skor	3,85E-02	*
SDGH Skor	5,25E-01	A.d.
pH Skor	6,35E-01	A.d.
EC Skor	1,77E-01	A.d.
P Skor	1,90E+10	***
SAR Skor	3,95E+10	***
K Skor	8,07E-01	A.d.
OK Skor	4,90E-02	*
MBK Skor	3,20E-01	A.d.
BGEA Skor	2,94E-01	*
KDK Skor	2,20E-02	A.d.
*** ($p < 0.001$) Yüksek düzeyde anlamlı		
* ($p < 0.05$) Anlamlı		
A.d. ($p > 0.05$) Anlamlı değil		

Yarayışlı su içeriği skoru (YSİ) Kemer ilçesinde ortalama 0.43 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesinde, yarayışlı su içeriği skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p < 0.05$) farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Yarayışlı su içeriği skoru ortalaması en düşük olan bajada fizyografyasında ortalama 0.35 olarak skorlanmıştır. En yüksek skor ortalamasına sahip nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.57 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Araştırma alanındaki diğer yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, pediment, kolüviyal fizyografyalarında ortalama skor değerleri 0.45, 0.42, 0.48 ve 0.44 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Araştırmanın bu bölümündeki bajada fizyografyasının genel toprak özellikleri bakımında düşük organik madde içeriği, toprağın su tutma kapasitesini azaltarak suyun hızla drene olmasına neden olmuştur. Yüksek hacim ağırlığı, toprağın sıkışmış olduğunu göstermiş ve bu da suyun infiltrasyonunu ve depolanmasını zorlaştırmıştır. Tın tekstür, orta derecede su tutma kapasitesine sahip olsa da düşük organik madde ve yüksek hacim ağırlığı su tutma kapasitesini daha da azaltmıştır. Bajada fizyografyası dağ eteklerinde biriken malzemelerden oluşan geniş ve hafif eğimli bir alandır. Bu bölgede topraklar, genellikle iyi drene olmuş ve suyu hızla kaybetmesiyle bitkilerin kullanabileceği su miktarını azaltmıştır. Bütün bu faktörler yarayışlı su içeriği skorunun bajada fizyografyasında düşük skorlanmasına yol açmıştır.

Su dolu gözenek hacmi skoru (SDGH) Kemer ilçesinde ortalama 0.90 olarak skorlanmıştır (Çizelge 4.30). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesinde, yarayışlı su içeriği skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalarla arasında anlamlı ($p > 0.05$) farklılıkların olmadığı, değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). En düşük skor ortalamasına sahip taşkın düzlüğü fizyografyasında skor değerleri ortalama, 0.88 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). En yüksek skor değeri ortalamasına sahip bajada fizyografyasında skor değerleri ortalaması, 0.95 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Yan dere alüvyali, pediment, kolüviyal ve nehir sırtı fizyografyalarında skor değerleri sırasıyla ortalamaları sırasıyla 0.92, 0.90, 0.90 ve 0.93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

En düşük SDGH skorunun tespit edildiği taşkın düzlüğü fizyografyasında, düşük organik madde içeriği, toprak yapısını zayıflatmış ve su tutma kapasitesini azaltmıştır. Kil oranı ortalama %25 olan bu fizyografya toprakları belirli bir su tutma kapasitesine sahiptir, ancak düşük organik madde bu kapasiteyi düşürmüştür. Ayrıca toprak sıkışması, suyun derinliklere infiltrasyonunu engellemiştir. Bu durum su dolu gözenek hacmini azaltmıştır. Siltli tın veya killi tın tekstür, suyun toprak içinde düzgün dağılmasını sağlasa da sıkışmış tabaka su hareketini engellemiştir. Bütün bu faktörler SMAF değerlendirmesinde su dolu gözenek hacminin düşük skorlanmasına yol açmıştır.

pH skoru, ortalama 0.90 hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre yarıyıllı su içeriği skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p>0.05$) farklılıkların olmadığı, değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Araştırma alanında en düşük skor ortalaması yan dere alüvyali, bajada ve nehir sırtı fizyografyalarında belirlenmiş ve ortalamaları 0.89 olarak hesaplanmıştır. En yüksek skor değerinin belirlendiği pediment fizyografyasında ortalama 0.90 olarak hesaplanmıştır. Bütün fizyografyalarda yüksek pH skorunun tespit edilmesi, toprağın pH açısından sağlıklı ve verimli olduğunu, bitkilere büyüme ve gelişimi için uygun koşullar sunduğunu göstermiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC) skoru, araştırma alanında bütün fizyografyalarda 1.00 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Bu durum, Kemer ilçesindeki fizyografyalarda, EC ile ilgili olumsuz herhangi bir durumun olmadığını göstermektedir.

Kemer'deki fosfor skoru (P) ortalama 0.83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesinde, fosfor skoru değerleri incelendiğinde, fizyografyalar arasında anlamlı ($p>0.05$) farklılıkların olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.31). En düşük fosfor skor ortalamasına sahip bajada fizyografyasında, ortalama 0.52 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). En yüksek fosfor skoruna sahip nehir sırtı fizyografyasında, ortalama 0.99 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, pediment ve kolüvyal fizyografyalarındaki ortalamaları sırasıyla 0.80, 0.84, 0.97 ve 0.84 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

En düşük fosfor skorunun belirlendiği bajada fizyografyasında yüksek kireç içeriği, toprağın pH seviyesini artırarak fosforun çözünmeyen bileşikler oluşturmaya ve bitkiler tarafından alınamamasına yol açmıştır. Bajada fizyografyalarının olası erozyon ve sediment biriktirme potansiyeli, yüzeyden hızlı su akışı ve farklı derinliklere sızabilmesi, farklı mineral içeriklerine sahip olması ve toprak sıkışması problemleri fosforun toprak profili içinde düzgün dağılmasını engelleyebilir. Ayrıca, kil mineralleri ve kireç, fosforu adsorbe ederek veya çözünmeyen formlara dönüştürerek bitkiler için kullanılabilirliğini azaltmıştır. Bütün bu faktörlerin etkisinin sonucu fosfor skorunun düşük olmasına neden olmuştur.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) skorları bütün fizyografyalarda ortalama 0.91 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Araştırma alanında, SAR skoru incelendiğinde, fizyografyalar arasında yüksek düzeyde anlamlı ($p<0.001$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). En düşük skor ortalamasına sahip bajada fizyografyasında ortalama 0.82 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). En yüksek skor değerinin belirlendiği yan dere alüvyalinde ortalama 0.98 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Araştırma alanındaki diğer taşkın düzlüğü, pediment, kolüvyal ve nehir sırtı fizyografyalarında

ortalamaları sırasıyla 0.91, 0.83, 0.93 ve 0.90 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). SAR, bütün fizyografyalarda birbirine yakın ve çok yüksek skor değerleri almıştır. Bu yüksek değerler, bitkisel üretimde SAR'dan kaynaklanabilecek herhangi bir sorun olmadığını göstermektedir.

Bitkisel üretimde ürün kalitesini ve verimliliği etkileyen önemli bir makro element olan potasyum (K), araştırma alanının tamamında ortalama 0.84 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesinde, potasyum skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p>0.05$) farklılıkların olmadığı, değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). En düşük skor ortalamasının olduğu yan dere alüvyalinde ortalama 0.80 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). En yüksek skor ortalamasının belirlendiği taşkın düzlüğü ve kolüviyal fizyografyalarında, ortalama 0.85 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Bajada, pediment ve nehir sırtı fizyografyalarında ise ortalamar sırasıyla 0.84, 0.83 ve 0.79 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Potasyum skorunun en düşük skorlandığı yan dere alüvyalinde bile yüksek skor değeri ortalamasına sahiptir. Bu nedenle araştırma alanındaki fizyografyalarda potasyum ile ilgili sorun teşkil edecek bir durum tespit edilmemiştir.

Toprak sağlığı ve ekosistem işlevleri için kritik bir bileşen olan organik karbon skoru (OK) bütün fizyografyalarda ortalama 0.85 olarak skorlanmıştır (Çizelge 4.30). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesindeki, organik karbon skoru değerleri incelendiğinde, fizyografyalar arasında anlamlı ($p<0.05$) farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.31). En düşük organik karbon skor değerinin tespit edildiği bajada fizyografyasında skorlanmış ve ortalama 0.65 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). En yüksek skor değerinin belirlendiği yan dere alüvyali ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında ortalamar 0.89 olarak hesaplanmıştır. Pediment, kolüviyal ve nehir sırtı fizyografyalarında ise ortalama skor değerleri sırasıyla 0.86, 1.00 ve 0.75 olarak hesaplanmıştır.

Organik karbon skoru genel olarak bütün fizyografyalarda yüksek olarak tespit edilmiştir. Bazı narenciye bahçelerinde dönemsel olarak hayvan gübresi uygulamalarının yanı sıra birçok narenciye bahçesinde gelişen otların veya bitki budama artıklarının toprağa karıştırılmasıyla yapılan yeşil gübreleme, bu bölgedeki toprakların organik karbon skorlarını yükseltmiştir. Daha düşük organik madde içeriğine sahip bajada fizyografyasında, diğer fizyografyalara göre, daha düşük organik karbon skoru tespit edilmiştir.

Toprağın biyolojik sağlığını ve mikrobiyal aktivitesini değerlendiren önemli bir parametre olan mikrobiyal biyokütle karbon skoru (MBK), Kemer'deki ortalaması 0.82 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.30). Araştırma alanında, mikrobiyal biyokütle karbon skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında farklılıkların anlamlı ($p>0.05$) olmadığı, değişimleri tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). En düşük skor değeri ortalamasının tespit edildiği nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.30 olarak hesaplanmıştır. En yüksek skor ortalamasının tespit edildiği yan dere ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında her iki fizyografyada ortalama 0.73 olarak hesaplanmıştır. Araştırma alanındaki diğer fizyografyalarda bajada, pediment ve kolüviyal fizyografyalarında ortalamar 0.50, 0.63 ve 0.72 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Mikrobiyal biyokütle karbon skoru, en düşük nehir sırtı fizyografyasında tespit edilmiştir. Bunun nedeni, nehir sırtı fizyografyasındaki narenciye bahçelerinde üretim uygulamalarının (bakımsız narenciye bahçeleri) yetersiz olduğudur. Ayrıca bajada fizyografyasında da mikrobiyal biyokütle karbon skoru düşük tespit edilmiştir. Bunun nedeni, düşük organik madde, toprak sıkışması sonucu mikroorganizmalar için uygun olmayan oksijen seviyeleri ve su hareketi, yüksek kireç içeriği ve olası besin elementi miktarlarının az olması mikrobiyal aktiviteyi sınırlı tutmuş ve mikrobiyal biyokütle karbon skorunu düşük olmasına neden olmuştur.

Biyolojik aktivite ve mikrobiyal sağlık hakkında spesifik ve değerli bilgiler sağlayan beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru araştırma alanında ortalama 0.08 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Araştırma alanında, BGEA skor değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p<0.05$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). En düşük BGEA skoru ortalamasına sahip fizyografya olan pediment fizyografyada, ortalama 0.05 olarak hesaplanmıştır. En yüksek BGEA skoruna sahip yan dere alüvyallerinde ortalama 0.10 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Taşkın düzlüğü, bajada, kolüviyal ve nehir sırtı fizyografyalarında ortalamaları da sırasıyla 0.09, 0.07, 0.39 ve 0.11 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Bajada fizyografyasında yapılan SMAF değerlendirmelerinde organik karbon skoru ortalama 0.85 ve mikrobiyal biyokütle karbonu ortalama skoru 0.69 olmasına rağmen, beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorunun ortalama 0.08 gibi çok düşük bir skora sahip olmasının birkaç nedene bağlı olabilir. Öncelikle, organik karbon ve mikrobiyal biyokütlenin yüksek olması, toprağın genel olarak iyi bir organik madde içeriğine sahip olduğunu gösterir. Ancak, organik maddenin kalitesi ve kompozisyonu enzim aktivitesini doğrudan etkileyebilir. Örneğin, organik madde kompleks ve zor parçalanabilir yapıda olabilir, bu da beta glikosidaz enziminin etkili çalışmasını zorlaştırmıştır (Gianfreda ve Ruggiero, 2006). Ayrıca, beta glikosidaz enzimi, özellikle selüloz ve diğer karbonhidratların parçalanmasında rol oynar. Toprakta bu spesifik substratların eksikliği de, enzim aktivitesinin düşük olmasına neden olmuş olabilir (Eivazi ve Tabatabai, 1990).

Mikrobiyal biyokütle karbonu skoru orta düzeyde olabilir, ancak bu mikroorganizmaların beta glikosidaz enzimi üretim kapasitesi de düşük olabilir. Bu nedenle mikroorganizmalar farklı enzimler üretebilir ve beta glikosidaz üretimi düşük olan mikroorganizma türlerinin baskın olması, enzim aktivitesinin düşük olmasına yol açmış olabilir (Allison ve Vitousek, 2005). Toprak pH, nem, sıcaklık ve besin maddelerinin mevcudiyeti gibi çevresel faktörler de enzim aktivitesini doğrudan etkilemiştir. Örneğin, yüksek pH veya düşük nem, enzimlerin optimal çalışmasını engelleyebilir (Acosta-Martínez ve Tabatabai, 2000). Ayrıca, toprakta bulunan bazı kimyasal maddeler veya toksik bileşikler, beta glikosidaz enziminin aktivitesini inhibe etmiştir. Tarımsal ilaçlar, ağır metaller veya diğer kirleticiler, enzim aktivitesini düşürmüş olabilir (Dick, 1997). Son olarak, toprak mikroorganizmaları arasında rekabet ve antagonizm, belirli enzimlerin üretimini etkileyebilir. Beta glikosidaz üreten mikroorganizmalar, diğer mikroorganizmalar tarafından baskılanabilir veya rekabet edebilir, bu da enzim aktivitesinin düşük olmasına neden olabilir (Torsvik ve Øvreås, 2002). Bu nedenler, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle skorlarının yüksek olmasına rağmen, beta glikosidaz enzimi aktivitesinin neden çok düşük skorlandığını açıklamaktadır.

Toprakların besin maddelerini tutma ve sağlama kapasitesinin bir ölçüsü olan kation değişim kapasitesi (KDK), ilk defa bu çalışmada doğrusal olmayan yöntemlere göre skorlanmış ve SMAF için yeni bir gösterge olarak önerilmiştir. Geliştirilen bu yöntemle fizyografyaların KDK skorları belirlenmiştir. KDK skoru ortalaması 0.58 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). KDK skorları incelendiğinde fizyografyalar arasında farklılıkların anlamlı ($p>0.05$) olmadığı, değişimleri tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). KDK skorunun en düşük olduğu bajada fizyografyasında, ortalama 0.41 olarak hesap edilmiştir. En yüksek skorlanan kolüviyal fizyografyasında, ortalama 0.64 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30). Araştırma alanındaki diğer fizyografyalardan yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, pediment ve nehir sırtı fizyografyalarında ortalamaları sırasıyla 0.60, 0.57, 0.54 ve 0.56 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Araştırma alanında KDK skoru genel olarak orta düzeyde sınıflandırılmıştır (Gugino vd. 2009). En düşük skor ortalamasının belirlendiği bajada fizyografyası topraklarında düşük organik madde içeriği, KDK'nın önemli bir bileşeni olan kanyonları tutma kapasitesini sınırlamıştır (Sparks, 2003). Ortalama kil miktarının %20 civarında olması, kil minerallerinin yüksek yüzey alanları ve negatif yükleri nedeniyle KDK'ya katkı sağlasa da, bu miktarın düşük olması KDK'nın sınırlı kalmasına yol açmıştır (Brady ve Weil, 2008). Yüksek kireç içeriği, toprağın pH seviyesini artırarak bazı kanyonların çözünürlüğünü ve mevcudiyetini azaltmış ve bu da KDK'yı olumsuz etkilemiştir (Sumner, 2000). Ayrıca, yüksek hacim ağırlığı toprağın sıkışık ve yoğun olduğunu gösterir ve bu da su ve hava hareketini kısıtlayarak organik madde birikimini ve mikroorganizmaların aktivitesini olumsuz etkilemiştir (Dexter, 2004). Bu faktörlerin hepsi birlikte bajada fizyografyasındaki topraklarda KDK skorunun düşük olmasına neden olmuştur.

Skorların değişimleri Underhill (1990)'e göre sınıflandırılmış ve varyasyon katsayısı %0-20 arasında değişen skorlar düşük değişkenliğe sahip, varyasyon katsayısı %20-40 arası arasında değişen skorlar orta değişkenliğe sahip ve varyasyon katsayısı %40'tan fazla olanlar ise yüksek değişkenliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Buna göre;

Yan dere alüvyali fizyografyasında hacim ağırlığı, su dolu gözenek hacmi, pH, EC, fosfor, SAR, potasyum ve organik karbon skorları düşük değişkenliğe, yarayışlı su içeriği ve kation değişim kapasitesi orta düzey değişkenliğe, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorları yüksek değişken skor değerlerine sahiptir (Çizelge 4.30).

Taşkın düzlüğü fizyografyasında grid örnek sayısı çok az olduğu için değişkenlikler yüksek olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.30).

Bajada fizyografyasında hacim ağırlığı, su dolu gözenek hacmi, pH, SAR skorları düşük değişkenliğe sahip olarak skorlanmış, fosfor, organik karbon mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi ve KDK yüksek değişkenliğe sahip olarak skorlanmıştır. Sadece potasyum orta derece değişkenliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.30).

Pediment fizyografyasında sadece mikrobiyal biyokütle karbonu yüksek değişkenlikte skorlanmış, hacim ağırlığı, yarayışlı su içeriği, organik karbon, beta

glikosidaz enzimi aktivitesi ve KDK orta düzey değişken sınıflanmış ve su dolu gözenek hacmi, pH, fosfor, SAR ve potasyum düşük değişkenlikte skorlanmıştır (Çizelge 4.30).

Kolüviyal fizyografyada mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorları yüksek değişkenlikte skorlanırken, hacim ağırlığı, yarayışlı su içeriği, fosfor, organik karbon ve KDK skorları orta düzeyde değişkenlik göstermiştir. Ancak su dolu gözenek hacmi, pH, SAR ve potasyum skorları düşük düzeyde değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.30).

Son olarak nehir sırtı fizyografyasında yarayışlı su içeriği ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorları yüksek düzeyde değişkenlik gösterirken, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu orta düzeyde değişkenlik göstermiş ve diğer göstergeler düşük düzeyde değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.30).

4.3.4. Kalite skorlarının mesafeye bağlı değişimi

Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF), toprak kalitesini değerlendirmek ve yönetmek için tasarlanmış kapsamlı bir araçtır. SMAF, çeşitli göstergeleri birleştirerek toprak kalitesi hakkında genel bir değerlendirme sunar ve bu değerlendirme, toprak yönetim stratejilerinin etkinliğini artırmak amacıyla kullanılır (Karlen vd. 2008). Toprak kalitesi haritaları, belirli bölgelerdeki toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını anlamamıza yardımcı olur ve bu bilgileri toprak yönetim stratejilerine entegre eder (Brejda vd. 2000). SMAF ve haritalama tekniklerinin entegrasyonu, toprak yönetiminde daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasına katkıda bulunur ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler (Andrews vd. 2004). Bu bağlamda, farklı ilçelerde ve farklı fizyografik alanlardaki narenciye bahçelerinde toprak kalite göstergeleri skorlanmış ve bu göstergelerin alan içindeki dağılımları haritalandırılmıştır. Sonuç olarak da Kemer ilçesindeki araştırma alanlarında, narenciye arazilerinin tamamını kapsayan bir toprak kalitesi indeksi haritası oluşturulmuştur.

Bu bağlamda, farklı ilçelerde ve fizyografyalarda bulunan narenciye bahçelerinde toprak kalite göstergeleri skorlanmış ve bu göstergelerin alan içindeki dağılımları haritalandırılmıştır. Bu bireysel skorlamaların bir araya getirilmesiyle, Kemer ilçesi için Toprak Kalite İndeksi-1 (TKİ-1) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.34). Ayrıca, çalışma kapsamında doğrusal olmayan yöntemlerle geliştirilmiş katyon değişim kapasitesi (KDK) skorlaması da haritalandırılmıştır. KDK'nin toprak kalitesine olan etkisini harita üzerinde gösterebilmek amacıyla, KDK skorunun diğer gösterge skorlarına dahil edilmesiyle Toprak Kalite İndeksi-2 (TKİ-2) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.35). Skorlamaların sınıflandırılması, Gugini vd. (2009) tarafından belirlenen sınıflara göre yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, %40'tan düşük değerler çok düşük, %40-55 arasındaki değerler düşük, %55-70 arasındaki değerler orta, %70-85 arasındaki değerler yüksek ve %85'ten büyük skor değerleri ise çok yüksek kaliteli olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, Kriging interpolasyon yöntemine ait ordinary tipi kullanılarak skorlar haritalandırılmış ve bu yönteme ait farklı modellerin en uygun olanı tespit edilmiştir. Haritalama çalışmasında, üç farklı Kriging modeli (Gaussian, Exponential, Spherical) denenmiş ve en uygun model seçilmiştir. Modellerin değerlendirilmesinde

RMS (Karekök Ortalama Hatası), RMSS (Karekök Ortalama Standartlaştırılmış Hata) ve ASE (Ortalama Standart Hata) değerleri dikkate alınmıştır (Çizelge 4.32).

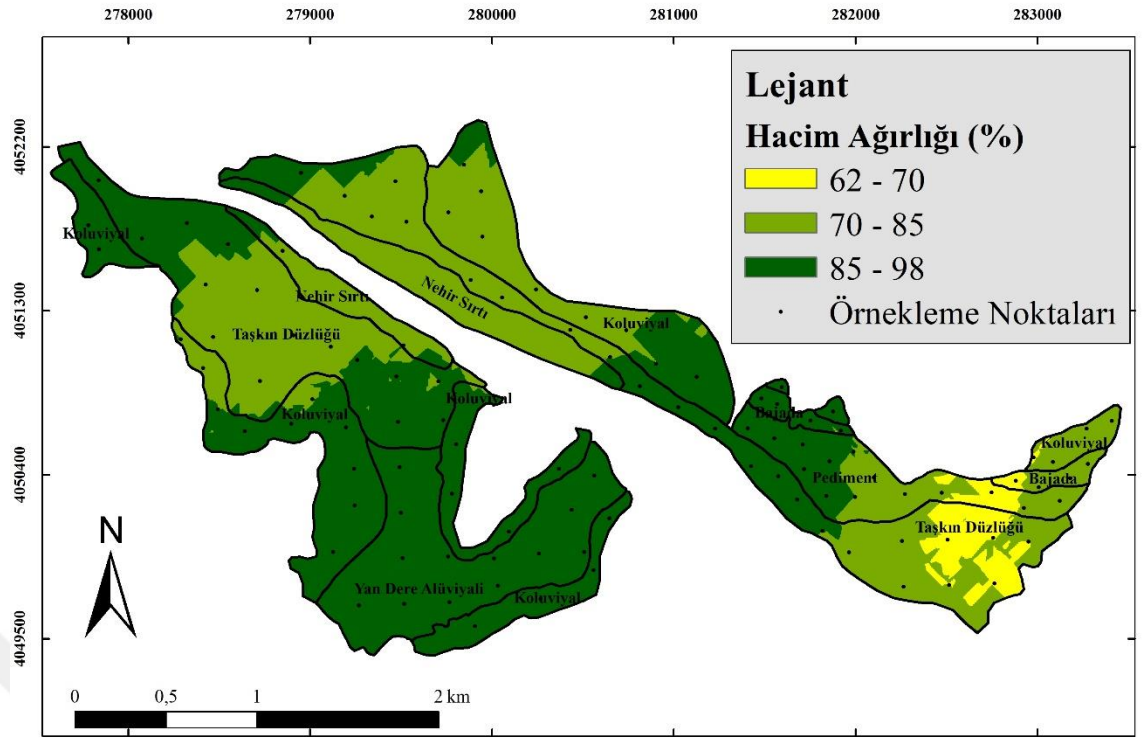
RMS, tahmin hatalarının büyüklüğünü ölçerken, RMSS tahmin edilen belirsizliğin güvenilirliğini değerlendirir. RMS değeri ne kadar küçükse, modelin tahminleri o kadar doğrudur. ASE değeri ise modelin tahmin edilen hata varyansını gösterir ve modelin tahmin ettiği belirsizlikleri özetler. Modeller belirlenirken, RMS değeri düşük olan modeller tercih edilmiştir. Ayrıca, RMSS değerinin 1'e yakın olmasına ve ASE değerinin RMS değeri ile uyumlu olmasına, aralarındaki farkın en az olduğu modelin seçilmesine dikkat edilmiştir.

Bu değerlere dayanarak en uygun model seçilmiştir ve bu modellere ait değerler Çizelge 4.42'de sunulmuştur. Bu yaklaşım, en doğru ve güvenilir haritalama sonuçlarını elde etmek için kullanılmıştır.

Çizelge 4.32. Kemer ilçesi kalite skorlarına ait semivaryogram modellerinin RMS, RMSS ve ASE değerleri

RMS değerleri														
	HA	YSİ	SDGH	pH	EC	P	SAR	K	OK	MBK	BGEA	TKİ-1	KDK	TKİ-2
Gaussian	0,2181	0,1108	0,0840	0,0268	0,0097	0,1875	0,0816	0,1285	0,1884	0,3474	0,0683	6,0939	0,1535	6,1967
Exponential	0,2139	0,1109	0,0841	0,0271	0,0097	0,1876	0,0816	0,1281	0,1888	0,3475	0,0636	6,0939	0,1516	6,1967
Spherical	0,2138	0,1108	0,0839	0,0269	0,0097	0,1876	0,0816	0,1288	0,1882	0,3474	0,0628	6,0939	0,1528	6,1967
RMSS değerleri														
Gaussian	1,0255	1,0208	0,9999	0,9968	0,9974	0,9805	1,0077	1,0266	0,8872	0,9728	1,3342	0,9443	0,9887	0,9502
Exponential	0,9992	1,0257	0,9999	1,0634	0,9974	0,9700	1,0077	1,0207	0,8919	0,9800	1,1756	0,9443	0,9694	0,9502
Spherical	0,9933	1,0329	0,9961	1,0154	0,9974	0,9700	1,0077	1,0325	0,8827	0,9767	1,1364	0,9443	0,9795	0,9502
ASE Değerleri														
Gaussian	0,2132	0,1083	0,0835	0,0268	0,0097	0,1913	0,0809	0,1248	0,2137	0,3572	0,0492	6,4485	0,1553	6,5196
Exponential	0,2143	0,1078	0,0836	0,0252	0,0097	0,1934	0,0809	0,1251	0,2130	0,3547	0,0529	6,4485	0,1568	6,5196
Spherical	0,2155	0,1069	0,0837	0,0263	0,0097	0,1934	0,0809	0,1247	0,2144	0,3557	0,0546	6,4485	0,1562	6,5196

Araştırma alanında hacim ağırlığı skoru, büyük ölçüde çok yüksek ve yüksek skor sınıfında yer almıştır (Şekil 4.22). Bununla birlikte, taşkın düzlüğü, pediment ve bajada fizyografyalarının belirli bölgelerinde orta skor düzeyinde haritalanmıştır. Daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, bu durum toprak sıkışmasının yol açtığı olumsuz etkilerle ilişkilendirilmiştir. Bu bulgu, toprak sıkışmasının bir göstergesi olarak kabul edilmiş ve haritalandırma sonuçları bu durumu doğrular niteliktedir. Toprak sıkışması, su ve hava geçirgenliğini azaltarak bitki kök gelişimini olumsuz etkileyebilir, bu da hacim ağırlığı skorlarının düşük çıkmasına neden olabilir. Taşkın düzlüğü, pediment ve bajada fizyografyalarında gözlemlenen orta düzeydeki skorlar ise, bu alanlardaki toprakların daha fazla sıkışmış olmasından kaynaklanabilir. Bu sonuçlar, araştırma alanındaki bu bölgelerde toprak yönetimi ve iyileştirme stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir temel oluşturmuştur.

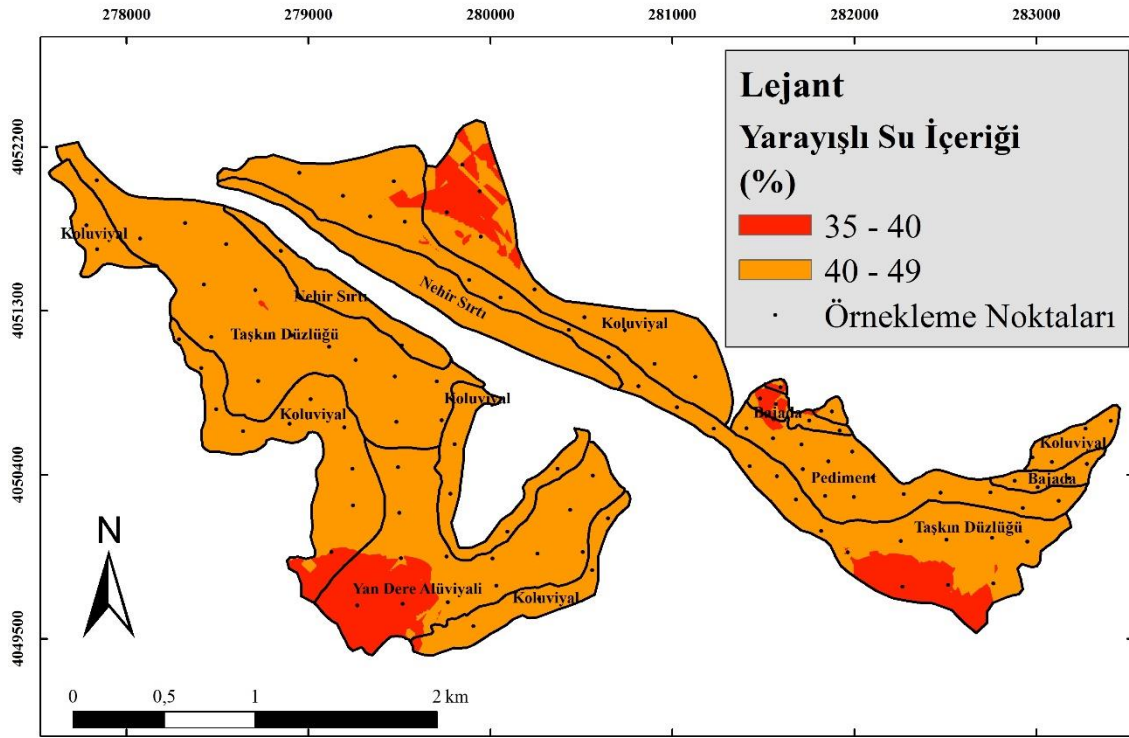


Şekil 4.22. Kemer ilçesi hacim ağırlığı skoru

Yarayışlı su içeriği araştırma alanının büyük bölümünde düşük ve çok düşük olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.23). Özellikle farklı fizyografyalarda bu duruma sebebin tek bir sebeple açıklanması güçtür. Toprakta yarayışlı su içeriğinin yetersiz olması, genellikle birkaç temel faktörle ilişkilidir. İlk olarak, toprak tekstürü ve yapısı büyük bir etkiye sahiptir. Kumlu topraklar, büyük gözenekleri nedeniyle suyu hızla drene eder ve bu nedenle yarayışlı su içeriği düşük olur. Buna karşılık, killi topraklar suyu daha iyi tutabilir, ancak suyun bitkiler tarafından alınabilirliği sınırlı olabilir (Hillel, 1998). İkinci olarak, organik madde içeriği de önemlidir. Organik madde, toprağın su tutma kapasitesini artırarak yarayışlı su içeriğini iyileştirir, ancak organik madde miktarının düşük olduğu topraklarda bu kapasite sınırlıdır (Lal, 2006).

Toprak sıkışması ve hacim ağırlığı gibi fiziksel faktörler de yarayışlı su içeriğini etkiler. Sıkışmış topraklar, suyun kök bölgesine nüfuz etmesini zorlaştırır ve bu da bitkilerin suyu kullanabilmesini kısıtlar (Hamza ve Anderson, 2005).

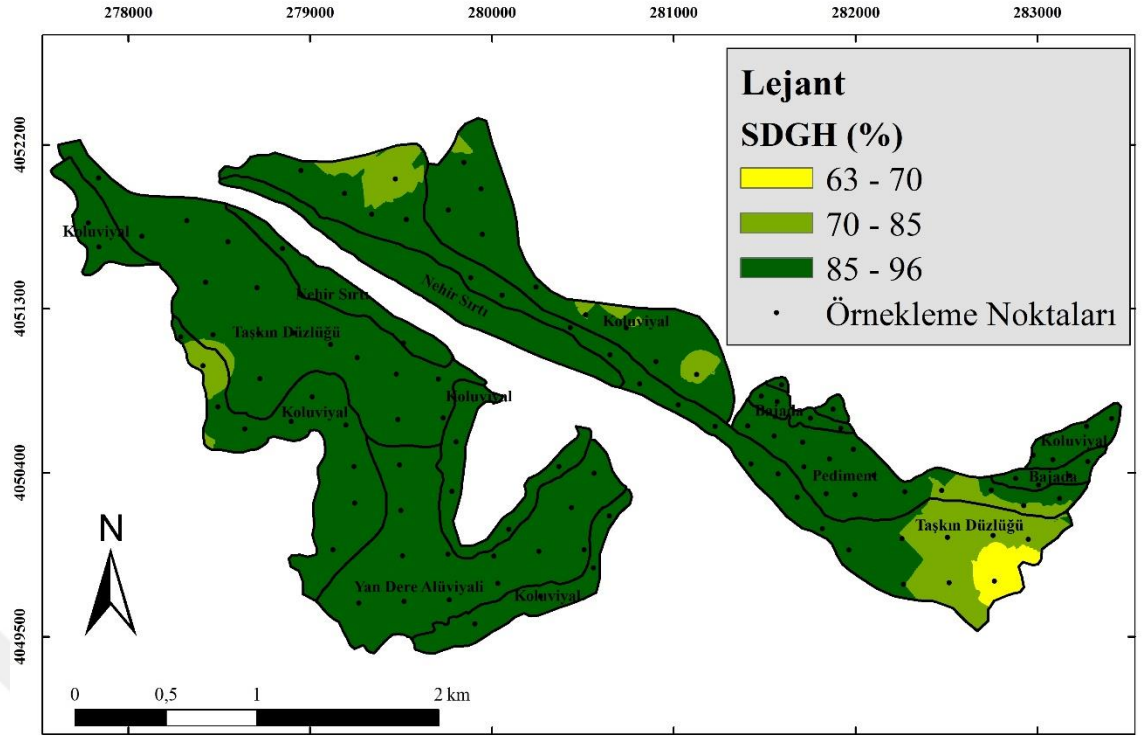
Son olarak, iklim koşulları da yarayışlı su içeriğini belirler. Yüksek buharlaşma oranları ve düzensiz yağışlar, topraktaki suyun hızla tükenmesine neden olabilir (Smith, 2002). Bu faktörlerin tümü, topraktaki yarayışlı su içeriğinin yetersiz olmasına katkıda bulunur ve bitki büyümesi ile tarımsal verimlilik üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir.



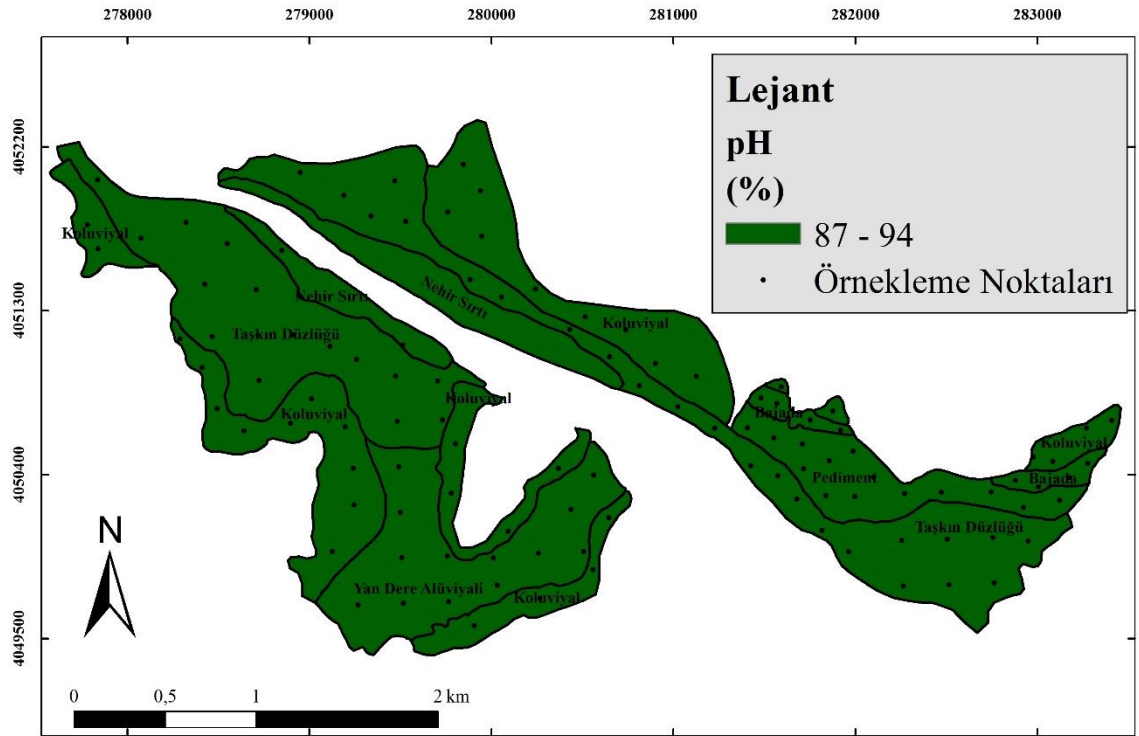
Şekil 4.23. Kemer ilçesi yarayışlı su içeriği skoru

Araştırma alanında su dolu gözenek hacmi skoru, büyük ölçüde çok yüksek ve yüksek olarak belirlenmiş ve bu göstergenin haritalandırılması yapılmıştır (Şekil 4.24). Ancak, taşkın düzlüğünün belirli bölgelerinde bu skor orta düzeyde sınıflandırılmıştır. Bu farklılık, taşkın düzlüklerinin karakteristik fizyografik özellikleri ile ilişkilendirilebilir. Taşkın düzlükleri, genellikle yoğun su akışına maruz kalan ve sediment birikiminin yoğun olduğu alanlardır. Bu özellikler, toprağın gözenek yapısının suyu tutma kapasitesini etkileyebilir. Yüksek miktarda iri taneli sedimentlerin birikimi, suyun daha hızlı drene olmasına neden olarak su dolu gözenek hacminin azalmasına yol açabilir. Ayrıca, taşkın düzlüklerinde sık sık meydana gelen su hareketleri, toprağın yapısını değiştirerek su tutma kapasitesini etkileyebilir ve bu da su dolu gözenek hacmi skorlarının orta düzeyde sınıflandırılmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

Araştırma alanında pH göstergesi, SMAF'a göre skorlandığında tüm fizyografik ünitelerde çok yüksek skorlarla belirlenmiş ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.25). Bu durum, bölgedeki toprakların istenilen nötr pH seviyesinde olduğunu ve ideal toprak pH aralığında bulunduğunu göstermektedir. Toprakların pH seviyesinin bu şekilde yüksek skorlara sahip olması, bitki besin maddelerinin optimal alımı ve toprak sağlığı açısından olumlu bir durumu yansıtmaktadır. Haritalama sonuçları, araştırma alanındaki tüm fizyografik ünitelerde benzer pH seviyelerinin hâkim olduğunu ortaya koyarak, bölgenin genel toprak pH durumunun ideal aralıkta olduğunu vurgulamaktadır.

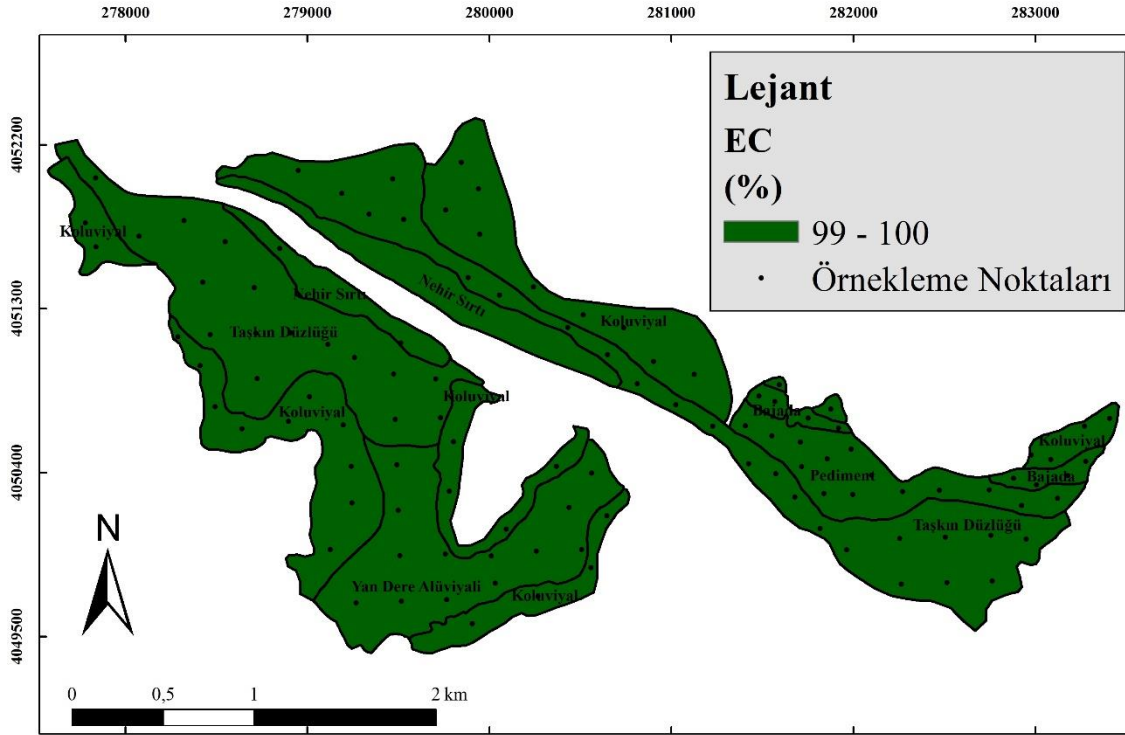


Şekil 4.24. Kemer ilçesi su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru



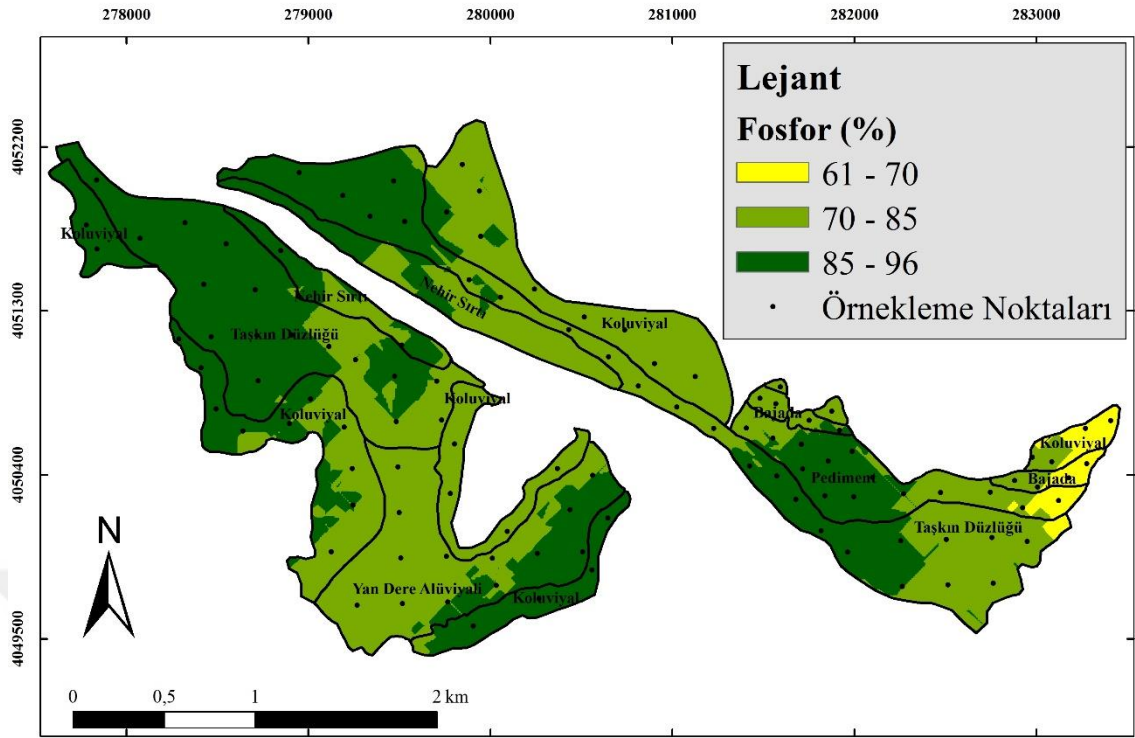
Şekil 4.25. Kemer ilçesi pH skoru

Araştırma alanında elektriksel iletkenlik (EC) göstergesi, SMAF'a göre skorlandığında tüm fizyografik ünitelerde çok yüksek skorlarla belirlenmiş ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.26). Bu durum, bölgedeki toprakların istenilen düşük tuz seviyesinde olduğunu ve toprakların tuzluluk problemi yaşamadığını göstermektedir. Toprakların EC seviyesinin bu şekilde yüksek skorlara sahip olması, bitki büyümesi ve verimliliği için uygun koşulları yansıtmaktadır. Haritalama sonuçları, araştırma alanındaki tüm fizyografik ünitelerde benzer EC seviyelerinin hâkim olduğunu ortaya koyarak, bölgenin genel toprak tuzluluk durumunun ideal aralıkta olduğunu vurgulamaktadır.



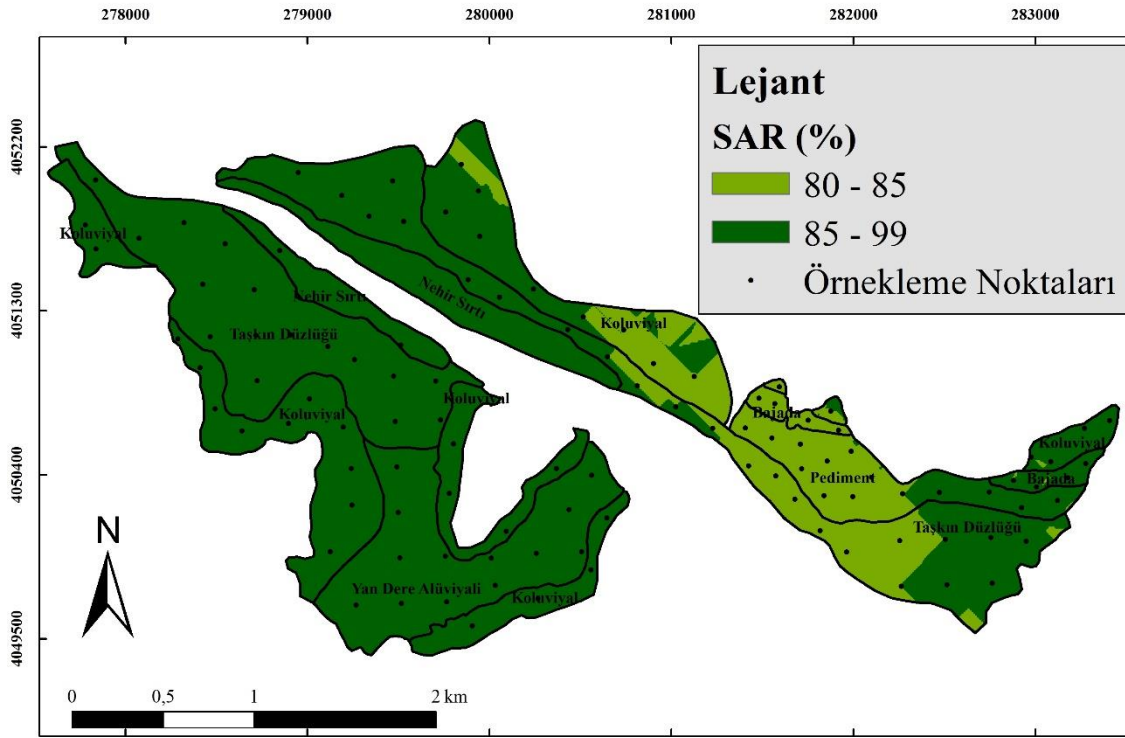
Şekil 4.26. Kemer ilçesi EC skoru

Araştırma alanında fosfor skoru, büyük ölçüde çok yüksek ve yüksek seviyelerde skorlanmış ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.27). Ancak, bajada ve kolüviyal fizyografyaların belirli bölgelerinde fosfor skoru orta düzeyde tespit edilmiştir. Bu farklılık, bajada ve kolüviyal alanların karakteristik fizyografik özelliklerinden kaynaklanabilir. Bajada bölgeleri, genellikle etek arazilerde yer alır ve iri taneli materyallerin birikmesiyle oluşur. Bu toprak yapısı, fosforun toprakta bağlanma ve tutulma kapasitesini etkileyerek orta düzeyde skorlanmasına neden olabilir. Kolüviyal bölgeler ise eğimli arazilerden taşınan materyallerin birikmesiyle oluşur ve toprak tekstürü genellikle heterojendir. Bu çeşitlilik, fosforun toprak profili içinde düzensiz dağılmasına ve bazı bölgelerde orta skorların oluşmasına yol açabilir. Bu fizyografik özellikler, bajada ve kolüviyal alanlardaki fosfor skorlarının diğer bölgelere kıyasla neden daha düşük olduğunu açıklamaktadır.



Şekil 4.27. Kemer ilçesi fosfor skoru

Araştırma alanında Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) SMAF'a göre yapılan kalite skorlamasında, büyük ölçüde çok yüksek skorlarla belirlenmiş ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.28). Bu durum, SAR değerlerinin toprakta düşük olduğunu ve bitkisel üretimde sorun yaratmayacağını göstermektedir. Ancak, belirli pediment ve kolüviyal fizyografya bölgelerinde SAR skoru yüksek düzeyde sınıflandırılmıştır. Bu farklılık, pediment ve kolüviyal fizyografyaların kendine özgü özelliklerinden kaynaklanabilir. Pediment bölgeleri, genellikle yamaç eteklerinde yer alır ve ince taneli materyallerin birikmesiyle karakterizedir. Bu toprak yapısı, sodyum iyonlarının toprak profili içinde daha iyi tutulmasını sağlayarak SAR kalite skorlarının yüksek seviyede olmasına neden olabilir. Kolüviyal alanlar ise eğimli arazilerden taşınan materyallerin birikmesiyle oluşur ve toprak tekstürü genellikle heterojendir. Bu çeşitlilik, sodyum iyonlarının toprakta düzensiz dağılmasına ve bazı bölgelerde SAR kalite skorlarının yüksek düzeyde kalmasına yol açabilir. Bu fizyografik özellikler, pediment ve kolüviyal bölgelerdeki SAR kalite skorlarının diğer alanlara kıyasla neden daha düşük olduğunu açıklamaktadır.

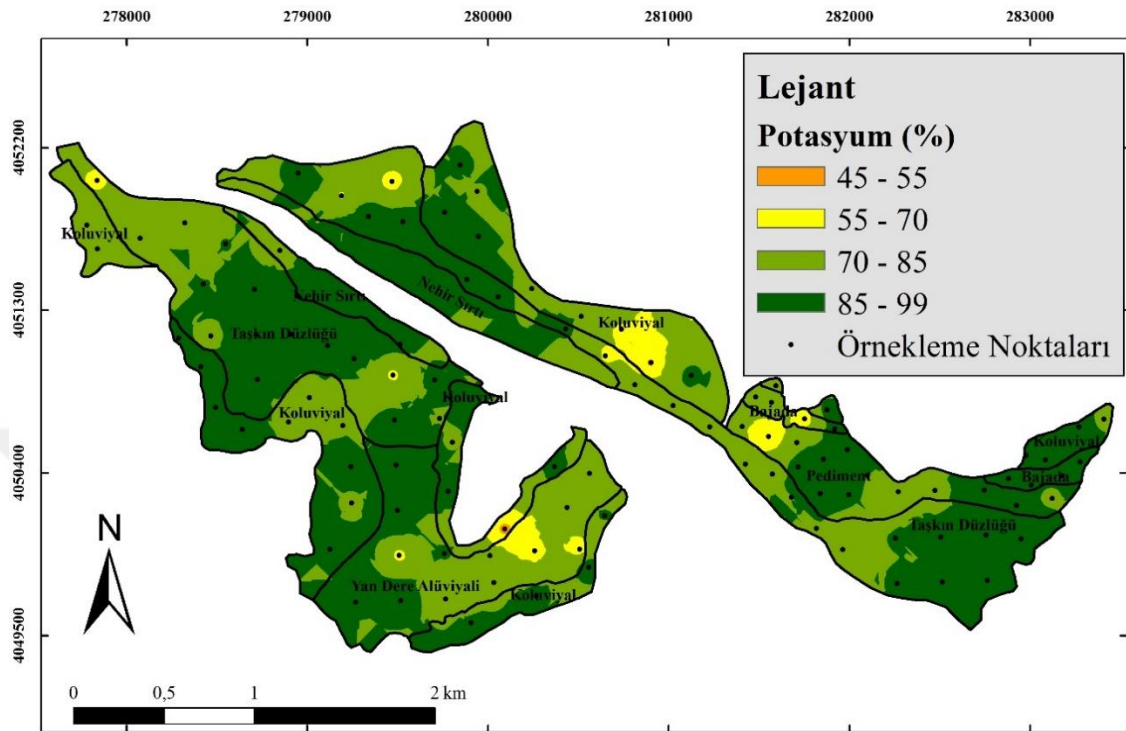


Şekil 4.28. Kemer ilçesi SAR skoru

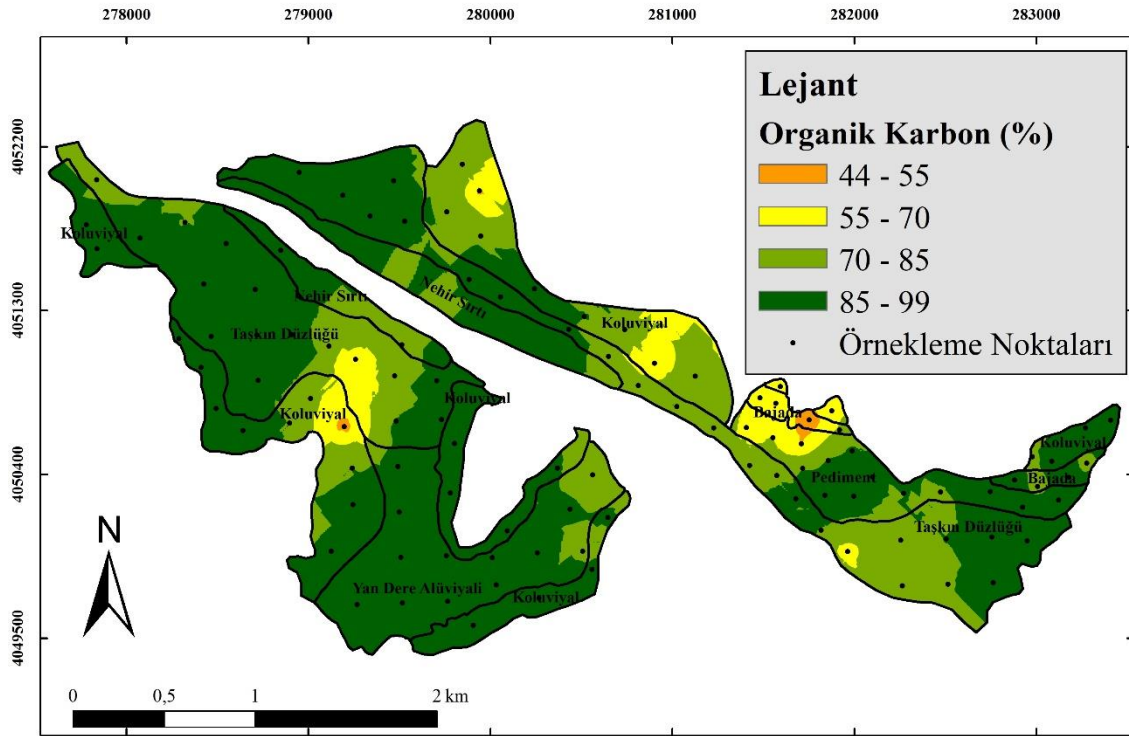
Potasyum göstergesi skoru, araştırma alanında büyü ölçüde çok yüksek ve yüksek düzeylerde belirlenmiştir (Şekil 4.29). Ancak, bazı spesifik alanlarda potasyum skorları orta ve düşük seviyelerde tespit edilmiştir. Bu farklılık, genel fizyografik özelliklerden ziyade, bu bölgelerdeki narenciye bahçelerinde uygulanan bitki besleme yöntemlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Narenciye bahçelerinde uygulanan gübreleme programları ve bitki besin maddesi yönetimi, topraktaki potasyum seviyelerini doğrudan etkileyebilir. Örneğin, potasyum eksikliği olan gübrelerin yetersiz uygulanması veya dengesiz besin maddesi yönetimi, potasyum seviyelerinin düşük olmasına neden olabilir (Havlin vd. 2014). Ayrıca, sulama yöntemleri ve toprak işleme teknikleri de toprakta potasyum birikimini ve dağılımını etkileyebilir (Brady ve Weil, 2002). Bu durum, belirli alanlardaki potasyum skorlarının neden diğer bölgelere kıyasla daha düşük olduğunu açıklamaktadır ve toprak verimliliği ile bitki sağlığı üzerinde önemli etkileri olabilir.

Araştırma alanında organik karbon skoru, genel olarak çok yüksek ve yüksek düzeylerde belirlenmiş ve haritalandırılmıştır. Ancak, kolüviyal ve bajada fizyografyalarında organik karbon skorları orta ve düşük seviyelerde sınıflandırılmıştır. Bu farklılık, fizyografik özelliklerden ziyade, bu bölgelerdeki spesifik uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Kolüviyal ve bajada alanlarında, toprak organik madde içeriğini etkileyen tarımsal uygulamalar ve toprak yönetim stratejileri önemli rol oynamaktadır. Örneğin, yoğun toprak işleme, yetersiz organik madde eklenmesi ve yanlış sulama teknikleri, organik karbon seviyelerinin azalmasına neden olabilir (Lal, 2006). Bu bölgelerde, organik madde miktarını artırıcı uygulamaların yetersizliği, organik karbon skorlarının düşük olmasına yol açmaktadır (Gregorich et al., 1994). Bu durum, kolüviyal

ve bajada fizyografyalarındaki organik karbon skorlarının diğer alanlara kıyasla neden daha düşük olduğunu ve bu farklılığın spesifik toprak yönetim uygulamalarından kaynaklandığını göstermektedir.



Şekil 4.29. Kemer ilçesi potasyum skoru

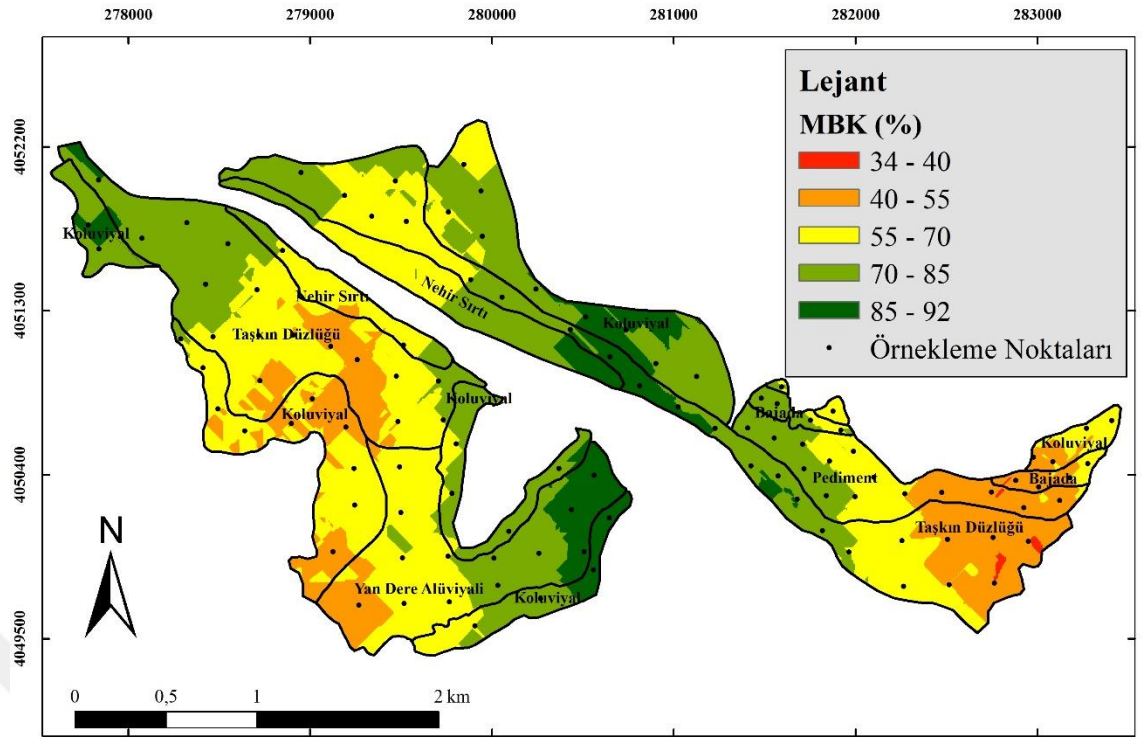


Şekil 4.30. Kemer ilçesi organik karbon skoru

Araştırma alanında mikrobiyal biyokütle karbonu skoru, organik karbon skoruna göre daha düşük sınıflarda yer almakta olup, çoğunlukla orta ve düşük seviyelerde sınıflandırılmıştır (Şekil 4.31). Bununla birlikte, bazı bölgelerde mikrobiyal biyokütle karbonu skorları çok yüksek ve yüksek düzeylerde belirlenmiştir. Özellikle taşkın düzlüğü ve bazı kolüviyal fizyografya bölgelerinde mikrobiyal biyokütle karbonu skorları düşük seviyelerde yer almaktadır.

Bu durumu açıklamak için birkaç faktör göz önünde bulundurulabilir. Öncelikle, mikrobiyal biyokütle karbonu, sadece topraktaki organik karbon miktarına değil, aynı zamanda toprak nemi, sıcaklık, besin maddesi içeriği ve toprak pH'sı gibi çevresel koşullara da bağlıdır (Anderson ve Domsch, 2010). Taşkın düzlüğü ve kolüviyal alanlar, su hareketlerinin yoğun olduğu ve organik maddelerin hızlı bir şekilde taşınarak yıkanabildiği bölgelerdir. Bu durum, bu alanlarda mikrobiyal biyokütle karbonunun azalmasına yol açabilir.

Ayrıca, taşkın düzlüğü ve kolüviyal bölgelerdeki toprakların sık sık su altında kalması, mikrobiyal aktiviteyi olumsuz yönde etkileyebilir. Olası su hareketi, mikroorganizmaların yaşam alanlarını bozarak biyokütle karbonu miktarını azaltabilir (Schimel ve Schaeffer, 2012). Diğer yandan, bazı bölgelerde yüksek mikrobiyal biyokütle karbonu skorlarının tespit edilmesi, bu bölgelerdeki uygun nem ve sıcaklık koşullarının yanı sıra yeterli besin maddesi mevcudiyetine bağlanabilir.

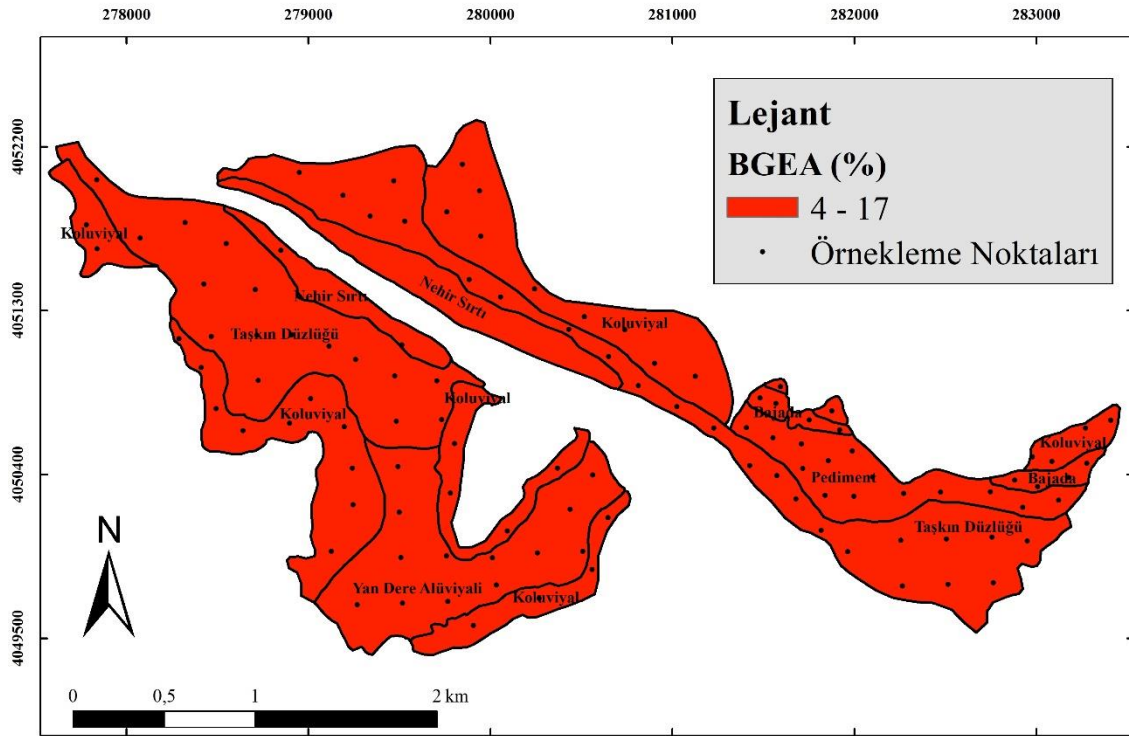


Şekil 4.31. Kemer ilçesi mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) skoru

Araştırma alanında beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru, büyük ölçüde çok düşük ve düşük seviyelerde skorlanmış ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.32). Bu durum, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu skorları ile kıyaslandığında dikkat çekicidir. Çünkü bu göstergelerin yüksek olduğu alanlarda beta glikosidaz enzim aktivitesinin de yüksek olması beklenir.

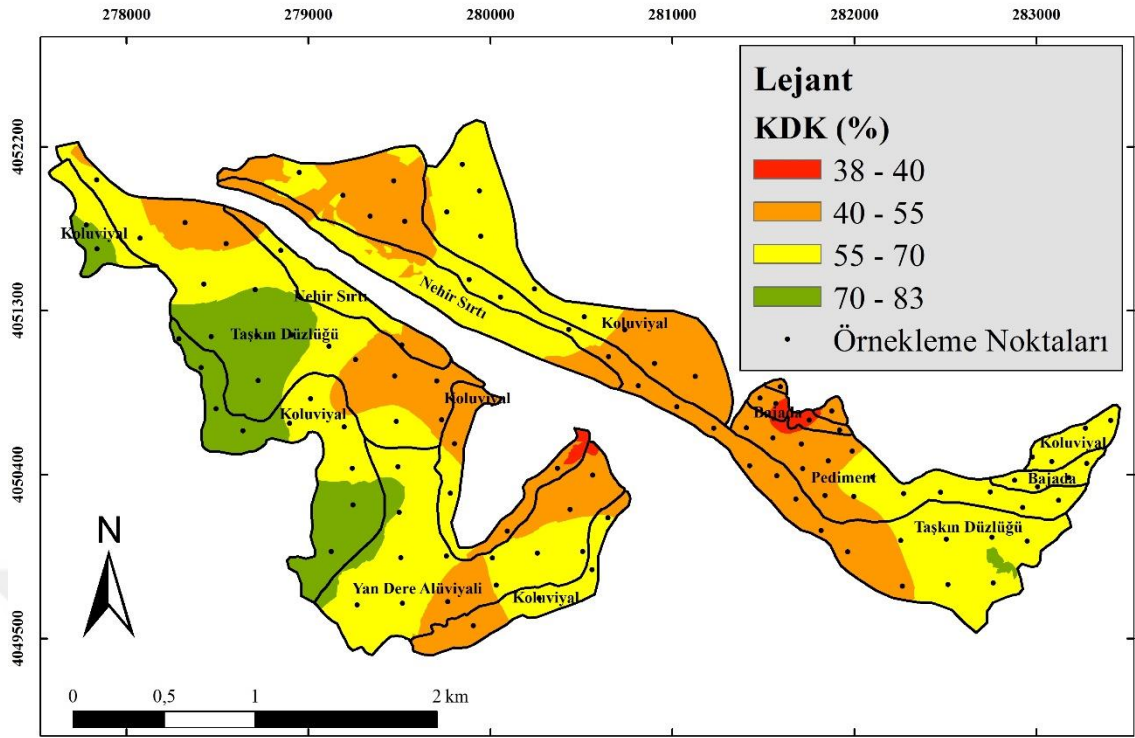
Bu çelişki, beta glikosidaz enzim aktivitesinin sadece organik karbon ve mikrobiyal biyokütle miktarına değil, aynı zamanda toprak pH'sı, nem durumu, substrat mevcudiyeti ve diğer çevresel koşullara da bağlı olmasından kaynaklanabilir (Allison ve Martiny, 2008). Örneğin, taşkın düzlüğü ve kolüviyal alanlarda su hareketleri ve toprak yapısı, enzim aktivitesini etkileyebilir. Sürekli su hareketi ve sediment birikimi, organik maddelerin mikrobiyal kullanımını sınırlandırarak enzim aktivitesini düşürebilir (Freeman vd. 2001). Buna karşılık, belirli bölgelerde yüksek enzim aktivitesi tespit edilmesi, bu alanlardaki uygun nem ve sıcaklık koşulları ile yeterli substrat mevcudiyetine bağlanabilir.

Bu analizler, beta glikosidaz enzim aktivitesi skorlarının mekansal dağılımındaki farklılıkları açıklamaktadır. Toprak organik karbonu ve mikrobiyal biyokütle karbonunun yanı sıra çevresel koşullar ve toprak özellikleri, beta glikosidaz enzim aktivitesi seviyelerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.



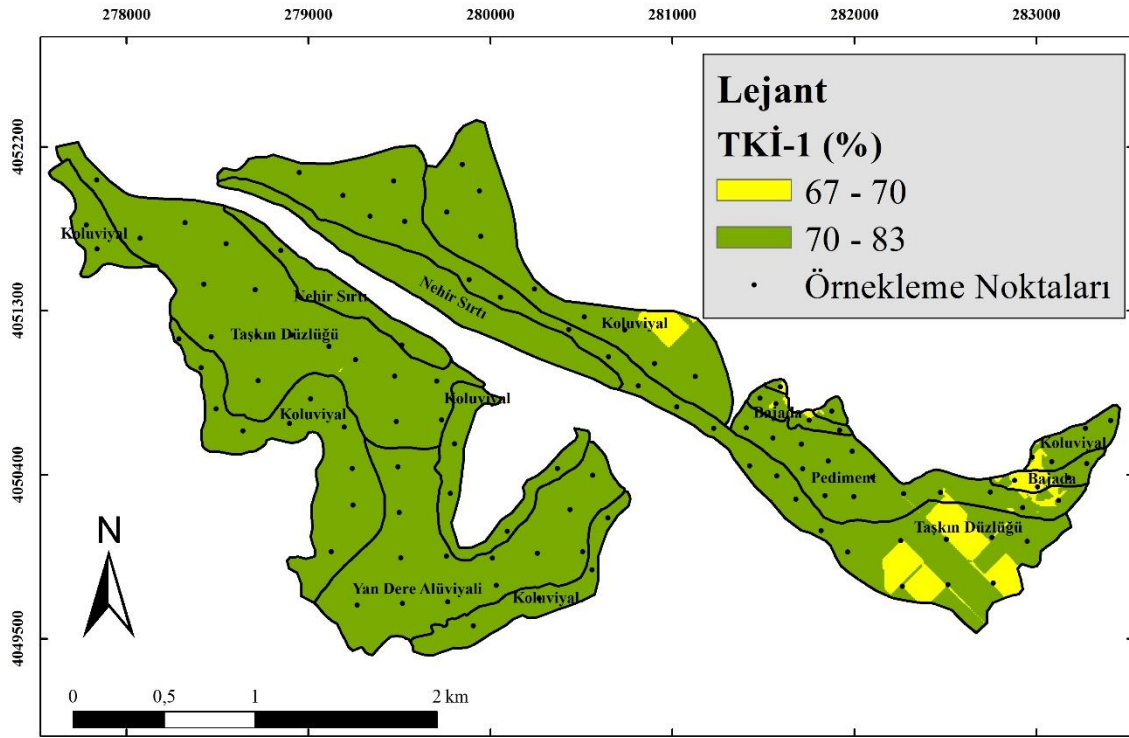
Şekil 4.32. Kemer ilçesi beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) skoru

Araştırma alanındaki katyon değişim kapasitesi skorları genellikle orta ve düşük sınıflarda yer almıştır. Bu skorlamada belirli bir fizyografyanın etkisinin düşük veya yüksek olmadığı, katyon değişim kapasitesine en çok etki eden faktörün organik madde içeriği olduğu düşünülmektedir. Yapılan analizler, organik madde miktarının katyon değişim kapasitesi üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır, bu da toprak kalitesi değerlendirmelerinde organik maddenin kritik bir bileşen olarak ele alınmasını gerektiğini bir kez daha göstermiştir.



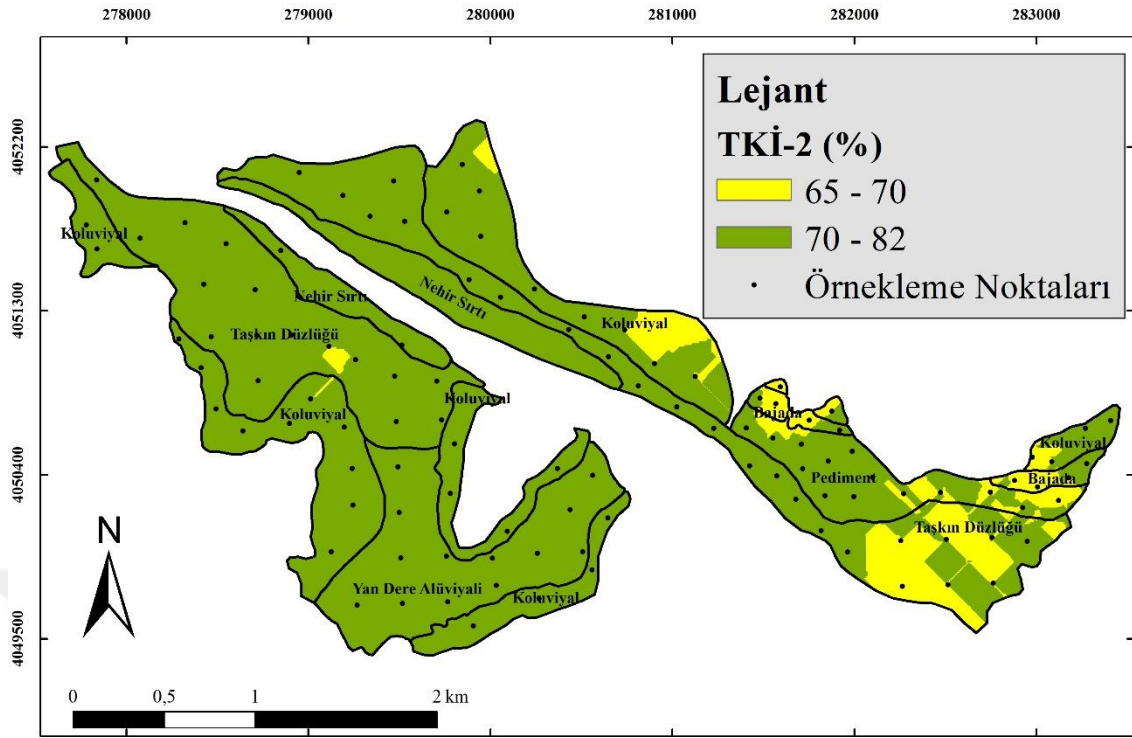
Şekil 4.33. Kemer ilçesi katyon değişim kapasitesi skoru

Katyon değişim kapasitesi skoru dahil edilmeden, SMAF'ın 11 göstergesini kullanarak hazırlanan Toprak Kalite İndeksi-1 skorlama haritasında, araştırma alanı büyük ölçüde yüksek skor düzeyinde haritalanmıştır (Şekil 4.34). Bununla birlikte, bazı spesifik düşük skora sahip narenciye bahçeleri, taşkın düzlüğü, bajada ve kolüviyal fizyografya gibi belirli alanlarda orta skor düzeyinde sınıflandırılmıştır. Bu durum, bu fizyografik birimlerin toprak kalite indeksine etkisini ve özellikle narenciye bahçelerinin bulunduğu alanlarda, toprak kalitesinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken önemli faktörleri göz önüne çıkarmıştır.



Şekil 4.34. Kemer ilçesi toprak kalite indeksi-1 (TKİ-1) skoru

Kasyon değişim kapasitesinin bir gösterge olarak skorlanıp indekslendiği ve haritalandığı Toprak Kalite İndeksi-2 (TKİ-2) haritasında, araştırma alanı büyük ölçüde yüksek skor sınıfında haritalanmıştır (Şekil 4.35). Araştırma alanının belirli bir fizyografya karakteristiğinden dolayı daha düşük skorlar almadığı, ancak az da olsa orta skor sınıfının yayılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Kasyon değişim kapasitesi skorunu büyük ölçüde etkileyen kil miktarı ve organik madde miktarının düşük olduğu bölgeler, TKİ-2 haritasında daha belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Bu bulgular, toprak kalite değerlendirmelerinde kil ve organik madde miktarının önemini vurgulamakta ve bu göstergelerin toprak kalitesine olan etkilerini daha net bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 4.35. Kemer ilçesi toprak kalite indeksi-2 (TKİ-2) skoru

4.4. Konyaaltı ilçesinin toprak özellikleri ve kalite değerlendirmesi

Araştırmaya konu olan Konyaaltı ilçesindeki narenciye arazileri 6 farklı fizyografyada tespit edilmiş ve her birinin morfolojik tanımlamaları yapılmıştır. 650 ha alanda yapılan bu çalışmada 106 grid örnekleme yapılmıştır ve örnek yoğunluğu 6.1 ha/örnek olarak hesaplanmıştır.

Konyaaltı ilçesinde çalışma alanı Doyran, Gökçam ve Karatepe mahalleleri sınırları içindedir. Bu alanlar içerisinde taşkın düzlüğü-1 (P.12), taşkın düzlüğü-2 (P.13), alüviyal yelpaze (P.14), kolüviyal (P.15), yan dere alüviyalı (P.16), nehir sırtı (P.17), bajada (P.18) fizyografyaları tanımlanmıştır. Her bir fizyografyaya ait profillerin morfolojik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yanı sıra mineralojik özellikleri de belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre farklı fizyografyalarda belirlenmiş her bir profilin ve grid örneklerinin tanımlayıcı istatistik verileri belirlenmiştir.

4.4.1. Morfolojik, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik analiz sonuçları

Taşkın düzlüğü

Çalışma alanında en fazla alana sahip olan taşkın düzlüğü fizyografyası için P.12 profili tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı arazi deniz seviyesinden 41 m yükseklikte, %0-2 eğime sahip düz düze yakın, drenajı iyi, taban suyu problemi olmayan niteliktedir. Profilde yapılan morfolojik tanımlama işlemlerinden sonra profil Soil Taxonomy sınıflandırmasına göre Typic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. P.12 profiline ait

tanımlanmış morfolojik bilgiler Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. P.12 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°35’6’’ K – 30°33’55’’ D
Yükseklik:	41 m
Fizyografik konumu:	Taşkın Düzlüğü
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 B-D
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yuvarlak taş
İnsan etkisi:	25 cm’e kadar kültivatörle sürüm

	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-25	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaşı; kumlu killi tın; orta orta köşeli blok; nemli iken sıkı yaşı iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşsız; yaygın ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	A2	25-39	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaşı; tınlı; orta orta köşeli blok; nemli iken dağılgan yaşı iken yapışkan değil, plastik değil; çok kireçli; az taşlı; yaygın orta saçak kök; 0-3 cm çaplı çakıllar; belirgin düz sınır.
	A3	39-50	Çok koyu gri (5YR 3/1) yaşı; kumlu tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan; yaşı iken yapışkan değil, plastik değil; çok kireçli; yaygın orta saçak ve kazık kök; 0-5cm çaplı çakıllar; belirgin düz sınır
	2C	50-59	1-10cm çaplı çakıllar.
	3C	59-80	Çakıllarla karışık kum katmanı.
	4C	80+	5-20 cm çaplı çakıllar.

Yapılan tanımlama işlemlerinde göre profilde Ap ve A2 horizonlarında koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2), A3 horizonunda, çok koyu gri (5YR 3/1) renkler tespit edilmiştir. Tekstür, Ap horizonunda kumlu killi tın, A2 horizonunda tın ve A3 horizonunda kumlu tın olarak gelişmiştir. Strüktür, Ap ve A2 horizonlarında orta orta köşeli blok, A3 horizonunda zayıf orta yarı köşeli blok gelişmiştir. Ap horizonunda kıvam nemli iken sıkı yaş iken yapışkan plastik, A2 ve A3 horizonlarında ise nemli iken dağılgan yaş iken yapışkan değil plastik değil olarak sınıflandırılmıştır. Tüm profil çok kireçli iken Ap horizonu taşsız ve A3 horizonu az taşlı olarak tanımlanmıştır. Ap horizonunda yaygın ince olan saçak kökler A2 horizonunda yaygın orta saçak kök ve A3 horizonunda ise yaygın orta saçak ve kazık kök şeklinde gözlemlenmiştir. A2 horizonunda 0-3 cm çaplı çakıllar tanımlanırken A3 horizonunda 0-5 cm çaplı çakıllar gözlemlenmiştir. 2C horizonunda 1-10 cm çaplı çakıllar, 3C horizonunda çakıllarla karışık kum katmanı ve 4C horizonunda 5-20 cm çaplı taş ve çakıllar tanımlanmıştır. P.12 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. P.12 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH	
A _p	30.4	39.2	30.4	CL	1.51	30.52	21.83	8.69	0.48	0.25	0.23	0.64	
A ₂	50.5	31.0	18.5	L	1.42	20.80	13.73	7.07	0.42	0.21	0.21	0.49	
A ₃	64.6	26.9	8.5	SL	1.50	18.61	12.72	5.89	0.45	0.20	0.25	0.42	
HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
A _p	6.64	0.412	14.70	2.6	6.01	0.12	321.60	23.85	30.77	23.73	4.11	0.35	1.05
A ₂	6.82	0.228	15.72	1.8	4.20	0.07	164.40	3.45	29.21	21.47	3.39	0.29	0.81
A ₃	6.99	0.244	16.37	1.7	4.65	0.03	180.00	3.90	27.28	21.11	3.07	0.26	0.63

Taşkın düzlüğü fizyografyası için tanımlanmış olan P.12 profilinde pH değeri 6.64-6.99 arasında belirlenmiş ve nötr sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.34). Kireç, %14.70-16.37 değerleri arasında tespit edilmiş ve yüksek kireçli sınıfta yer almışlardır (Çizelge 4.34). Aşağı doğru artan kireç oranları profilde yıkanmanın olduğunun bir göstergesidir. Bu profilin dağılım gösterdiği alanlarda yüksek kireç içeriğinden, fosfor, demir ve çinko gibi elementlerin yayırlılığını olumsuz etkileneceği düşünülmektedir.

Elektriksel iletkenlik değerleri, 0.228 - 0.412 dS/m değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Bu değere göre P.12 profili tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır.

P.12 profilinin organik madde içeriği %1.7-2.6 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.34). Elde edilen bu değerlere göre profilin organik madde sınıfı orta olarak belirlenmiştir.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değerleri 164.40-321.60 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 4.34). Elde edilen bu değerler Wardle (1992)'ye göre orta düzeyde sınıflandırılmıştır.

Beta glikosidaz enzimi aktivitesi topraktaki organik maddenin parçalanmasıyla görevlidir. Bu nedenle organik madde miktarı ile doğrusal bir ilişki içerisindedir. BGEA

3.45-23.85 µg/g değerleri arasında belirlenmiş (Çizelge 4.34) ve Alef ve Nannipieri (1995)'nin sınıflandırmasına göre, düşük sınıfta yer almıştır.

Sodyum adsorpsiyon değeri sodyum ile doğru orantılıdır. P.12 profili SAR değerleri 0.03-0.12 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). SAR, Havlin ve Kissel (2024)'in yaptığı sınıflandırmaya göre düşük sınıflandırılmış ve yetiştiricilikte bir sorun yaratacak nitelikte değildir.

Profilin morfolojik incelemesinde belirlenen tekstür sınıf değerleri fiziksel analizlerle elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Elde edilen değerlere göre en yüksek % kum miktarı (%64.6) A3 horizonunda yer alırken en düşük % kum miktarı (%30.4) Ap horizonunda bulunmuştur (Çizelge 4.34). En yüksek silt miktarı (%39.20) Ap horizonunda bulunurken en düşük silt miktarı (%26.9) A3 horizonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Kil miktarları değerlendirildiğinde en yüksek kil miktarı Ap horizonunda (%30.4), en düşük kil miktarı (%8.5) A3 horizonunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.34).

P.12 profilinde katyon değişim kapasitesi, onu etkileyen bütün bileşenleriyle benzer şekilde profilin yüzeyden alt horizonlara doğru azalış göstermektedir. Buna göre katyon değişim kapasite değerleri 27.28-30.77 meq/100gr arasında ve yüksek sınıfta belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Fosfor değerleri P.12 profilinde 4.20-6.01 ppm değerleri arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Olsen vd. (1954)'nin sınıflandırmasına göre düşük sınıfta yer almıştır.

Hacim ağırlığı, 1.42-1.51 g/cm³ değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Bu değer, literatürde (NRCS 2022; USDA 2023) belirtilen uygun sınır değerlerinin arasında yer almıştır.

Solma noktası, P.12 profilinde Ap horizonunda %21.83, A2 horizonunda %13.73, A3 horizonunda %12.72 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Ap horizonunda tespit edilen solma noktası değeri literatürde (Hillel 1980) tınlı topraklar için belirlenen %10-15 değerinden daha yüksek çıkmıştır. Buna neden olan etmenlerden birisi bu horizontdaki toprak sıkışması olduğu düşünülmektedir. A2 ve A3 horizonlarında belirlenen değerler, literatürde belirtilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

Tarla kapasitesi, Ap horizonunda %30.52 olarak tespit edilmiş (Çizelge 4.34) ve literatürde bildirilen değerlerle uyum göstermektedir. A2 horizonunda %13.73 ve A3 horizonunda %12.72 değerleri incelendiğinde ise literatüre göre beklenen değerlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Buna sebep olan durumun düşük kil miktarı ve düşük organik madde miktarı olduğu düşünülmektedir.

Yarayıslı su içeriği Ap horizonunda %8.69, A2 horizonunda %7.07 ve A3 horizonunda %5.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.34). Tespit edilen bu değerler literatürde genel olarak orta bünyeli topraklar için belirlenen sınır değerlerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun nedeninin toprak profilinde diğer yukarıda da bildirilen solma noktasının yüksek olması ve tarla kapasitesi değerinin düşük olmasından kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir.

Toplam gözeneklilik Ap horizonunda 0.48 cm cm^{-3} , A2 horizonunda 0.42 cm cm^{-3} , A3 horizonunda 0.45 cm cm^{-3} olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Belirlenen bu değerler tınlı topraklar için belirlenen değerler aralığındadır ancak alt sınır değerlere yakındır. Buradan da anlaşılabacağı üzere topraktaki fiziksel koşullar iyi yönetilemez ise gözenekliliğin azalacağı ve topraktaki hava su dengesinin bozulması kaçınılmazdır.

Profildeki mikro gözenek değerleri incelendiğinde yüzeyden başlayarak alt horizonlara doğru azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.34). Mikro gözeneklilik Ap horizonunda $0.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, A2 horizonunda $0.21 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ve A3 horizonunda ise $0.20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Tespit edilen bu değerler tınlı topraklar için literatürde belirtilen % 40-60 değer aralığından daha düşük seviyededir. Bu duruma neden olarak da yukarı da başka sebeplerinin de olduğu tespit edilen sıkışmadır. Profilde oluşan toprak sıkışması toprakta suyun tutulmasında görev alan mikro gözenekliliği azaltmıştır.

Makro gözenek değerleri incelendiğinde Ap, A2 ve A3 horizonlarında sırasıyla 0.23 , 0.21 ve $0.25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.34). Carter (1990) ve Sassenrath vd. (2018)'nin bildirdikleri değer aralıklarına göre toprakta sağlıklı hava su hareketi değerleri 0.1 ve üzeri olması gerektiğidir. Buna göre profil içerisinde ortalama $0.23 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ hesaplanan makro gözeneklilik değerinin normal değerler içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır. Buradan da anlaşılabacağı üzere profildeki diğer sebeplerden kaynaklanan sıkışmanın makro gözenekliliğini etkilenmediği görülmektedir. Topraklarda sıkışmanın yeni başladığı dönemlerde ilk olarak mikro gözeneklilik değerlerinin azalamaya başladığı düşünülecek olursa P.12 profilinde sıkışmanın henüz başladığı anlaşılmaktadır.

Profilde su dolu gözenek hacmi değerleri incelendiğinde Ap profilinde 0.65 , A2 profilinde 0.49 ve A3 profilinde ise 0.42 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34). P.12 profilinde tespit edilen su dolu gözenek hacmi değerlerinin literatürde belirtilen %30-70 değer aralığında olması sebebiyle profildeki su dolu gözenek hacimlerinin mikrobiyal aktiviteyi engelleyecek bir durumda olmadığı belirlenmiştir.

Taşkın düzlüğü

Çalışma alanında taşkın düzlüğü için tanımlanan ikinci profil olarak P13 profili tanımlanmıştır. Tanımlanan bu profil, deniz seviyesinden yüksekliği 47 m , %0-2 eğime sahip, drenajı iyi, taban suyu problemi olmayan yüzeyinde %0-2'lik alanda $0,2-6 \text{ cm}$ çaplı yuvarlak taşları olan ve soil taxonomy (1998)'e göre Typic Xerorthents olarak tanımlanmıştır. P.13 profiline ait morfolojik tanımlamalar Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Çizelge 4.35. P.13 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°52'56" K – 30°32'55" D
Yükseklik:	47 m
Fizyografik konumu:	Taşkın Düzlüğü
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 B – D
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yuvarlak taş
İnsan etkisi:	Yaklaşık 10 cm'e kadar kültivatör etkisi

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-9	Kahverengi (7,5YR 4/3) yaş; kumlu tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; az taşlı; çok seyrek çok ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	A2	9-20	Kahverengi (7,5YR 4/2) yaş; tınlı; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; az taşlı; çok seyrek çok ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	A3	20-31	Kahverengi (7,5YR 4/3) yaş; kumlu killi tın; orta orta yarı köşeli blok; kuru iken sert nemli iken dağılgan, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; az taşlı; çok seyrek çok ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	2C	31-50	Kahverengi (7,5YR 5/3) yaş; kumlu killi tın; masif; kuru iken sert, nemli iken dağılgan, yaş iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşlı; belirgin düz sınır.
	3C	50+	Masif

Yapılan morfoloji tanımlama işlemlerine göre P.13 profilinde Ap, A2, A3, 2C ve 3C horizonları tanımlanmıştır. Bütün profilde renklerin Hue değeri 7.5 YR gözlemlenmiştir. Ap horizonunda renk kahverengi (7.5 YR 4/3), A2 horizonunda kahverengi (7,5 YR 4/2), A3 profilinde kahverengi (7.5 YR 4/3) ve 2C profilinde kahverengi (7.5 YR 5/3) olarak tanımlanmıştır. Profilin morfolojik tanımlamasında elle

yapılan tekstür tayinine göre Ap horizonu kumlu tın, A2 horizonu tınlı, A3 ve 2C horizonları kumlu killi tın olarak belirlenmiştir. Strüktür gelişimi incelendiğinde Ap horizonunda zayıf orta yarı köşeli blok, A2 horizonunda orta orta yarı köşeli blok, A3 horizonunda orta orta yarı köşeli blok, 2C horizonunda masif olarak tanımlanmıştır. Kıvam özelliklerine bakıldığında bütün horizonları nemli iken dağılgan yaşı iken yapışkan plastik olarak tanımlanmıştır. Profildeki bütün horizonlar çok kireçli, az taşlı ve seyrek çok ince saçak kök olarak belirlenmiştir. P.13 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.36. P.13 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH	
Ap	36.6	42.9	20.5	L	1.58	21.03	13.81	7.21	0.51	0.21	0.30	0.42	
A2	42.8	33.0	24.2	L	1.54	28.32	17.05	11.28	0.50	0.18	0.32	0.56	
A3	66.8	19.0	14.2	SL	1.59	17.80	9.50	8.30	0.40	0.22	0.18	0.45	
HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK µg/g	BGEA mg/kg	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.17	0.442	23.02	1.8	12.16	0.08	298.80	29.29	40.38	30.31	6.16	0.33	1.14
A2	7.30	0.397	20.45	1.4	5.71	0.10	213.60	14.10	35.58	26.54	6.86	0.58	0.74
A3	7.27	0.226	31.83	0.8	6.46	0.04	97.20	7.53	39.00	32.80	3.70	0.23	0.41

P.13 profilinde pH değerleri, Ap horizonunda 7.17, A2 horizonunda 7.30 ve A3 profilinde 7.27 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.36). Nötr olarak sınıflandırılan bu pH değerinde bitkisel üretimi sınırlayıcı bir durum yoktur. Profildeki kireç içeriği horizonlar arasında farklılık göstermektedir. Kireç, Ap horizonunda %23.02, A2 horizonunda %20.45, A3 horizonunda ise %31.83 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Bu değerlere göre bütün profil çok yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır (FAO 2006). P.13 profilindeki nötr ancak yüksek kireç değerleri bitkisel üretim de özellikle fosfor beslenmesinde sorunlar oluşturabilecek düzeydedir. Fizyografyayı oluşturan malzemenin taşkın düzlükleri olduğu düşünülürse ana materyal niteliğinden kaynaklı profilde çok yüksek kireç değerlerinin tespit edilmesi beklenen bir durumdur.

Elektriksel iletkenlik değeri için yapılan tespitlere göre Ap, A2 ve A3 horizonunda sırasıyla 0.442, 0.397 ve 0.226 dS/m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Bu değerlere göre, bütün profil tuzsuz olarak sınıflandırılmış ve bitki yetiştiriciliğinde herhangi bir sorun oluşturmayacağını tespit edilmiştir.

Profilin organik madde miktarları incelendiğinde, Ap horizonundan başlayarak alt horizonlara azaldığı görülmektedir. Ap horizonunda %1.8, A2 horizonunda %1.4 ve A3 horizonunda %0.8 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.36). Ölçülen bu değerlere göre Ap horizonundaki organik madde miktarı orta düzeyde sınıflanırken A2 ve A3 horizonlarındaki organik madde miktarları düşük seviye de sınıflandırılmıştır.

Organik madde değerlerinin artış ya da azalışıyla benzerlik göstermesi beklenen mikrobiyal biyokütle karbonu değerleri Ap horizonunda 298.80 mg/kg, A2 horizonunda 213.60 mg/kg ve A3 horizonunda 97.20 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Wardle (1992)'e göre, Ap ve A2 horizonlarında belirlenen değerlere göre orta seviyede sınıflandırılırken A3 horizonunda düşük sınıf olarak tanımlanmıştır.

Diğer bir biyolojik gösterge olarak tanımlanan beta glikosidaz enzimi aktivitesi, profil içerisinde organik madde ve mikrobiyal biyokütle ile benzerlik göstermektedir. Ap horizonunda beta glikosidaz enzimi aktivitesi değeri 29.29 µg/g, A2 horizonunda 14.10 µg/g ve A3 horizonunda 7.53 µg/g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Elde edilen bu değerlere göre beta glikosidaz enzimi aktivitesi bütün horizonlarda düşük sınıfta tanımlanmıştır (Alef ve Nannipieri 1995).

P.13 profilinde SAR değeri değişebilir katyonlardan Na ile doğru orantılı ve/veya Ca ve Mg ile ters orantılı olması beklenir. Ap horizonunda 0.08 olarak belirlenen SAR değeri A2 horizonunda 0.1 ve A3 horizonunda 0.04 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). SAR değerlerinin değişimindeki benzer durumu Na değerlerinde de gözlemlenebilir. SAR değerlerinin, Havlin ve Kissel (2024)'in yaptıkları sınıflandırmaya göre, düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Kasyon değişim kapasitesi değerleri incelendiğinde Ap horizonunda 36.38 meq/100gr, A2 horizonunda 39.58 meq/100 gr ve A3 horizonunda 26 olarak meq/100gr tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Kil miktarındaki değişimle aynı yönde değişen kasyon değişim kapasitesi kil miktarından etkilendiğinin en net göstergesi olmuştur. Aynı şekilde kasyon değişim kapasitesindeki benzer bir başka değişim de değişebilir katyonlarda sodyumda meydana gelmiştir. Buradaki benzerlik ise sodyumun en fazla bulunduğu kil tipinin montmorillonitin bütün horizonlarda baskın kil tipi olduğunu ortaya koymaktadır.

Profildeki tectür değerleri incelendiğinde en fazla kum miktarının % 66.8 ile A3 horizonunda ve en düşük kum miktarının ise Ap horizonunda % 36.6 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). En yüksek silt miktarı %42.9 ile Ap horizonunda ve en düşük silt değerinin %19 ile A3 horizonunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). En yüksek kil miktarının %24.2 ile A2 horizonunda en düşük kil miktarının ise %14.2 ile A3 horizonunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Bu değerlere göre Ap ve A2 horizonları tın ve A3 horizonu ise kumlu tın olarak sınıflandırılmıştır.

Profilin fosfor değerleri incelendiğinde Ap horizonunda 12.16 ppm, A2 horizonunda 5.7 ppm ve A3 profilinde 6.46 ppm olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Olsen (1954)'in yaptığı sınıflandırmaya göre fosforun Ap horizonunda yüksek, A2 ve A3 horizonlarında ise orta seviye olarak sınıflandırılmıştır. Ap horizonundaki yüksek fosfor içeriğinin nedeni, kireç miktarı yüksek olsa bile organik madde miktarının orta düzeyde sınıflandırılması olarak değerlendirilebilir.

P.13 profilinde hacim ağırlığı değerleri, Ap horizonunda 1.58 g/cm³, A2 horizonunda 1.54 g/cm³ ve A3 horizonunda 1.59 g/cm³ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Ap ve A2 horizonlarının tekstür sınıflarının tın olduğu düşünülürse bu horizonlardaki hacim ağırlığı değerinin beklenen değerler olduğu görülmektedir (NRCS 2022; USDA 2023). A3 horizonunda belirlenen hacim ağırlığı değeri de olması aynı literatüre göre beklenen bir değer olduğu belirlenmiştir. Ayrıca A3 horizonunda artan %kum miktarı hacim ağırlığının artmasına ve en yüksek %kum miktarının da bu horizonunda olmasıyla horizonlar arasındaki en yüksek hacim ağırlığı değerine sahip olduğu görülmektedir.

Profildeki solma noktası değerleri incelendiğinde, Ap horizonunda, %13.81, A2 horizonunda %17.05 ve A3 horizonunda %9.50 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Bu değerler incelendiğinde ve literatürde tınlı topraklar için değerlerle kıyaslandığında bütün horizonlardaki değerlerin sınır değerlerini çok az farklılıklarla aşmış olsa da yine de beklenen değerlere yakın olduğu görülmektedir (Hillel 1980).

Profil içerisinde tarla kapasitesi değerleri düşünüldüğünde solma noktası değerlerine benzer değişkenlikte veriler olduğu görülebilir. Buna göre en yüksek değer A2 horizonunda (%28.32) ve en düşük değerin ise A3 horizonunda (%17.80) olduğu Ap horizonunda ise % 21.03 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Elde edilen bu değerlere göre A3 horizonundaki değer literatürdeki sınıf değerinin hemen altında olsa bile diğer horizonlarda beklenen değerlerin olduğu belirlenmiştir (Hillel 1980).

Tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri incelenerek yarıyışlı su içeriği değerlerine bakıldığında profildeki en yüksek (%11.28) yarıyışlı su içeriği değeri A2 horizonunda, en düşük yüksek yarıyışlı su içeriği değeri (%7.21) Ap horizonunda belirlenirken A3 horizonunda %8.30 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Hillel (1980)'in sınıflandırmasına göre A2 horizonundaki değer, beklenen değer aralığında tanımlanırken diğer Ap ve A3 horizonlarındaki değer bu sınır değerlerin altında kalmıştır.

Toplam gözeneklilik değerleri incelendiğinde Ap horizonunda $0.51 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, A2 horizonunda $0.50 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ve A3 horizonunda $0.40 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Belirlenen bu değerler literatürde beklenen değerler aralığındadır (Hillel 1980). Mikro gözenek değerleri incelendiğinde Ap horizonunda $0.21 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, A2 horizonunda $0.18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ve A3 horizonunda $0.22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.36). Makro gözeneklilik değerlerine bakıldığında Ap horizonunda $0.30 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, A2 horizonunda $0.32 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ve A3 horizonunda $0.18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Profildeki su dolu gözenek hacimleri incelendiğinde Ap, A2 ve A3 horizonlarında sırasıyla 0.42, 0.56 ve 0.45 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36). Elde edilen bu değerlerin literatürde belirtilen güvenli sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir (Bending vd. 2004).

Alüviyal yelpaze

Çalışma alanındaki alüviyal yelpaze fizyografyalarını temsil etmesi için P.14 numaralı profilin morfolojik tanımlaması yapılmıştır. P.14 profili, deniz seviyesinden yüksekliği 50 m, eğimi %0-2 gibi düz düze yakın olan, drenajı iyi, taban suyu problemi olmayan ve yüzeyinde % 0-2'lik bir alan kaplayan, 0,2-6 cm çaplı yuvarlak taşların bulunduğu bir arazide tanımlanmıştır. Profile ait morfolojik tanımlamaları yer aldığı tablo Çizelge 4.37'de verilmiştir.

P.14 profilinde yapılan morfolojik tanımlama işlemlerinde Ap, A2, AC, 2C ve 3A horizonları tanımlanmıştır. Ap horizonunda renk koyu gri (5 YR 4/1), A2 horizonunda koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2), AC horizonunda kahverengi (7.5 YR 4/2), 2C horizonunda koyu gri (5YR 4/1), 3C horizonunda ise kahverengi (7.5 YR 4/2) olarak tanımlanmıştır. Elle yapılan tekstür tanımlamasında, Ap horizonunda siltli kil, A2 horizonunda killi tın, AC horizonunda siltli kil, 3A killi olarak tespit edilmiştir.

Horizonların strüktür özellikleri, Ap ve A2 horizonlarında orta orta yarı köşeli blok, AC horizonunda kuvvetli orta yarı köşeli blok, 2C horizonu masif ve 3A horizonu kuvvetli orta köşeli blok olarak tanımlanmıştır. Kıvam özellikleri, Ap ve A2 horizonunda nemli iken dağılgan, yaş iken yapışkan plastik, AC horizonunda nemli iken sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik ve 3A horizonunda nemli iken çok sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik olarak tanımlanmıştır. Bütün horizonlar çok kireçli olarak tespit edilirken Ap horizonu az taşlı, A2 ve AC horizonu taşlı, 2C horizonu çok taşlı ve 3C horizonu az taşlı olarak tanımlanmıştır. Profilde kök dağılımı, Ap horizonunda çok seyrek ince saçak kökler, A2 ve AC horizonunda seyrek ince saçak kökler ve 3A horizonunda çok seyrek çok ince saçak kökler olarak tanımlanmıştır. 2C horizonunda çok yoğun miktarda 1-10 cm çaplı kumla karışık çakıl taşlarının oluşturduğu bir horizon olarak tanımlanmıştır. Bu yüzde bu horizona ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler yapılmamıştır. P.14 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Konyaaltı alüviyal yelpaze fizyografyası için tanımlanan P.14 profilinin pH 7.28 ve 7.86 değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.38). Ap horizonunda hafif alkali (7.86) olarak tespit edilen pH diğer horizonlarda nötr ancak hafif alkali sınıfına yakın pH değerleri tespit edilmiştir. Profilde kireç %16.1 ve %19.4 arasında değişmekte ortalama %17.3 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Tüm profildeki horizonlar yüksek olarak sınıflandırılmıştır. P.14 profilindeki yüksek kireç ve bununla beraber hafif alkali ve bu sınıfa yakın değerler toprakta bitki besleme konusunda dikkat edilmesi gereken durumları ortaya koymuştur. Öyle ki hafif alkali ve yüksek kireç miktarları fosfor, demir ve çinko gibi elementlerin topraktan bitkiye alınımı ile ilgili sorunları yaşatması olası bir durumdur.

Elektriksel iletkenlik profilde en düşük 0.243 dS/m ve en yüksek 0.878 dS/m olarak tespit edilmiş ve ortalama 0.41 dS/m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Elde edilen bu değerlere göre bütün profildeki horizonlarda kireç morfolojik tanımlamalarla uyumu şekilde yüksek kireçli olarak tanımlanmıştır.

Organik madde içeriği alt horizonlara doğru azalmış ancak 3A horizonunda, yüksek değerde tespit edilmiştir. Profil içerisinde en yüksek değer %2 ve en düşük değer %1.4 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Profilde organik madde sadece A3 horizonunda ortaya yakın düşük olarak sınıflandırılırken Ap, A2 ve 3A horizonlarında orta düzeyli olarak sınıflandırılmıştır.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değerindeki değişimin, profil içerisinde organik madde miktarındaki değişimle aynı olması beklenmektedir. Buna göre, profil içerisinde yüzeyden başlayarak alt horizonlara doğru organik madde miktarı ile mikrobiyal biyokütle karbonu değeri azalmaktadır. P.14 profilinde en düşük değer 61.2 mg/kg, en yüksek değer 216 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Elde edilen bu değerlere göre Ap, A2 ve AC horizonlarında elde edilen değerlere göre mikrobiyal biyokütle karbonu değeri orta olarak sınıflandırılmış ancak 3A horizonundaki bu özellik düşük olarak sınıflandırılmıştır (Wardle 1992).

Çizelge 4.37. P.14 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°53'4" K – 30°32'46" D
Yükseklik:	50 m
Fizyografik konumu:	Alüviyal Yelpaze
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayahlılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yuvarlak taş
İnsan etkisi:	18 cm'e kadar kültüvatorle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-18	Koyu gri (5YR 4/1) yaşı; siltli kil; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan; yaşı iken yapışkan plastik; çok kireçli; az taşlı; çok seyrek ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	A2	18-27	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaşı; killi tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan yaşı iken yapışkan plastik; çok kireçli; taşlı; seyrek ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	AC	27-50	Kahverengi (7,5YR 4/2) yaşı; siltli kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaşı iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşlı; seyrek ince saçak kök; belirgin düz sınır.
	2C	50-71	Koyu gri (5YR 4/1) yaşı; masif; çok yoğun 1-10 cm çaplı çakıl taşı, kumla karışık; belirgin düz sınır
	3A	71+	Kahverengi (7,5YR 4/3) yaşı; killi; kuvvetli orta köşeli blok; nemli iken çok sıkı, yaşı iken çok yapışkan, çok plastik; çok kireçli, az taşlı, çok seyrek çok ince saçak kök.

Çizelge 4.38. P.14 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH	
Ap	19.7	45.1	35.2	SiCL	1.25	26.32	12.34	13.97	0.62	0.42	0.20	0.42	
A2	29.1	43.1	27.8	CL	1.28	25.23	14.65	10.58	0.59	0.43	0.16	0.43	
AC	19.1	49.5	31.4	SiCL	1.33	26.40	17.14	9.26	0.58	0.46	0.12	0.46	
3A	23.1	42.9	34.0	CL	1.46	34.75	22.39	12.37	0.55	0.44	0.11	0.64	
HOR.	pH	EC (dSm-1)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.86	0.878	16.90	2.0	13.81	0.08	216.00	26.79	41.86	31.27	6.69	0.38	1.53
A2	7.41	0.243	16.10	1.7	8.41	0.07	184.80	14.10	42.05	31.99	6.65	0.38	1.05
AC	7.33	0.245	16.75	1.4	6.76	0.12	182.40	3.67	39.70	31.09	5.95	0.49	0.69
3A	7.28	0.269	19.44	1.8	5.56	0.20	61.20	0.95	44.54	33.95	6.72	0.46	0.61

Beta glikosidaz enzim aktivitesi profilde en düşük 0.95 µg/g ve en yüksek 26.76 µg/g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Profildeki beta glikosidaz enzimi aktivitesi bütün horizonlarda düşük olarak sınıflandırılmıştır (Alef ve Nannpieri 1995). Organik madde ile doğrudan ilişkili olan bu gösterge organik madde ile bağımsız değerlendirme sınıflarında yer almıştır ancak her iki özelliğe de alt horizonlara doğru değerler azalmıştır.

P.14 profilinde SAR değerleri en düşük 0.07 en yüksek 0.20 hesaplanmıştır (Çizelge 4.38). Havlin (2024)'in yaptığı sınıflandırmaya göre SAR değerleri düşük olarak sınıflandırılmış ve bitkisel üretimi engelleyecek bir durum oluşmayacağı belirlenmiştir. Değişebilir katyonlarda sodyum ile doğrudan ilişkili olan bu gösterge bu değer ile yaklaşık olarak benzerlik göstermektedir.

Fiziksel analiz sonuçlarına göre tekstür sonuçları incelendiğinde morfolojik tanımlamalarla tespit edilen tekstür sınıfları ile hemen hemen benzerlik göstermektedir. En yüksek % kum miktarı %29.1 olarak tespit edilirken en düşük kum miktarı %19.1 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Silt miktarı profil içerisinde en düşük %42.9 tespit edilirken en yüksek %49.5 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Profildeki kil miktarları değerleri incelendiğinde en düşük kil miktarı değeri %27.8, en yüksek kil miktarı değeri %35.2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

Kasyon değişim kapasitesi değerleri incelendiğinde profil içerisindeki en düşük kasyon değişim kapasitesi değeri 39.70 meq/100 gr, en yüksek kasyon değişim kapasitesi değeri 44.54 meq/100 gr olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Tespit edilen bu değerlere göre bütün profildeki kasyon değişim kapasitesi değerleri yüksek olarak sınıflandırılmıştır (Brady ve Weil 2008).

P.14 profili içerisinde fosfor değerleri incelendiğinde en düşük 5.56 ppm en yüksek 13.81 ppm olarak tespit edilmiştir. (Çizelge 4.38). Profildeki fosfor değerleri yüzeyden başlayarak alt horizonlara doğru azalması artan kireç içeriğiyle uyumluluk göstermektedir. Profil içerisindeki fosfor değerleri Ap horizonunda orta ve diğer horizonlarda ise düşük olarak sınıflandırılmıştır (Olsen vd. 1954).

Bitkiye yararlı potasyum değerleri incelendiğinde 0.30 meq/100 gr ile 0.66 meq /100 gr arasında değişmiştir (Çizelge 4.38).

P.14 profilinde hacim ağırlığı en düşük 1.25 g/cm^3 olarak belirlenirken en yüksek 1.46 g/cm^3 olmuştur (Çizelge 4.38). Bu hacim ağırlığı değerleri, literatürde tınlı sınıflar için belirlenen değer aralıkları içerisinde ancak alt sınırlara yakın yer almaktadır (NRCS 2022; USDA 2023).

Solma noktası değerleri alt horizonlara doğru giderek artmaktadır. Profil içerisinde solma noktası değeri en düşük %12.34, en yüksek %22.39 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.38). Tespit edilen solma noktası değerleri Hillel (1980)'in yaptığı genel olarak tınlı topraklar için yapılan sınıflandırmadaki değer aralıklarındaki değerler ile hemen hemen uyumluluk göstermektedir. 3A horizonunda kil miktarının artması ve köşeli blok strüktürün gelişmesiyle solma noktası değeri de artmıştır.

Tarla kapasitesi değerleri profil içerisinde yüzeye yakın olan Ap, A2 ve AC horizonlarında birbirine yakın değerlerde iken 3A horizonunda önemli oranda artmıştır. Profil içerisinde en düşük değer %25.23, en yüksek değer %34.75 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Solma noktası göstergesine benzer şekilde 3A horizonunda tarla kapasitesi değeri de artmış ve Hillel (1980)'in belirlediği sınır değerlerinin üzerine çıkmıştır. Diğer Ap, A2 ve AC horizonlarında ise aynı literatürdeki sınır değerler arasında yer almıştır.

Bitkiye yarayışlı su içeriği değerleri tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerinin farkı olması nedeniyle tam olarak uyumluluk göstermektedir. Profil içerisinde en düşük yarayışlı su içeriği değeri %9.26 en yüksek yarayışlı su içeriği değeri %13.97 tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Tespit edilen değerler Hillel (1980)'in belirlediği sınır değerlere göre incelendiğinde AC horizonunda hariç bu sınır değerlerin içerisinde yer almakta iken AC horizonu bu değerlerden düşük tespit edilmiştir.

Toprakta bulunan gözeneklilik değerleri incelendiğinde, toplam gözeneklilik en düşük 0.55 cm cm^{-3} en yüksek 0.62 cm cm^{-3} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.38). Profilde strüktürün de gelişmiş olması profildeki gözenekliliği arttırmıştır. Toprakta suyun tutulmasında sorumlu olan mikro gözeneklilik değerleri profil içeri en düşük 0.42 cm cm^{-3} , en yüksek 0.46 cm cm^{-3} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.38). Toprakta hava ve suyun hareketi ile ilgili görevli makro gözeneklilik, P.14 profilinde en düşük 0.11 cm cm^{-3} , en yüksek 0.20 cm cm^{-3} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.38). Toplam gözeneklilik, mikro gözeneklilik ve makro gözeneklilik değerleri incelendiğinde tınlı topraklar için literatürde belirtilen değerlerle uyumluluk içerisinde (Hillel 1980; Brady ve Weil 2008).

Su dolu gözenek hacmi değerleri P.14 nolu profilde incelendiğinde en düşük 0.42, en yüksek 0.64 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.38). Topraktaki aerobik koşullarda gelişen olaylar üzerinde etkili olan bu özellik literatür de belirtilen değer aralığında yer almıştır (Sassenrath vd. 2018; Smagin 2021).

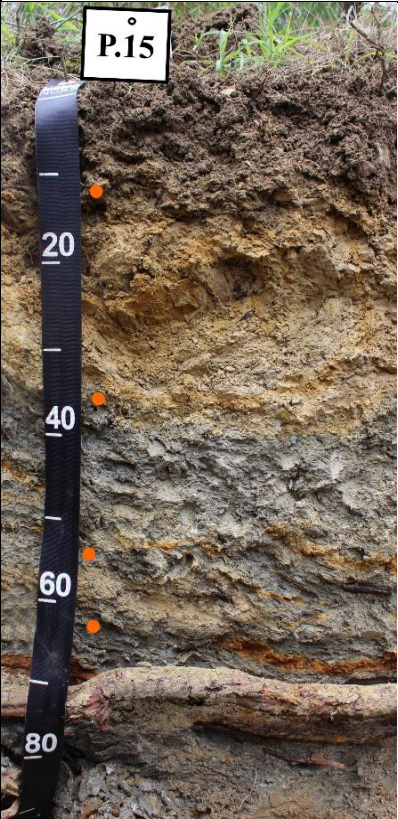
Kolüviyal

Konyaaltı ilçesindeki çalışma alanlarındaki kolüviyal fizyografyaları temsil etmesi için P.15 numaralı profilin morfolojik tanımlaması yapılmıştır. Tanımlaması yapılan profilin bulunduğu arazi denizden 68 m yükseklikte %0-2 eğime sahip, drenajı iyi, taban suyu problemi olmayan, yüzeyinde %0-2'lik alanda 0.2 ile 6 cm çaplı köşeli taşların olduğu soil taxonomy (1998)'e göre toprak sınıfı Typic Xerorthents olarak

tanımlanmıştır. Profile ait morfolojik tanımlamaları yer aldığı tablo Çizelge 4.39’de verilmiştir.

Çizelge 4.39. P.15 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°53’23” K – 30°32’44” D
Yükseklik:	68 m
Fizyografik konumu:	Kolüviyal
Eğim derecesi ve yönü:	%2-6 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Kolüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, köşeli taş
İnsan etkisi:	Yaklaşık 12 cm’e kadar kültivatörle sürüm

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-12	Koyu gri (10YR 4/1) yaş; killi tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken dağılgan, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; çok seyrek çok ince saçak kök; kesin düz sınır.
	C1	12-37	Sarı (10YR 7/6) yaş; siltli tın; masif; çok kireçli; seyrek ince saçak kök; kesin düz sınır.
	2C1	37-58	Gri (10YR 6/1) yaş; siltli kil; masif; çok kireçli; az taşlı; seyrek ince saçak kök; 5-10cm çaplı yoğun taşlar; kesin dalgalı sınır.
	2C2	58-65	Çok soluk kahverengi (10YR 7/4) yaş; kumlu tın; masif; çok kireçli; çok seyrek çok kaba kazık kök; belirgin dalgalı sınır.
	2C3	65+	Açık gri (10YR 7/2) yaş; siltli kil; masif; çok kireçli; çok seyrek çok kaba kazık kök; 0-3 cm çaplı taşlılık.

Profilde yapılan morfolojik tanımlama işlemlerine göre Ap, C1, 2C1, 2C2 ve 2C3 horizonları tespit edilmiştir. Ap horizonunda renk koyu gri (10 YR 4/1), C1 horizonunda sarı (10YR 7/6), 2C1 horizonunda gri (10 YR 6/1), 2C2 horizonunda çok soluk kahverengi (10 YR 7/4) ve 2C3 horizonunda açık gri (10 YR 7/2) renkleri tanımlanmıştır.

Profilde genel olarak tın tekstür hakim olup, Ap horizonunda killi tın, C1 horizonunda siltli tın, 2C1 horizonunda siltli kil, 2C2 horizonunda kumlu tın ve 2C3 horizonunda siltli kil tanımlanmıştır. Profilde sadece Ap horizonunda zayıf orta yarı köşeli blok strüktürü gelişmiş diğer horizonlarda strüktür masif olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde sadece Ap horizonunda tanımlanan kıvam nemli iken dağılgan, ya iken çok yapışkan ve çok plastik olarak tanımlanmıştır. Bütün profil çok kireçli tespit edilirken, 2C1 ve 2C3 horizonları az taşlı olarak tanımlanmıştır. Kök dağılımı, Ap horizonunda çok seyrek çok ince saçak kökler, C1 horizonu seyrek ince saçak kökler, 2C1 horizonunda seyrek ince saçak kökler, 2C2 çok seyrek çok kaba kazık kökler, 2C3 horizonunda çok seyrek çok kaba kazık kökler tespit edilmiştir. Ayrıca 2C1 horizonunda 5-10 cm çaplı yoğun taşlar bulunurken 2C3 horizonunda 0-3 cm çaplı taşlılık tespit edilmiştir. P.15 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.40'te verilmiştir.

Çizelge 4.40. P.15 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH
Ap	19.2	41.0	39.8	SiCL	1.44	30.09	9.84	20.24	0.50	0.33	0.17	0.60
C1	13.2	67.4	19.4	SiL	1.69	29.10	15.02	14.08	0.37	0.21	0.16	0.78
2C1	1.4	46.9	51.7	SiC	1.55	26.25	9.47	16.78	0.43	0.29	0.14	0.61
2C2	24.5	54.5	21.0	SL	1.34	22.02	14.64	7.38	0.25	0.13	0.12	0.46
2C3	13.1	42.8	44.1	SiC	1.52	30.91	21.81	9.09	0.32	0.23	0.09	0.74

HOR.	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.41	0.437	35.62	2.5	4.95	0.07	391.20	23.17	49.51	39.49	6.99	0.28	1.13
C1	7.33	0.282	31.07	1.2	5.56	0.04	171.60	4.13	37.46	35.99	1.15	0.11	0.11
2C1	7.42	0.302	24.90	0.8	4.29	0.09	28.80	0.95	35.87	27.87	4.33	0.77	0.47
2C2	7.38	0.310	30.19	0.7	5.26	0.17	18.00	1.41	34.99	32.61	1.14	0.33	0.12
2C3	7.37	0.368	34.77	0.2	6.46	0.26	26.40	0.95	57.99	43.30	7.62	1.99	0.65

Kolüviyal fizyografyaların genel özelliklerinin belirlenmesi için yapılan tanımlama ve örneklendirme işlemlerinin sonucunda yapılan analizlere göre pH en düşük 7.33, en yüksek 7.42 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). Profildeki pH değerleri bütün horizonlarda nötr olarak tanımlanmıştır. Kireç değerleri incelendiğinde profildeki en düşük değer %24.90 ve en yüksek değer %35.62 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). Profilden elde edilen sonuçlara bütün horizonlar çok yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır (FAO 2006).

Elektriksel iletkenlik profilde en düşük 0.28 dS/m, en yüksek 0.44 dS/m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). Profildeki bütün horizonların EC değerlerinin ortalaması 0.34 dS/m olarak hesaplanmış ve bu değerlere göre tuzsuz sınıfında yer almıştır (Çizelge 4.40).

Horizonların organik madde içeriklerine göre incelendiğinde genel olarak yüzey horizonundan en alttaki horizonla doğru bir azalma görülmektedir. Profilde organik madde en düşük %0.2 ve en yüksek %2.49 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). Bu sonuçlara göre Ap horizonundaki organik madde miktarı (%2.49) ile orta düzeyde sınıflandırılırken diğer bütün horizonlar düşük olarak sınıflandırılmıştır.

Profil içerisinde mikrobiyal biyokütle karbonu değerlerinde en düşük 18 mg/kg, en yüksek 391.20 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Mikrobiyal biyokütle karbon değerlerine göre Ap horizonu çok yüksek, C1 horizonu orta ve diğer kalan horizonlar düşük sınıfta yer almıştır (Wardle 1992).

Beta glikosidaz enzim aktivitesi değerleri incelendiğinde en düşük değerin 0.95 µg/g en büyük değerin ise 23.17 µg/g olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.40). BGEA, bütün horizonlarda düşük olarak sınıflandırılmıştır (Alef ve Nannipieri 1995).

Sodyum adsorpsiyon değeri P.15 profilinde en düşük 0.04 değeri alırken en yüksek 0.26 değeri tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). SAR değeri, profilde tespit edilen değişebilir katyonlardan sodyum ile uyumlu bir değişim göstermektedir. P.15 profilinde, Havlin ve Kissel (2024)'e göre düşük sınıfta yer alan SAR değeri, yetiştiricilikte sorun teşkil etmeyeceğini göstermektedir.

Aynı zamanda morfolojik tanımlamada da belirlenen tekstür sınıfları fiziksel analizlerle bulunan değerler ile de büyük oranda benzerlik göstermektedir. Profilde en düşük kum değer %1,39 en yüksek kum değeri %24.5 olarak tespit edilmiştir. Silt değeri en düşük %41.01 belirlenirken en yüksek %67.37 olarak tespit edilmiştir. Kil miktarları en düşük % 19.38 tespit edilirken en yüksek 51.67 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40).

Kasyon değişim kapasitesi, P.15 profilinde horizonlardaki kil miktarı değişimleri ile benzer değişimler göstermektedir. Profilde en yüksek kasyon değişim kapasitesi 57.99 meq/ 100gr olarak 2C3 profilinde belirlenirken en düşük 13.46 meq/ 100gr olarak C1 horizonunda yer almıştır (Çizelge 4.40). P.15 profilinde tespit edilen bu değerlere göre orta ya da yüksek sınıfta yer almıştır (Brady ve Weil 2008).

Fosfor, kireç içeriğinden en çok etkilenen gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır. Profilde en düşük fosfor değeri 4.29 ppm olarak ölçülürken en yüksek 6.46 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Buna göre bütün profildeki fosfor değerleri Olsen vd. (1954)'nin sınıflandırmasına göre düşük sınıfta yer almıştır.

Hacim ağırlığı değerleri P.15 profili içinde en düşük 1.34 g/cm³ en yüksek 1.69 g/cm³ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.40). Hacim ağırlığı C1 ve altındaki diğer horizonlarda literatürde belirlenen değerlerden yüksek çıkmıştır (NRCS 20022; USDA 2023). Buna neden olarak, hacim ağırlığı değerleri kil ve kum miktarında değişimlerle birlikte yorumlandığında bu horizonlarda bir sıkışmanın olmasından dolayı hacim ağırlığında bir artış olduğu düşünülmektedir.

P.15 profilinde solma noktası değeri en düşük %9.47, en yüksek %21.81 tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). P.15 profilinin genel olarak horizonlarında belirlenen solma noktası değerleri, Hillel (1980)'in tınlı toprakların geneli için belirlediği solma noktası değer aralıkları arasında kalmıştır. Ancak 2C3 horizonunda tespit edilen %21.81 değeri bu aralığın üzerinde yer almıştır. Buna neden olarak yüksek kil miktarı içeriği ve o horizondaki sıkışmışlık derecesi solma noktasının yükselmesine neden olmuştur.

Profildeki tarla kapasitesi değerleri incelendiğinde en düşük %22.02, en yüksek %30.9 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Bu değerler literatürde tınlı topraklarının geneli için bildirilen değer aralıklarında yer almaktadır (Hillel 1980).

Bitkiye yarayışlı su içeriği değerleri, profilde en düşük %7.38, en yüksek 20.24 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40). P.15 profilindeki horizonların genelinde tın tekstür sınıfları olduğunu düşünürsek literatürde tın tekstürlü toprakların geneli için belirtilen değer aralıkları profil içerisinde tespit edilen değerlerle uyumluluk göstermektedir (Hillel 1980). Sadece 58. cm'den sonra gelişen 2C2 ve 2C3 horizonlarında bu değer oldukça düşük çıkmıştır. Buna neden olarak da solma noktası değerlerinin yüksek olduğundandır.

Topraktaki gözeneklilik miktarı değerleri incelendiğinde toplam gözeneklilik 0.25 cm cm⁻³ ile 0.50 cm cm⁻³ değerleri arasında değişmektedir (Çizelge 4.40). Bu düşük değerlerin nedeni, profilde strüktür gelişiminin sadece Ap horizonunda diğer horizonlarda ise masif strüktürün gelişmesi ve toprak sıkışması olduğu düşünülmektedir (Hillel 1980). Suyun tutunumuyla ilgili özellik olan mikro gözeneklilik değerleri profilde en düşük 0.13, en yüksek 0.33 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.40). Alt horizonlara doğru mikro gözenekliliğin azalması buralarda suyun tutulumuyla ilgili sorunlar olabileceğini göstermektedir. Su ve havanın hareketi ile ilgili olan makro gözeneklilik değerlerine bakıldığında en düşük makro gözenek değeri 0.09 bulurken en yüksek ise 0.17 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.40). Alt horizonlara doğru azalan makro gözeneklilik değerleri profilin alt horizonlarında havalanmanın olmadığını göstermektedir.

Su dolu gözenek hacminin profil içerisinde aldığı en düşük değer 0.46 en yüksek değer 0.78 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40). Bu değerler arasında literatürdeki değerleri (% 30-70) aşan C1 horizonunda toprağın havalanması ile ilgili ciddi sorunların olduğunu göstermektedir. Kaldı ki bu durum makro gözeneklilik değerinin de çok düşük olması bu durumun bir ispatı niteliğindedir.

Yan dere alüvyali

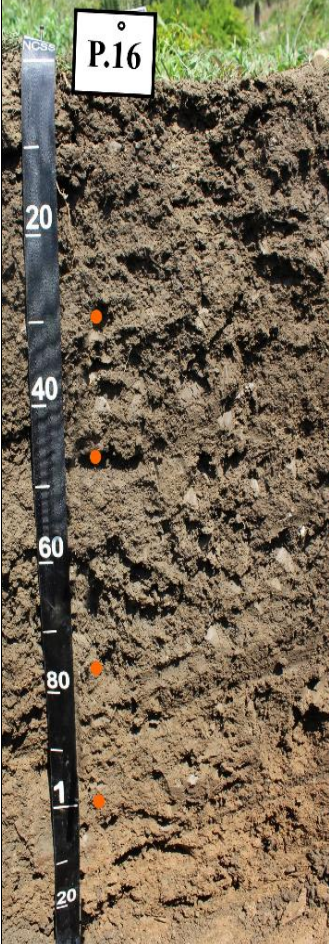
Konyaaltı çalışma alanlarında yan dere alüvyallerinin genel özelliklerinin belirlenmesi için P.16 profili tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı arazinin deniz seviyesinden yüksekliği 67m, %2-6 eğime sahip, drenajı iyi, dönemsel olarak 43.cm'e kadar yükselebilen taban suyunun olduğu ve soil taxonomy (1998)'e göre Typic Haploxeralf olarak sınıflandırılmıştır. P.16 profiline ait morfolojik tanımlamalar Çizelge 4.41'de verilmiştir.

P.16 profilinde yapılan morfolojik tanımlama işlemlerine göre Ap, A2, A3, Bt ve C horizonları tespit edilmiştir. Renk, Ap horizonunda çok koyu gri (2.5 YR 3/1), A2 horizonunda koyu gri (2.5 YR 4/1), Bw horizonunda koyu kırmızımsı kahverengi (2.5 YR 4/2), Bt horizonunda zeytuni kahverengi (2.5 YR 4/3) ve C horizonunda açık zeytuni kahverengi olarak tespit edilmiştir. Tekstür, Ap horizonunda siltli kil, A2, A3, Bt horizonlarında killi/siltli killi olarak tespit edilmiştir. Strüktür gelişiminde Ap ve A2 horizonlarında kuvvetli orta yarı köşeli blok, A3 horizonunda orta orta köşeli blok, Bt horizonunda çok kuvvetli orta köşeli blok C horizonunda da masif strüktür gelişmiştir. Kıvam, Ap, A2 ve A3 horizonlarında nemli iken sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik olarak tanımlanırken Bt horizonunda nemli iken çok sıkı çok yapışkan çok plastik olarak tespit edilmiştir. Ap, A2 ve A3 horizonları çok kireçli iken Bt ve C horizonu az kireçli tanımlanmıştır. Kök dağılımları incelendiğinde Ap ve A2 horizonlarında yaygın orta saçak kökler, A3 horizonunda seyrek ince saçak kökler, Bt horizonunda çok seyrek çok ince saçak kökler tespit edilmiştir. Ayrıca A2 horizonunda yoğun organik madde izleri, A3 horizonunda organik madde ve yoğun pas lekeleri, Bt horizonunda orta yoğun pas

lekesi ve kil kayma yüzeyleri ve C horizonunda çok yoğun pas lekesi ve yoğun sekonder karbonat birikimi gözlemlenmiştir. P.16 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. P.16 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°53’33” K – 30°32’33” D
Yükseklik:	67 m
Fizyografik konumu:	Yan Dere Alüviyalı
Eğim derecesi ve yönü:	% 2-6 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Haploxeralf
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Zaman zaman 43. cm’e kadar yükselebilir.
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	Yok
İnsan etkisi:	25 cm’e kadar kültivatörle işleme

Profil	Hor.	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-25	Çok koyu gri (2,5Y 3/1) yaş; siltli kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; yaygın orta saçak kök; belirgin düz sınır.
	A2	25-43	Koyu gri (2,5Y 4/1) yaş; killi/siltli kil; kuvvetli orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; yaygın orta saçak kök; yoğun organik madde; belirgin düz sınır.
	Bw	43-75	Koyu kırmızımsı kahverengi (2,5Y 4/2) yaş; killi/siltli kil; orta orta köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik; çok kireçli; taşsız; seyrek orta saçak kök; organik madde ve yoğun pas lekesi; belirgin düz sınır.
	Bt	75-99	Zeytuni kahverengi (2,5Y 4/3) yaş; killi/siltli kil; çok kuvvetli orta köşeli blok; nemli iken çok sıkı, yaş iken çok yapışkan çok plastik; az kireçli; taşsız; çok seyrek çok ince saçak kök; orta yoğun pas lekesi; kil kayma yüzeyleri; belirgin düz sınır.
	C	99+	Açık zeytuni kahverengi (2,5Y 5/4) yaş; masif; az kireçli; taşsız; çok yoğun pas lekesi; yoğun sekonder karbonat.

Çizelge 4.42. P.16 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH	
Ap	9.2	46.8	44.0	SiC	1.28	28.72	15.00	13.73	0.53	0.29	0.24	0.54	
A2	9.0	40.9	50.0	SiC	1.40	27.67	16.28	11.39	0.50	0.28	0.22	0.55	
Bw	9.2	42.7	48.1	SiC	1.53	32.54	18.59	13.96	0.45	0.33	0.12	0.72	
Bt	3.1	42.8	54.1	SiC	1.50	29.15	15.28	13.87	0.47	0.29	0.18	0.63	
C	6.9	43.4	49.7	SiC	1.45	36.49	21.50	14.99	0.48	0.36	0.12	0.76	
HOR.	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.42	0.422	27.17	2.6	7.36	0.04	456.00	37.90	112.01	85.80	11.76	0.56	8.95
A2	7.38	0.300	23.47	2.1	7.33	0.06	152.40	5.71	105.60	80.28	12.24	0.54	7.84
Bw	7.09	0.292	33.09	1.8	7.52	0.06	24.00	3.45	103.77	90.61	8.47	0.46	2.92
Bt	7.33	0.252	22.67	1.9	8.33	0.08	90.00	2.77	95.16	84.45	6.80	0.32	3.54
C	7.41	0.398	11.42	1.4	4.35	0.10	13.20	2.31	59.89	49.86	7.04	0.45	1.11

Profildeki pH değerleri incelendiğinde en düşük 7.09 ve en yüksek 7.42 ölçülmüştür (Çizelge 4.42). Bu değerlere göre profildeki bütün horizonlar nötr olarak sınıflandırılmıştır. Kireç içeriği profile en düşük %11.42, en yüksek %33.09 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42). Ap ve Bw horizonları çok yüksek kireç, A2 ve Bt horizonları yüksek kireçli, C horizonu orta kireçli olarak sınıflandırılmıştır. Nötr pH ancak kireç miktarı yüksek olan bu profile, besin elementleri bitkiler tarafından kullanılması konusunda dikkate değer tedbirler almak gereklidir.

Elektriksel iletkenlik değerleri incelendiğinde en düşük değer 0.25 dS/m en yüksek değer 0.42 dS/m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Profile belirlenen değerler tuzluluk sınıflamasına göre incelendiğinde, bütün profilin tuzsuz sınıflandığı görülmektedir.

Organik madde içeriklerine incelendiğinde en düşük değer %1.4, en yüksek değer %2.6 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). C horizonunun organik madde sınıfı düşük olarak tanımlanırken diğer bütün horizonların organik madde sınıfı orta olarak belirlenmiştir.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değeri profil içerisinde en düşük 13.2 mg/kg ve en yüksek 456 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Wardle (1992)'nin yaptığı sınıflandırmaya göre Ap horizonu yüksek, A2 horizonu orta ve diğer horizonların mikrobiyal biyokütle karbonu değeri düşük olarak sınıflandırılmıştır.

Beta glikosidaz enzimi aktivitesi profil içerisinde en düşük 2.31 ve en yüksek 37.90 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Alef ve Nannipieri (1995)'nin yaptıkları sınıflandırmaya göre bütün horizonların beta glikosidaz enzimi aktivitesi değerleri düşük olarak sınıflandırılmıştır.

SAR değerleri incelendiğinde en düşük değer 0.04, en yüksek değer 0.1 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Profil içerisinde değişebilir katyonlardan sodyum ile de uyumluluk gösteren SAR değeri bütün profile düşük olarak sınıflandırılmıştır (Havlin

2024).

Profil içerisindeki tekstür sınıflarında, morfolojik tanımlarla tespit edilen ve fiziksel analizlerle belirlenen tekstür sınıfları uyumluluk içerisinde. Profil için de en düşük kum miktarı %3.1 en yüksek kum miktarı %9.2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42). En düşük silt içeriği %40.9 en yüksek silt içeriği %46.8 tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). En düşük kil içeriği %44.0 en yüksek kil içeriği ise %54.1 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Kasyon değişim kapasitesi profil içerisinde alt horizonlara doğru giderek azalmıştır. En düşük değer 55.16 meq/100gr en yüksek değer ise 112.01 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42). Bütün horizonlarda kasyon değişim kapasitesi, Brady ve Weil (2008)'in yaptığı sınıflandırmaya göre, çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır

Fosfor profil içerisinde en düşük 4.35 ppm en yüksek 8.33 ppm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.42). Olsen vd. (1954)'in sınıflandırmasına göre, bütün horizonlarda düşük olarak sınıflandırılan fosforun, yüksek kireç içeriğinden etkilendiği görülmektedir.

Hacim ağırlığı değerleri profil içerisinde en düşük 1.28 g/cm³, en yüksek 1.53 g/cm³ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Bu değerler literatürde belirtilen siltli kil topraklar için uygun değer (1.1-1.5 g/cm³) aralıklarındadır (NRCS 2022; USDA 2023). Ap ve A2 horizonlarında hacim ağırlığı değerlerinin diğer horizonlara göre oldukça düşük olmasının nedeni, organik maddenin fazla olması düşünülebilir.

Solma noktası değerleri profil içerisinde en düşük %15 en yüksek %21.5 hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Solma noktası değerlerini tekstür değerlerini dikkate alarak sınıflandıran Hillel (1980)'e göre siltli kil tekstür sınıfı tespit edilen bu profil de solma noktası değerleri belirlenen değer (%15-20) aralıklarında yer almaktadır.

Tarla kapasitesi değerleri profil içerisinde en düşük %27.67, en yüksek %36.49 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Hillel (1980)'in siltli kil topraklar için belirlemiş olduğu tarla kapasitesi değer aralıklarına (%30-40) büyük ölçüde uyumluluk göstermektedir.

Yarayışlı su içeriği değerleri profil içerisinde en düşük %11.39, en yüksek 14.99 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Profilde bütün horizonlarda yarayışlı su içerikleri literatürde (Hillel 1980) belirtilen aralıklarla (%15-20) benzerlik göstermektedir.

Profildeki gözeneklilik değerleri en düşük 0.45 cm cm⁻³ ve en yüksek 0.53 cm cm⁻³ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.42). Bu değerler, literatürde (Hillel 1980) killi toprak tekstürü sınıfları için belirlenen 0,50-0,70 değer aralığıyla uyumludur.

Mikro gözeneklilik değerlerine bakıldığında profil boyunca alt horizonlara doğru genel olarak bir azalma görülmektedir. Profil de mikro gözeneklilik en düşük 0.31 cm cm⁻³, en yüksek 0.40 cm cm⁻³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Makro gözeneklilik değerleri incelendiğinde profil içerisinde en düşük 0.18, en yüksek 0.22 cm cm⁻³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Mikro ve makro gözeneklilik değerleri incelendiğinde toprakta alt horizonlarda suyun tutulmasında bir sorun olmadığı ancak hava ve su hareketinde bazı olumsuzlukların yaşanabileceğine dikkat edilmelidir.

Su dolu gözenek hacmi değerleri incelendiğinde profil boyunca farklı horizonlarda değişiklikler göstermektedir. Profil içerisinde en düşük 0.54 olarak bulunan bu değer en yüksek 0.76 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Belirlenen bu değerler literatür (Bending vd. 2004) verisine uygun aralıklar içerisinde veya yakınında olduğu belirlenmiştir. A3 ve C horizonunda literatürde belirtilen sınır değerlerden yüksek olmasının nedeni, Bw horizonunda organik maddenin yüksek olması dolayısı, su tutma kapasitesini artırmış olduğu düşünülmektedir. C horizonunda ise daha az sıkışık yapı ve yüksek toplam gözeneklilik, suyun tutulmasında etkili olmuştur. Ayrıca Bt horizonundaki yüksek kil içeriği, suyun infiltrasyonunu engelleyerek suyun üst ve alt horizonlarda birikmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Nehir sırtı

Konyaaltı çalışma alanlarında Nehir sırtı fizyografyasının genel özelliklerinin belirlenmesi için P.17 profili tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı arazinin deniz seviyesinden yüksekliği 66 m, %0-2 eğime sahip, drenajı iyi, taban suyu bulunmamakta ve yüzey taşlılık oranı %0-2 olup, 0,2-6 cm çapında yarı köşeli taşlar içermektedir. Soil taxonomy (1998)'e göre Typic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. P.17 profiline ait morfolojik tanımlamalar ve analiz sonuçları Çizelge 4.43'de verilmiştir.

P.17 profilinde yapılan morfolojik tanımlama işlemlerine göre Ap, A2, 2A1, 2A2 ve R horizonları tespit edilmiştir. Renk, Ap horizonunda kahverengi (7,5YR 4/3), A2 horizonunda kahverengi (7,5YR 4/2), 2A1 horizonunda kahverengi (7,5YR 5/3) ve 2A2 horizonunda kahverengi (7,5YR 5/3) olarak tanımlanmıştır. Tekstür Ap horizonunda tın, A2 ve 2A1 horizonunda siltli killi tın, 2A2 horizonunda killi tın olarak belirlenmiştir. Strüktür, Ap horizonunda orta orta yarı köşeli blok, A2 horizonunda zayıf orta yarı köşeli blok, 2A1 horizonunda zayıf küçük yarı köşeli blok, 2A2 horizonunda zayıf küçük yarı köşeli blok olarak tanımlanmıştır. Kıvam, Ap horizonunda nemli iken dağılgan, yaş iken az yapışkan ve hafif plastik, A2 horizonunda nemli iken sıkı, yaş iken yapışkan ve plastik, 2A1 horizonunda nemli iken dağılgan, yaş iken yapışkan ve plastik, 2A2 horizonunda nemli iken dağılgan, yaş iken az yapışkan ve hafif plastiktir. Ap ve A2 horizonları az kireçli iken 2A1 horizonu çok kireçli ve 2A2 horizonu da kireçli olarak tanımlanmıştır. Ap horizonu taşlı olarak tanımlanırken A2, 2A1 ve 2A2 horizonları taşsız olarak tespit edilmiştir. Ap horizonunda yaygın ince saçak kökler, A2 horizonunda seyrek ince saçak kökler, 2A1 horizonunda çok seyrek ince saçak kökler tespit edilmiştir. 2A1 horizonunda 1-5 cm çaplı az yoğunlukta taşlar var iken 2A2 horizonunda bu taşları yoğunluğu artmıştır. Profilin en altında tanımlanan R horizonu ana materyal içeriğinin radyolarit olması nedeniyle, tanımlama yapılan gölgenin nehir sırt yapmadan önce bir pediment fizyografyası olduğunu göstermektedir. Yani daha önce mevcutta pediment fizyografyasında gelişmiş bir profilken akarsuyun bu bölgeden geçmesiyle pediment profilinin üzerini alüviyal malzemeler ile doldurmuş ve bu fizyografyanın nehir sırtı olarak tanımlanmasına neden olmuştur. P.17 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.44'da verilmiştir.

Çizelge 4.43. P.17 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°53'47" K – 30°32'48" D
Yükseklik:	66 m
Fizyografik konumu:	Nehir Sırtı
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerofluvent
Ana materyal:	Alüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yarı köşeli taş
İnsan etkisi:	25 cm'e kadar kültivatörle işleme

Profil	Hor.	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-25	Kahverengi (7,5YR 4/3) yaşı; tın; orta orta yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaşı iken az yapışkan hafif plastik; az kireçli; taşsız; yaygın ince saçak kök; kesin düz sınır.
	A2	25-44	Kahverengi (7,5YR 4/2) yaşı; siltli killi tın; zayıf orta yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaşı iken yapışkan plastik; az kireçli; az taşlı; seyrek ince saçak kök; kesin düz sınır.
	2A1	44-66	Kahverengi (7,5YR 5/3) yaşı; siltli killi tın; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaşı iken yapışkan plastik, çok kireçli; az taşlı; çok seyrek ince saçak kök; 1-5cm çaplı az yoğun taşlılık; kesin düz sınır.
	2A2	66-78	Kahverengi (7,5YR 5/3) yaşı; killi tın; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaşı iken az yapışkan hafif plastik; kireçli; çok taşlı; 1-5cm çaplı çok yoğun taş; kesin düz sınır.
	R	78+	Radyolarit – Kireç taşı

Çizelge 4.44. P.17 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH	
Ap	41.0	33.3	25.7	L	1.56	26.99	12.23	14.76	0.41	0.17	0.24	0.66	
A2	39.1	31.7	29.2	CL	1.52	20.16	12.18	7.97	0.43	0.20	0.23	0.47	
2A1	29.2	35.7	35.1	CL	1.58	24.68	11.50	13.18	0.44	0.25	0.19	0.56	
2A2	41.5	29.5	29.0	CL	1.62	30.15	18.32	11.83	0.39	0.30	0.09	0.78	
HOR.	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.38	0.276	17.13	2.2	5.26	0.06	451.20	18.63	38.63	30.31	4.55	0.38	1.09
A2	7.39	0.236	19.75	1.2	4.95	0.13	264.00	2.99	48.24	38.40	6.31	0.59	0.75
2A1	7.02	0.252	17.46	1.9	6.31	0.17	157.20	2.31	42.97	31.41	8.07	0.63	0.71
2A2	6.95	0.222	8.00	1.8	6.76	0.13	160.80	2.31	28.01	17.91	7.06	0.54	0.75

Konyaaltı ilçesinde nehir sırtı fizyografyalarının genel özelliklerinin belirlenmesi için tanımlanan P.17 profilinde pH değeri en düşük 6.95 en yüksek 7.39 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.44). Kireç içeriği en düşük %8, en yüksek %19.75 8 olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.44). Nötr olarak tanımlanan P.17 profilin horizonları kireç içeriği bakımından orta ve yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır (FAO 2006). Profilin litolojik kesilme olan bölümünde kireç profilden henüz yıkanmadan alüviyal etki ile nehir sırtı fizyografyası oluşmuştur. Ap ve A2 horizonlarında ise kirecin yıkanmasının devam ettiği görülmektedir.

Elektriksel iletkenlik incelendiğinde en düşük 0.22 dS/m, en yüksek 0.28 dS/m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.44). Belirlenen bu değerlere göre bütün profil tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır.

Organik madde içerikleri tespit edilen P.17 profilinde en düşük organik madde miktarı %1.19 iken en yüksek organik madde miktarı %2.19 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.44). Bütün horizonlardaki organik madde miktarları değerleri, orta sınıfta yer almaktadır.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değeri profilde alt horizonlarda azalmaktadır. Bu beklenen bir durumdur. Profil içerisinde en düşük 157.2 mg/kg, en yüksek 451.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Bu değerlere göre profil içindeki mikrobiyal biyokütle karbonu literatüre (Wardle 1992) göre orta sınıfta yer almıştır.

Beta glikosidaz enzimi aktivitesi değeri profilde en düşük 2.31 µg/g, en yüksek 18.63 µg/g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Profil içerisinde bütün horizonlarda beta glikosidaz enzimi aktivitesi, literatürde belirlenen değerlere göre (Alef ve Nannipieri 1995) düşük olarak sınıflandırılmıştır.

P.17 profilinde sodyum adsorpsiyon değeri (SAR) en düşük 0.06, en yüksek 0.17 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Tespit edilen SAR değerleri, Havlin ve Kissel (2024)'in sınıflandırmasına göre düşük düzeydedir.

Morfolojik tanımlamalarda belirlenen tekstür sınıflarının fiziksel analizlerle tespit edilen tekstür sınıfları ile uyumluluk göstermektedir. Profil içerisinde en düşük kum

miktarı %29.25, en yüksek %41.46 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Silt miktarları incelendiğinde en düşük %29.52, en yüksek 41.46 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Kil değerleri incelendiğinde en düşük değer %25.74, en yüksek değer 35.10 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42).

Kasyon değişim kapasitesi değerleri incelendiğinde, profil içerisindeki en düşük değer 38.62 meq/ 100 gr, en yüksek değer 52.97 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Elde edilen bu değerlere göre kasyon değişim kapasitesi yüksek ya da çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Profil içerisindeki kasyon değişim kapasitesi değerleri, kil miktarı ve organik madde miktarlarındaki değişimlerle uyum içerisinde. En yüksek KDK değerinin tespit edildiği 2A1 horizonunda hem organik maddesi yüksek hem de kil miktarı diğer horizonlara göre en yüksek olarak tespit edilmiştir.

Fosfor değerleri incelendiğinde en düşük değeri 4.95 ppm, en yüksek değeri 6.76 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Bu değerler literatürdeki (Olsen vd. 1954) referans değerlerle kıyaslandığında düşük (A2) ve orta (Ap, 2A1 ve 2A2) sınıfta yer almaktadır. Fosfor değerleri incelendiğinde topraktaki kireç miktarları ile uyumluluk içerisinde.

Hacim ağırlığı değerleri incelendiğinde en düşük değer 1.52 g/cm³ en yüksek değer 1.62 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Bu profilde genel olarak belirlenen tın ve killi tın olarak belirlenen tekstüre göre, hacim ağırlığı değerleri literatürde (NRCS 2022, USDA 2023) belirlenen sınır değerlerin içerisinde. Ancak 2A2 horizonunda belirlenen 1.62 g/cm³ değeri, bu horizonta sıkışmanın olduğunu göstermektedir.

Solma noktası değerleri profilde en düşük %11.5, en yüksek %18.32 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Tınlı topraklar için literatürde (Hillel 1980) belirlenen solma noktası değeri aralığı %10-15'dir. P.17 profilinde tespit edilen değerler, bu aralıktadır. Ancak 2A2 horizonu bu aralığın dışındadır. Buna neden ise, horizonttaki sıkışmadır.

Tarla kapasitesi değerleri incelendiğinde en düşük değeri %20.15, en yüksek değeri %30.15 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Tınlı toprakların geneli için bildirilen tarla kapasitesi değeri aralığı olan %20-30, P.17 profilinde tespit edilen değerlerle uyumluluk göstermektedir. Ancak 2A2 horizonundaki sıkışma bu horizonttaki tarla kapasitesi değerini de yükseltmiştir.

Yarayışlı su içeriği değeri profilde en düşük %7.97, en yüksek 14.76 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Tespit edilen bu değerler, Hillel (1980)' in tınlı toprakların geneli için bildirdiği, %10-15 değeri aralığına girmektedir. Sadece A2 horizonunda, yarayışlı su içeriği bu değerlerin dışındadır. Buna neden olarak da bu horizonttaki organik madde miktarının düşük ve bu katmanda oluşmuş bir sıkışıklık olarak göze çarpmaktadır.

Toplam gözeneklilik değerleri incelendiğinde, en düşük gözeneklilik değeri 0.39 cm cm⁻³, en yüksek gözeneklilik değeri 0.44 cm cm⁻³ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Tınlı topraklar için literatürde belirtilen %40-60 gözeneklilik değeri aralığı profildeki 2A2 horizonu hariç diğer horizonlarla uyumludur. 2A2 horizonunda daha önce de tespit edilen sıkışmadan dolayı gözeneklilik sınır değerlerin altında tespit edilmiştir. Mikro gözeneklilik, alt horizonlara doğru giderek artmaktadır. Ancak yine 2A2 horizonunda sıkışma nedeniyle, mikro gözeneklilik miktarı da azalmıştır. Profil içerisinde

en düşük mikro gözeneklilik değeri $0.17 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$, en yüksek $0.30 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Toprakta su ve havanın hareketi ile ilgili makro gözeneklilik değerleri profil içerisinde en düşük $0.09 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ iken en yüksek $0.24 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). Makro gözeneklilik değerleri en düşük $0.09 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$, en yüksek $0.24 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.42). En düşük makro gözenekliliğe sahip 2A2 horizonunda hava ve suyun hareketi kısıtlıdır.

Su dolu gözenek hacimleri incelendiğinde en düşük değerin 0.47, en yüksek değerin de 0.78 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.42). Su dolu gözeneklerin en fazla olduğu horizon sıkışmanın da olduğu 2A2 horizonu olarak belirlenmiştir.

Bajada

Konyaaltı'nda yer alan son fizyografya bajadadır ve bu fizyografyayı temsilen P.18 profili tanımlanmıştır. Profilin tanımlandığı arazinin deniz seviyesinden yüksekliği 92 m, %0-2 eğime sahip, drenajı iyi, taban suyu bulunmamakta ve yüzey taşlılık oranı %0-2 olup, 0,2-6 cm çapında yuvarlak taşlar içermektedir. Soil taxonomy (1998)'e göre Typic Xerorthents olarak sınıflandırılmıştır. P.18 profiline ait morfolojik tanımlamalar Çizelge 4.45'de verilmiştir.

P.18 profilinde yapılan morfolojik tanımlama işlemlerine göre Ap, AC, C1, C2 ve C3 horizonları tespit edilmiştir. morfolojik değerlendirmesinde, Ap horizonunda koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) tınlı bir yapı gözlemlenmiştir. Bu horizon zayıf küçük yarı köşeli blok strüktürüne sahiptir. Nemli iken dağılkan, yaş iken az yapışkan ve hafif plastik özellik göstermektedir. Kireçli ve çok taşlı olup, seyrek ince saçak kökler içermektedir. Taşlılık yoğun olup, taşlar 0-20 cm çapındadır.

AC horizonunda renk, sarımsı kırmızı (5YR 5/6), tekstür, siltli kil/kil, strüktür zayıf küçük yarı köşeli blok, kıvam, nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan ve hafif plastiktir. Bu horizon çok kireçli ve çok taşlı olup, taşlar 1-5 cm çapındadır. Çok seyrek ince saçak kökler içermektedir.

C1, C2 ve C3 horizonlarında masif yapı gözlemlenmiştir. C1 ve C2 horizonları az kireçli olup, çok taşlıdır. C1 horizonunda taşlar 1-10 cm çapında, C2 horizonunda ise taşlılık yoğun olup, belirgin düz sınırlar mevcuttur. P.18 profiline ait fiziksel kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.45. P.18 profilinin morfolojik özellikleri

Tanımlamanın yapıldığı tarih:	13.06.2022
Konumu:	36°54'16" K – 30°32'8" D
Yükseklik:	92 m
Fizyografik konumu:	Bajada
Eğim derecesi ve yönü:	%0-2 KB – GD
Sınıflama USDA:	Typic Xerorthents
Ana materyal:	Kolüviyal
Drenaj:	İyi
Taban suyu:	Yok
Yüzey taşlılık ve kayalılık:	%0-2 alanda, 0,2-6 cm çaplı, yuvarlak taş
İnsan etkisi:	18 cm'e kadar kültivatörle işleme

Profil	Horizon	Derinlik (cm)	Tanımı
	Ap	0-18	Koyu kırmızımsı gri (5YR 4/2) yaşı; tınlı; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken dağınık, yaş iken az yapışkan, hafif plastik; kireçli; çok taşlı; seyrek ince saçak kök; 0-20 cm çaplı yoğun taşlılık; belirgin düz sınır.
	AC	18-37	Sarımsı kırmızı (5YR 5/6) yaşı; siltli kil/ kil; zayıf küçük yarı köşeli blok; nemli iken sıkı, yaş iken az yapışkan, hafif plastik; çok kireçli; çok taşlı; çok seyrek ince saçak kök; 1-5 cm çaplı yoğun taşlılık; belirgin düz sınır.
	C1	37-54	Masif; az kireçli; çok taşlı; 1-10 cm çaplı yoğun taşlılık; belirgin düz sınır.
	C2	54-75	Masif; az kireçli; çok taşlı; belirgin düz sınır.
	C3	75+	Masif

Çizelge 4.46. P.18 profilinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları

HOR.	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	HA g/cm ³	TK (%)	SN (%)	YSİ (%)	TG cm ³ cm ⁻³	MiG cm ³ cm ⁻³	MaG cm ³ cm ⁻³	SDGH	
Ap	41.6	31.6	26.8	L	1.54	25.39	12.66	12.73	0.42	0.20	0.22	0.61	
AC	29.6	29.7	40.7	C	1.57	26.52	10.31	16.21	0.43	0.26	0.17	0.62	
C1	47.7	23.7	28.7	SCL	1.40	27.63	15.16	12.47	0.38	0.18	0.20	0.72	
C2	51.5	29.8	18.7	L	1.42	22.96	11.96	10.99	0.45	0.23	0.22	0.51	
C3	37.6	29.7	32.7	CL	1.51	19.33	10.34	9.00	0.43	0.19	0.24	0.44	
HOR.	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	OM (%)	P (ppm)	SAR	MBK	BGEA	KDK meq/100 gr	Değişebilir Katyon (meq/100 gr)			
										Ca	Mg	Na	K
Ap	7.21	0.389	17.83	1.8	9.07	0.11	344.4	36.77	47.07	24.83	10.28	0.33	1.50
AC	7.37	0.268	34.83	1.2	8.59	0.09	182.4	7.98	60.49	49.11	10.06	0.39	0.78
C1	7.32	0.247	43.66	0.6	7.30	0.07	111.6	3.90	59.79	51.73	5.59	0.25	0.43
C2	7.43	0.225	57.78	0.5	6.50	0.06	145.2	3.67	42.86	65.33	3.31	0.25	0.30
C3	7.33	0.245	54.56	0.2	6.23	0.08	135.6	1.41	71.35	62.36	5.78	0.25	0.41

Konyaaltı çalışma alanındaki Bajada fizyografyalarının genel özelliklerinin belirlenmesi için tanımlanan P.18 profilinde pH değeri en düşük 7.21, en yüksek 7.37 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Kireç içeriği en düşük %17.83, en yüksek %57.78 olarak tanımlanmıştır (Çizelge 4.46). Nötr ve hafif alkali olarak tanımlanan P.18 profilinin horizonları kireç miktarı, yüksek ve çok yüksek kireçli olarak sınıflandırılmıştır (FAO 2006). Profilde Ap'den başlayarak alt horizonlara doğru kirecin yıkandığı görülmektedir.

Elektriksel iletkenlik, en düşük 0.225 dS/m, en yüksek 0.389 dS/m olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Belirlenen bu değerlere göre bütün profil tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır.

Organik madde içerikleri tespit edilen P.18 profilinde en düşük organik madde miktarı %0.2 iken en yüksek organik madde miktarı %1.8 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Ap horizonu hariç bütün horizonlardaki organik madde miktarları, düşük sınıfta yer almaktadır. Ap horizonu ise orta sınıfta yer almıştır.

Mikrobiyal biyokütle karbonu, alt horizonlara doğru inildikçe azalmaktadır. Bu beklenen bir durumdur. Profil içerisinde en düşük 111.6 mg/kg, en yüksek 344.4 mg/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Bu değerlere göre profil içindeki mikrobiyal biyokütle karbonu, Wardle (1992) sınıflandırmasına göre Ap horizonunda yüksek, diğer horizonlarda orta sınıfta yer almıştır.

Beta glikosidaz enzimi aktivitesi değeri profilde en düşük 1.41 µg/g, en yüksek 36.77 µg/g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Profil içerisinde bütün horizonlarda BGEA Alef ve Nannipieri (1995) sınıflandırmasına göre düşük olarak sınıflandırılmıştır.

P.18 profilinde sodyum adsorpsiyon değeri (SAR) en düşük 0.06, en yüksek 0.11 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Tespit edilen SAR değerlerinin Havlin ve Kissel (2024)'e göre düşük olarak sınıflandırılmıştır.

Morfolojik tanımlamalarda belirlenen tekstür sınıflarının fiziksel analizlerle tespit edilen tekstür sınıfları ile uyum göstermektedir. Profil içerisinde en düşük kum miktarı %29.6, en yüksek %51.5 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Silt miktarları incelendiğinde en düşük %23.7, en yüksek %31.6 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Kil değerleri incelendiğinde en düşük değerin %18.7, en yüksek değerin %40.7 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46).

Katyon değişim kapasitesi, profil içerisindeki en düşük değerin 38.79 meq/100 gr, en yüksek değerin 60.49 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). P.18 profilinde KDK, Brady ve Weil (2008)'in sınıflandırmasına göre yüksek ya da çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır.

Fosfor değerleri incelendiğinde en düşük değerin 6.23 ppm, en yüksek değerin 9.07 ppm olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Bu değerler literatürdeki referans değerlerle kıyaslandığında orta sınıfta yer almaktadır (Olsen vd. 1954). Fosfor değerleri incelendiğinde topraktaki kireç miktarları ile uyumluluk içerisinde.

Hacim ağırlığı değerleri incelendiğinde en düşük değer 1.40 g/cm³ (C1), en yüksek değer 1.57 g/cm³ (AC) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Bu profilde genel olarak belirlenen tın ve killi tın tekstür sınıflarına göre hacim ağırlığı değerleri literatürde (NRCS 2022, USDA 2023) belirlenen sınır değerlerin arasındadır. Ancak C horizonunda belirlenen 1.57 g/cm³ değeri, bu horizonta sıkışmanın olduğunu göstermektedir.

Solma noktası değerleri profilde en düşük %10.31 (AC), en yüksek %15.16 (C1) tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). P.18 profilindeki tınlı topraklar için belirlenen solma noktası literatürde (Hillel 1980) bildirilen (%10-15) değer aralığındadır.

Tarla kapasitesi değerleri incelendiğinde en düşük değer %19.33 (C3), en yüksek değer %27.63 (C1) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Tınlı toprakların geneli için bildirilen (Hillel 1980) tarla kapasitesi değer aralığı olan %20-30, P.18 profilinde tespit edilen değerlerle uyumluluk göstermektedir.

Yarayışlı su içeriği değeri profilde en düşük %9.0 (C3), en yüksek %16.21 (AC) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46). Tespit edilen bu değerler, Hillel (1980)'in tınlı toprakların geneli için bildirdiği aralık olan %10-15 değer aralıklarına girmektedir.

Toplam gözeneklilik değerleri incelendiğinde, en düşük gözeneklilik değeri 0.38 cm³/cm³ (C1), en yüksek gözeneklilik değeri 0.45 cm³/cm³ (C2) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Tınlı topraklar için literatürde (Hillel 1980) belirtilen %40-60 gözeneklilik değer aralığı profildeki bütün horizonlarla uyumludur. Mikro gözeneklilik, en düşük mikro gözeneklilik değeri 0.18 cm³/cm³ (C1), en yüksek 0.23 cm³/cm³ (C2) tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Toprakta su ve havanın hareketi ile ilgili makro gözeneklilik değerleri profil içerisinde en düşük 0.17 cm³/cm³ (AC) iken en yüksek 0.22 cm³/cm³ (Ap ve C2) tespit edilmiştir (Çizelge 4.46). Su dolu gözenek hacimleri incelendiğinde en düşük değerin 0.38 (C1), en yüksek değerin de 0.45 (C2) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.47. Konyaaltı ilçesindeki profillere ait mineralojik analiz sonuçları

P.11 TD	Kalsit	Kuvars	Montm	Mika	İllit	Klorit	Serp	Dolomit	Plajiy.	Amfibol	Alkali F.
P.12 TD	Kalsit	Kuvars	Montm.	Mik	İllit	Klorit	Dolomit	Serp.	Plajiy.		
P.17 NS	Kuvars	Kalsit	Montm	Klorit	Serp.	Mika	İllit	Kaolinit	Dolomit		

*AY: Alüviyal Yelpaze, PE: Pediment, KO: Kolüviyal, TD: Taşkın Düzlüğü YDA: Yan Dere Alüviyal
Mont: Montmorillonit, Alkali F: Alakali Feldspat, Plajio: Plajiolaz, Serp. Serpantin*

4.4.2. Grid noktalarından alınan toprak özellikleri

Araştırmanın Konyaaltı ilçesindeki bölümünde 6 farklı fizyografya (Bajada, Kolüviyal, Taşkın Düzlüğü, Alüviyal Yelpaze, Yan Dere Alüviyalı, Nehir Sırtı) tespit edilmiştir. Bu fizyografyaların dağılım gösterdiği alanlarda bulunan narenciye bahçelerinde, belirlenen grid noktalarından alınan örneklerde yapılan analizlere ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Konyaaltı ilçesi topraklarında pH değerleri ortalama 7.56 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, toprakların hafif alkali özellikte olduğunu göstermektedir. pH değerleri her fizyografik üniteye farklılık göstermektedir. Özellikle alüviyal topraklarda pH değerleri daha yüksektir. Bu durum alüviyal bölgelerdeki toprakların kalsiyum karbonat içeriğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Hafif alkali pH, bazı besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasını zorlaştırabilir (Brady ve Weil 2008).

Elektriksel iletkenlik değerleri ortalama 0.69 dS/m olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, toprakların tuzsuz olduğunu göstermektedir. Ancak, bazı alüviyal ve taşkın düzlüğü fizyografyalarda hafif tuzlu sınırına yakın topraklar tespit edilmiştir. Bu durum, sulama uygulamalarına dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kireç içerikleri ortalama %20 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Kireçsiz veya hafif kireçli topraklar çoğunlukla tespit edilmiştir, ancak bazı bölgelerde yüksek kireç içeriği gözlemlenmiştir. Özellikle taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında yüksek kireç içeriği dikkat çekmektedir.

Organik madde içerikleri ortalama %2.22 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu değerler, toprakların genel olarak düşük organik madde içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Kolüviyal fizyografyalardaki narenciye bahçelerinde organik madde miktarının nispeten yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Mikrobiyal biyokütle karbonu değerleri ortalaması 243.17 mg/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu değer, Wardle (1992)’nin sınıflandırmasına göre orta düzey sınıfında yer almaktadır. En düşük değerler alüviyal yelpaze ve taşkın düzlüğünde yer alırken en yüksek değerler yan dere alüviyalı ve kolüviyalde belirlenmiştir.

Çizelge 4.48. Konyaaltı ilçesi grid verilerine ait tanımlayıcı istatistikler

Özellik	Min.	Max.	Ort.	Std sapma	VK (%)	Yatıklık
pH	7.09	7.87	7.56	0.13	1.71	-0.31
EC (dSm-1)	0.33	2.18	0.69	0.3	43.51	2.48
Kireç (%)	4.85	48.0	20.0	8.18	40.92	1.17
OM (%)	0.52	4.02	2.22	0.83	37.13	0.26
MBK (mg/kg)	27.6	504.0	243.17	97.16	39.95	0.23
BGEA (µg/g)	16.82	163.7	72.07	29.68	41.18	0.68
KDK (meq/100 gr)	15.68	47.83	26.79	6.08	22.71	0.82
SAR	0.04	0.39	0.11	0.04	42.15	2.73
Mg (meq/100 gr)	0.73	3.46	1.92	0.54	28.21	0.42
Ca meq/100 gr	8.71	20.65	12.78	2.32	18.19	0.78
Na (meq/100 gr)	0.08	0.63	0.17	0.07	44.02	3.31
K (meq/100 gr)	0.26	1.24	0.6	0.22	37.5	0.67
P (ppm)	2.1	21.47	9.39	3.65	38.85	0.36
Kum (%)	10.56	75.12	44.29	13.12	29.63	-0.17
Silt (%)	4.0	58.0	28.7	8.36	29.12	0.56
Kil (%)	6.88	62.16	27.01	8.72	32.28	0.92
HA (g cm-3)	0.98	1.69	1.37	0.1	7.52	-0.22
TK (%)	17.1	43.71	28.83	6.4	22.2	0.22
SN (%)	5.7	34.12	16.86	5.0	29.65	0.79
YSİ %)	3.77	27.68	11.97	2.79	23.29	1.51
SDGH (%)	0.34	0.84	0.59	0.12	19.49	-0.02
TG (cm3 cm ⁻³)	0.37	0.6	0.48	0.05	9.48	-0.02
MiG (cm3 cm ⁻³)	0.17	0.48	0.3	0.06	21.74	0.29
MaG (cm3 cm ⁻³)	0.07	0.34	0.19	0.06	31.54	0.27

OM: Organik Madde, MBK: Mikrobiyal Biyokütle, BGEA: Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi Karbon, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı, HA: Hacim Ağırlığı, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, YSI: Yarıyışlı Su İçeriği, SDGH: Su Dolu Gözenek Hacmi, YSI: Yarıyışlı Su İçeriği, TG: Toplam Gözeneklilik, MiG: Mikro Gözeneklilik, MaG: Makro Gözeneklilik Min: Minimum, Max: Maximum, Ort: Ortalama, VK: Varyasyon Katsayısı,

Beta glikosidaz enzim aktivitesi değerleri ortalama 72.07 µg/g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu değerler, Alef ve Nannipieri (1995)'nin belirlediği sınıflara göre düşük olarak sınıflandırılmıştır. BGEA, en düşük taşkın düzlüğü fizyografyalarında belirlenirken, en yüksek alüviyal yelpaze ve bajada fizyografyaların tespit edilmiştir.

Kasyon değişim kapasitesi değerleri ortalama 26.79 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Araştırma alanı topraklarında KDK değeri, Brady ve Weil (2008)'in belirlediği sınıflandırmaya göre, yüksek sınıfta yer almıştır. En düşük KDK değerleri genellikle nehir sırtı fizyografyalarında bulunurken, en yüksek değerler genellikle taşkın düzlüklerinde tespit edilmiştir.

SAR değerleri ortalama 0.11 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Havlin ve Kissel (2024)'in belirlediği sınıflandırmaya göre SAR değeri düşük bulunmuştur. Araştırma alanında belirlenen bütün SAR değerleri düşük sınıfta yer almıştır.

Potasyum içeriği değerleri ortalama 0.6 meq/100 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu değer, Pizer (1967)'in yaptığı sınıflandırmaya göre yeterli olarak belirlenmiştir. Düşük K değerleri genellikle nehir sırtı ve pediment fizyografyalarda, yüksek K değerleri taşkın düzlüğü fizyografyalarda belirlenmiştir.

Fosfor içeriği ortalama 9.39 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Olsen (1954)'in yaptığı sınıflandırmaya göre orta sınıfta yer almıştır. En düşük P değerleri yan dere alüviyallerinde, en yüksek P değerleri taşkın düzlüğü ve alüviyal yelpaze fizyografyalarında tespit edilmiştir.

Kum içeriği ortalama %44.29 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Kum miktarı en yüksek nehir sırtı fizyografyalarda, en düşük taşkın düzlüğü fizyografyalarda bulunmuştur. Silt miktarı ortalama %28.7 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Kil miktarı ortalama %27.01 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). En yüksek kil miktarı taşkın düzlüklerinde yer alırken, en düşük nehir sırtı fizyografyalarında tespit edilmiştir.

Hacim ağırlığı değerleri ortalama 1.37 g/cm³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). USDA (2023)'nın hazırladığı sınıflandırmada farklı tekstür sınıfları için farklı optimum HA değer aralıkları vardır. Araştırma alanındaki toprakların çok büyük bir kısmı bu aralıklarda yer almaktadır. Genellikle en yüksek değerler taşkın düzlüklerinde, en düşük değerler ise bajada ve kolüviyalarda belirlenmiştir.

Tarla kapasitesi değerleri ortalama %28.83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Hillel (1998)'in tınlı topraklar için belirlediği sınır değer aralıklarına (% 20-30) göre uygun sınıfta yer alırken, spesifik bazı örneklerde düşük ya da yüksek hacim ağırlıkları tespit edilmiştir.

Solma noktası değerleri ortalama %16.86 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu ortalama değer, Hillel (1998)'in tın tekstürlü topraklar için belirlediği üst sınır değerini (%10-15) az da olsa geçmiştir. Araştırma alanında düşük SN değerleri kolüviyal fizyografyalarda, yüksek SN değerleri taşkın düzlüğü fizyografyalarda belirlenmiştir.

Bitkiye yararlı su içeriği değerleri ortalama %11.97 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu değer literatürde (Hillel 1998) belirlenen optimum değer aralıklarında (%10-15) yer almaktadır. En düşük değerler taşkın düzlüğü fizyografyalarında en yüksek değerler bajada fizyografyasında tespit edilmiştir.

Toplam gözeneklilik değerleri ortalaması 0.48 cm/cm³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu değer literatürde belirlenen en uygun değer aralıklarında yer almaktadır. Kolüviyal fizyografyalarda yüksek gözeneklilik değerleri belirlenirken düşük değerler taşkın düzlüğü ve pediment fizyografyalarında tespit edilmiştir. Mikro gözeneklilik değerleri ortalama 0.3 cm/cm³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Makro gözeneklilik değerleri ortalama 0.19 cm/cm³ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). En düşük mikro gözeneklilik değerleri nehir sırtı fizyografyasında yer alırken en düşük makro gözeneklilik kolüviyal ve taşkın düzlüklerinde belirlenmiştir. En yüksek mikro gözeneklilik taşkın düzlüklerinde bulunurken en yüksek makro gözeneklilik pediment ve bajada fizyografyalarında tespit edilmiştir.

4.4.3. Toprak kalite değerlendirmesi

Araştırmanın Konyaaltı ilçesi bölümünde toprak kalitesinin değerlendirmesi için seçilen indikatörlerin Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF)'ne göre

skorlamalarının yapıldıktan sonra ortaya çıkan skor değerlerine ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 4.49’te yer almaktadır. Bu tabloda araştırma alanının bütünü ve 6 farklı fizyografyadaki tanımlayıcı istatistikler ayrı ayrı verilmiştir. Fizyografya ve kalite skorlarının değerlendirmeleri yapılırken, fizyografyalarda değerlendirilen indikatör skorlarının ANOVA tek yönlü varyans analizini istatistiksel analiz yöntemine göre değişimlerin önemli olup olmadıkları kontrol edilmiştir (Çizelge 4.50).

Araştırmanın Konyaaltı ilçesindeki bölümünde hacim ağırlığı skor (HA) değerleri ortalama 0.65 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesindeki araştırma alanında, hacim ağırlığı skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalarla arasında yüksek derecede anlamlı ($p \leq 0.01$), değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). Hacim ağırlığı skoru ortalaması en düşük olan alüviyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.51 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor ortalaması değerinin bulunduğu nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.81 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Diğer fizyografyalardan nehir sırtı, taşkın düzlüğü, bajada ve kolüviyal fizyografyalarda ortalama skor değerleri sırasıyla 0.52, 0.63, 0.64 ve 0.64 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Alüviyal yelpaze fizyografyasında hacim ağırlığı skorunun düşük olmasında farklı sebepler ya da bunların birlikte etkisi olduğu düşünülmektedir. P.14 profili ile morfolojik tanımlamasının yapıldığı bu fizyografyada ilk 18 cm siltli killi tın tekstüre sahip olsa da 30 cm derinliğe kadar hacim ağırlığı 1.25 g/cm^3 ’ten 1.33 g/cm^3 ’e kadar çıkmıştır. Bu da, hacim ağırlığının artmasına sebebin sıkışma olduğunu göstermektedir. Aynı zaman da kil miktarının ilk 30’e kadar azalarak devam etmesi topraktaki sıkışmanın başka bir göstergesi olmuştur. Ayrıca %2 organik madde oranı toprağın sıkışmasını engellemekte yetersiz kaldığı düşünülmektedir.

Yarayışlı su içeriği skoru (YSİ) Konyaaltı ilçesinde araştırma alanı genelinde ortalama 0.41 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesindeki araştırma alanında, yarayışlı su içeriği skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p < 0.05$) farklılıklar vardır (Çizelge 4.50). En düşük yarayışlı su içeriği skoruna sahip nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.37 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor değerine sahip yan dere alüviyal ve taşkın düzlüğü fizyografyasında ortalama skor değeri 0.43 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Diğer fizyografyalardan bajada, alüviyal yelpaze ve kolüviyal arazilerde ortalama skorları sırasıyla 0.42, 0.42 ve 0.41 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Konyaaltı ilçesindeki indikatörlerin kalite skorlarına ait tanımlayıcı istatistik bilgileri

		HA	YSİ	SDGH	pH	EC	P	SAR	K	OK	MBK	BGEA	KDK
KONYAALTI	Min.	0.25	0.24	0.41	0.82	0.96	0.04	0.80	0.66	0.08	0.05	0.03	0.37
	Max.	0.99	0.74	0.97	0.96	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	0.98
	Ort.	0.65	0.41	0.87	0.89	1.00	0.70	0.93	0.93	0.75	0.90	0.18	0.77
	SS	0.25	0.08	0.12	0.03	0.00	0.25	0.09	0.09	0.27	0.22	0.15	0.14
	VK(%)	38.56	20.16	14.01	2.83	0.39	34.97	9.89	10.19	35.39	24.74	79.75	17.72
	Yatıklık	0.00	0.52	-1.71	-0.20	-10.39	-1.18	-0.67	-1.24	-0.94	-2.61	1.93	-0.58
Yan Dere Alüviyalı	Min.	0.29	0.24	0.51	0.88	0.96	0.04	0.80	0.66	0.25	0.36	0.03	0.37
	Max.	0.98	0.59	0.96	0.95	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.37	0.98
	Ort.	0.52	0.43	0.84	0.91	1.00	0.62	0.93	0.97	0.78	0.90	0.12	0.77
	SS	0.20	0.10	0.12	0.02	0.01	0.30	0.09	0.08	0.24	0.16	0.09	0.18
	VK(%)	38.18	23.50	14.82	1.77	0.95	48.05	10.14	8.28	30.71	17.86	75.23	23.05
	Yatıklık	1.16	-0.63	-1.31	0.90	-4.24	-0.92	-0.77	-3.76	-1.16	-2.47	1.76	-0.73
Taşkın Düzlüğü	Min.	0.36	0.24	0.51	0.86	1.00	0.04	0.80	0.71	0.33	0.05	0.03	0.49
	Max.	0.99	0.61	0.97	0.94	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.55	0.98
	Ort.	0.63	0.43	0.87	0.91	1.00	0.62	0.94	0.97	0.83	0.88	0.14	0.79
	SS	0.24	0.10	0.12	0.02	0.00	0.30	0.09	0.06	0.19	0.24	0.12	0.15
	VK(%)	37.77	22.25	13.22	1.80	0.00	48.93	9.15	6.25	23.24	27.56	83.72	18.61
	Yatıklık	0.39	-0.32	-1.50	-0.73	.	-0.82	-1.16	-3.34	-1.19	-2.89	2.10	-0.38
Bajada	Min.	0.36	0.24	0.51	0.82	1.00	0.04	0.80	0.77	0.17	0.76	0.03	0.49
	Max.	0.99	0.74	0.97	0.93	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.59	0.98
	Ort.	0.64	0.42	0.85	0.89	1.00	0.59	0.94	0.95	0.81	0.96	0.16	0.79
	SS	0.22	0.11	0.13	0.02	0.00	0.30	0.09	0.08	0.23	0.07	0.14	0.13
	VK(%)	34.59	24.88	14.80	2.79	0.00	50.45	9.61	7.96	28.90	7.47	87.78	16.86
	Yatıklık	0.22	0.69	-1.33	-1.00	.	-0.64	-0.94	-1.46	-1.44	-1.97	2.02	-0.36
Alüviyal Yelpaze	Min.	0.29	0.24	0.51	0.88	1.00	0.04	0.80	0.85	0.26	0.23	0.03	0.49
	Max.	0.98	0.59	0.97	0.92	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.46	0.98
	Ort.	0.51	0.42	0.88	0.90	1.00	0.66	0.95	0.98	0.88	0.89	0.16	0.81
	SS	0.22	0.09	0.11	0.01	0.00	0.28	0.08	0.04	0.18	0.20	0.11	0.13
	VK(%)	42.41	20.94	12.95	1.39	0.00	42.39	8.69	3.92	20.19	22.77	70.26	15.77
	Yatıklık	1.25	-0.39	-1.81	-0.25	.	-1.06	-1.34	-2.30	-2.44	-2.72	1.29	-0.89
Kolüviyal	Min.	0.29	0.25	0.41	0.82	1.00	0.10	0.80	0.70	0.24	0.40	0.06	0.46
	Max.	0.99	0.53	0.97	0.91	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.64	0.95
	Ort.	0.64	0.41	0.85	0.87	1.00	0.71	0.91	0.89	0.78	0.96	0.18	0.77
	SS	0.26	0.08	0.16	0.02	0.00	0.25	0.10	0.11	0.22	0.13	0.14	0.15
	VK(%)	40.34	20.20	19.03	2.46	0.00	34.64	10.69	12.89	28.26	13.02	73.38	19.92
	Yatıklık	0.02	-0.21	-1.44	-0.71	.	-1.17	-0.28	-0.68	-1.03	-4.48	2.11	-0.96
Nehir Sırtı	Min.	0.33	0.28	0.49	0.85	1.00	0.56	0.80	0.72	0.31	0.28	0.05	0.53
	Max.	0.99	0.53	0.97	0.96	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	0.92
	Ort.	0.81	0.37	0.90	0.89	1.00	0.81	0.86	0.88	0.75	0.90	0.26	0.67
	SS	0.19	0.07	0.13	0.03	0.00	0.13	0.09	0.10	0.20	0.21	0.21	0.12
	VK(%)	23.80	18.58	13.92	3.06	0.00	15.64	10.69	11.14	26.49	23.49	80.81	17.62
	Yatıklık	-1.24	0.70	-2.76	1.26	.	-0.76	0.90	-0.14	-0.66	-2.42	1.56	0.83

OK: Organik Karbon. MBK: Mikrobiyal Biyokütle. Karbon. BGEA: Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi. KDK: Katyon Değişim Kapasitesi. SAR: Sodyum Adsorpsiyon Oranı. HA: Hacim Ağırlığı. YSİ: Yarayışlı Su İçeriği. SDGH: Su Dolu Gözenek Hacmi. Min: Minimum. Max: Maximum. Ort: Ortalama. VK: Varyasyon Katsayısı.

En düşük skor ortalamasının tespit edildiği nehir sırtı fizyografyası için tanımlanan P.17 profilinden de anlaşılacağı üzere bu fizyografya topraklarının ilk 30 cm'sinde hacim ağırlığı 1.56 g/cm³ tespit edilmiş ve bu da topraktaki sıkışmanın bir göstergesi olmuştur. Ayrıca bu fizyografyada organik maddenin nispeten düşük olması ve kil miktarının da yaklaşık %20-30 arasında değişmesi bu fizyografyada yarayışlı su içeriğini düşüren unsurlar olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.50. Fizyografik birimlere göre kalite skorlarına ilişkin ANOVA sonuçları

Özellik	p-Değeri	Yorum
HA Skor	0.0018	**
YSİ Skor	0.015	*
SDGH Skor	0.062	A.d.
pH Skor	0.003	**
EC Skor	0.476	A.d.
P Skor	0.006	**
SAR Skor	0.006	*
K Skor	0.296	A.d.
OK Skor	0.002	**
MBK Skor	0.009	**
BGEA Skor	0.129	A.d.
KDK Skor	0.015	*
*** ($p \leq 0.001$) Yüksek düzeyde anlamlı		
** ($p \leq 0.01$) yüksek derecede anlamlı		
* ($p \leq 0.05$) Anlamlı		
A.d. ($p > 0.05$) Anlamlı değil		

Su dolu gözenek hacmi skoru (SDGH), araştırma alanında ortalama 0.87 olarak yüksek bir değerde hesaplanmıştır. Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Kemer ilçesindeki araştırma alanında, yarıyıllı su içeriği skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p > 0.05$) farklılıkların olmadığı, değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). En düşük skor ortalamasına sahip alüvyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.84 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor ortalamasına sahip nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.90 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Diğer fizyografyalarda ortalamaları sırasıyla 0.87, 0.85, 0.88 ve 0.85 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Su dolu gözenek hacmi skor değeri en düşük skor ortalamasının belirlendiği yan dere alüvyali fizyografyasında bile 0.84 olarak skorlanarak Gugino vd. (2009)'e göre yüksek sınıfta yer almıştır. Genel olarak araştırmanın bu bölümündeki fizyografyalarda su dolu gözenek hacmi ile ilgili bir problemin olmadığı tespit edilmiştir.

pH skoru, araştırma alanının bu bölümündeki fizyografyalarda en düşük 0.82, en yüksek 0.96 olarak skorlanmış ve ortalama 0.89 hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Konyaaltı ilçesindeki araştırma alanında, pH skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalara arasında yüksek derece anlamlı ($p \leq 0.01$) farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). pH sorunun en düşük ortalama ile skorlandığı kolüviyal arazilerde ortalama 0.87 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor ortalamasına sahip yan dere alüvyali ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında ortalama 0.91 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Diğer fizyografyalardan bajada, alüvyal yelpaze ve nehir sırtında ortalamaları sırasıyla 0.89, 0.90 ve 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

pH skorunun en düşük olarak skorlandığı kolüviyal fizyografyasında ortalama skor değeri 0.87 gibi çok yüksek (Gugino vd. 2009) bir skor değerine sahiptir. Araştırma alanındaki bütün fizyografyalar pH bakımından yüksek kaliteye sahip topraklar olarak belirlenmiştir.

Elektriksel iletkenlik (EC) skoru, araştırma alanında bütün fizyografyalarda 1.00 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.49). Bu durum, araştırmanın Kemer ilçesindeki bölümünde bulunan fizyografyalarda topraktaki EC ile ilgili olumsuz herhangi bir durumun olmadığını göstermektedir.

Konyaaltı çalışma alanındaki fosfor skoru (P) ortalama 0.70 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Konyaaltı ilçesindeki araştırma alanında, fosfor skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalara arasında yüksek derecede anlamlı ($p \leq 0.01$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.50). En düşük fosfor skor ortalamasına sahip bajada fizyografyasında ortalama 0.59 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.66). En yüksek fosfor skoruna sahip nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.81 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Araştırma alanındaki diğer yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, alüvyal yelpaze ve kolüviyal fizyografyalarındaki ortalamaları 0.62, 0.62, 0.66 ve 0.71 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

En düşük fosfor skorunun belirlendiği bajada fizyografyasında yüksek kireç içeriği, toprağın pH seviyesini artırarak fosforun çözünmeyen bileşikler oluşturmaya ve bitkiler tarafından alınamamasına yol açmıştır. Düşük organik madde içeriği, fosforun bitkiler için kullanılabilir formda kalmasını engellemiştir. Yüksek hacim ağırlığı, toprak sıkışıklığını gösterir ki bu da kök gelişimini ve fosforun alımını zorlaştırmıştır. Bajada fizyografyalarının olası erozyon ve sediment biriktirme potansiyeli, yüzeyden hızlı su akışı ve farklı derinliklere sızabilmesi, farklı mineral içeriklerine sahip olması ve toprak sıkışması problemleri fosforun toprak profili içinde düzgün dağılmasını engelleyebilir.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) skorları bütün fizyografyalarda ortalama 0.93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Araştırma alanında, SAR skoru değerleri incelendiğinde, fizyografyalara arasında anlamlı ($p \leq 0.05$) farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). En düşük skor ortalamasına sahip nehir sırt fizyografyasında ortalama 0.86 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor değerinin belirlendiği alüviyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.95 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Araştırma alanındaki diğer yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, bajada ve kolüviyal fizyografyalarında ortalamaları sırasıyla 0.93, 0.94, 0.94 ve 0.91 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Toprakta sodikliğin bir göstergesi olarak kabul edilen SAR bütün fizyografyalarda birbirine yakın ve çok yüksek skor değerleri sınıflarında yer almıştır. Bu yüksek skor değerleri, bitkisel üretimde SAR'dan kaynaklanabilecek herhangi bir sorun olmadığını göstermektedir.

Bitkisel üretimde ürün kalitesini ve verimliliği etkileyen önemli bir makro element olan potasyum (K), ortalama 0.93 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Konyaaltı ilçesinde, potasyum skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında anlamlı ($p > 0.05$) farklılıkların olmadığı, değişimlerin tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). En düşük skor ortalamasının olduğu nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.88 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor ortalamasının belirlendiği alüviyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.98 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, bajada ve kolüviyal fizyografyalarında ortalamaları sırasıyla 0.97, 0.97, 0.95 ve 0.89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Potasyum skorunun en düşük skorlandığı nehir sırtı fizyografyasında bile çok yüksek skor değeri ortalamasına sahiptir. Bu nedenle araştırma

alanındaki fizyografyalarda potasyum ile ilgili sorun teşkil edecek bir durum tespit edilmemiştir.

Toprak sağlığı ve ekosistem işlevleri için kritik bir bileşen olan organik karbon skoru (OK) bütün fizyografyalarda ortalama 0.75 olarak skorlanmıştır (Çizelge 4.49). Yapılan ANOVA tek yönlü varyans analizi sonucuna göre Konyaaltı ilçesinde, organik karbon skoru değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında yüksek derecede anlamlı ($p \leq 0.01$) farklılıkların belirlenmiştir (Çizelge 4.50). En düşük organik karbon skor değerinin tespit edildiği nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.75 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor değerinin belirlendiği alüvyal yelpaze fizyografyasında ortalamaları 0.88 olarak hesaplanmıştır. Araştırma alanındaki diğer fizyografyalardan yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, bajada ve kolüviyal fizyografyalarında ortalama skor değerleri sırasıyla 0.78, 0.83, 0.81 ve 0.78 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Organik karbon skoru genel olarak bütün fizyografyalarda yüksek olarak tespit edilmiştir. Bazı narenciye bahçelerinde dönemsel olarak hayvan gübresi uygulamalarının yanı sıra birçok narenciye bahçesinde gelişen otların veya bitki budama artıklarının toprağa sürülmesiyle yapılan yeşil gübreleme bu bölgedeki toprakların organik karbon skorlarını yükseltmiştir. Skor ortalamalarının düşük bulunduğu nehir sırtı fizyografyasında skor değerleri bile Gugino vd. (2009)'nın yaptığı sınıflandırmaya göre yüksek olarak sınıflandırılmıştır.

Mikrobiyal biyokütle karbon skoru (MBK), ortalama 0.90 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.49). Mikrobiyal biyokütle karbon skoru değerleri incelendiğinde, fizyografyalar arasında farklılıkların yüksek derecede anlamlı ($p \leq 0.01$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). En düşük skor ortalamasının tespit edildiği taşkın düzlüğü fizyografyasında ortalama 0.88 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek skor değeri ortalamasının tespit edildiği bajada ve kolüviyal fizyografyalarında ortalamaları 0.96 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Yan dere alüvyali, alüvyal yelpaze ve nehir sırtı fizyografyalarında ortalamaları 0.90, 0.89 ve 0.90 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Mikrobiyal biyokütle karbon skoru genel olarak bütün fizyografyalarda çok yüksek olarak tespit edilmiştir. Skor ortalamalarının düşük bulunduğu taşkın düzlüğü fizyografyasında bile skor değerleri Gugino vd. (2009)'nın yaptığı sınıflandırmaya göre çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır.

Biyolojik aktivite ve mikrobiyal sağlık hakkında spesifik ve değerli bilgiler sağlayan beta glikosidaz enzim aktivitesi skoru araştırma alanında ortalama 0.18 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Araştırma alanında, beta glikosidaz enzim aktivitesi skor değerleri incelendiğinde fizyografyalar arasında farklılıkların anlamlı ($p > 0.05$) olmadığı, değişimleri tesadüfi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). En düşük BGEA skoru ortalamasına sahip fizyografya olan yan dere alüvyali fizyografyasında, ortalama 0.12 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). En yüksek BGEA skoruna sahip nehir sırtı fizyografyasında, ortalama 0.26 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Taşkın düzlüğü, bajada, alüvyal yelpaze ve kolüviyal fizyografyalarında ortalamaları da sırasıyla 0.14, 0.16, 0.16 ve 0.18 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Kemer ilçesindeki beta glikosidaz enzimi aktivitesindeki düşük skorlar gibi Konyaaltı ilçesinde de beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorları çok düşük sınıfta yer almışlardır. Organik karbon, MBK gibi biyolojik göstergeler yüksek skorlanmış olmasına

karşın BGEA çok düşük skorlanmıştır. Bu sonuçların genelde beklenen bir durum olmamasıyla birlikte bazı olumsuz faktörlerin biyolojik skorlar arasında bu derece farklılıkları oluşturabileceği Kemer ilçesindeki kalite değerlendirmesinde açıklanmıştır. Buna göre, BGEA skorunun düşük olmasının nedenleri; beta glikosidaz üretimi düşük olan mikroorganizma türlerinin baskın olması (Allison ve Vitousek, 2005), pH, nem, sıcaklık ve besin maddelerinin bulunabilirliği gibi çevresel faktörlerin de enzim aktivitesini doğrudan etkilemesi (Acosta-Martínez ve Tabatabai, 2000), toprakta bulunan bazı kimyasal maddeler veya toksik bileşikler, beta glikosidaz enziminin aktivitesini inhibe etmiş olması (Dick, 1997), toprak mikroorganizmaları arasında rekabet ve antagonizmden dolayı, beta glikosidaz enzimi üretiminin etkilenmesi (Torsvik ve Øvreås, 2002) gibi sebeplerden dolayı beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorunun değeri düşük sınıfta belirlenmiştir.

Kasyon değişim kapasitesi skoru, ortalama 0.77 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Araştırma alanında, kasyon değişim kapasitesi skoru değerleri incelendiğinde, fizyografyalar arasında farklılıkların anlamlı ($p \leq 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.50). KDK skorunun en düşük olduğu nehir sırtı fizyografyasında ortalama 0.67 olarak hesap edilmiştir. En yüksek skorlanan alüvyal yelpaze fizyografyasında ortalama 0.81 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49). Araştırma alanındaki diğer fizyografyalardan yan dere alüvyali, taşkın düzlüğü, bajada ve kolüviyal fizyografyalarında ortalamaları sırasıyla 0.77, 0.79, 0.79 ve 0.77 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.49).

Konyaaltı araştırma alanında kasyon değişim kapasitesi skoru en düşük olduğu nehir sırtı fizyografyasında bile yüksek sınıfa yakın orta düzeyde sınıflandırılmıştır. Nehir sırtı fizyografyasında grid örneklemesinin yapıldığı 0-30 cm’de kil miktarının %25-30 arasında değişmesi, organik madde miktarının %1.2-2.2 arasında değişmesi KDK skorunun orta düzeyde sınıflandırmasına neden olmuştur.

Skorların değişimleri Underhill (1990)’e göre sınıflandırılmış ve varyasyon katsayısı %0-20 arasında değişen skorlar düşük değişkenliğe sahip, varyasyon katsayısı %20-40 arası arasında değişen skorlar orta değişkenliğe sahip ve varyasyon katsayısı %40’tan fazla olanlar ise yüksek değişkenliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Buna göre;

Yan dere alüvyali ve bajada fizyografyalarında su içeriği, su dolu gözenek hacmi, pH, SAR, potasyum ve mikrobiyal biyokütle karbonu düşük değişkenliğe sahipken, hacim ağırlığı, yarayışlı su içeriği, organik karbon ve kasyon değişim kapasitesi orta düzeyde değişkenliğe sahiptir. Fosfor ve beta glikosidaz enzim aktivitesi skorları yüksek değişkenliğe sahip olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.49).

Taşkın düzlüğü fizyografyasında su dolu gözenek hacmi, pH, SAR, potasyum ve kasyon değişim kapasitesi skorları düşük değişkenliğe sahipken, hacim ağırlığı, yarayışlı su içeriği, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu skorları orta düzeyde değişkenliğe sahiptir. Fosfor ve beta glikosidaz enzim aktivitesi skorları yüksek değişkenliğe sahip olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.49).

Alüvyal yelpaze fizyografyasında su dolu gözenek hacmi, pH, SAR, potasyum ve kasyon değişim kapasitesi skorları düşük düzeyde değişkenliğe sahipken yarayışlı su içeriği, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu skorları orta düzeyde değişkenlik göstermiştir. Buna karşın hacim ağırlığı, fosfor ve beta glikosidaz enzim

aktivitesi skorları yüksek değişkenliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.49).

Kolüviyal fizyografyasında su dolu gözenek hacmi, pH, SAR, potasyum, mikrobiyal biyokütle karbonu ve kation değişim kapasitesi skorları düşük değişkenliğe sahipken yarayışlı su içeriği, fosfor ve organik karbon skorlarında orta düzeyde değişkenlik tespit edilmiştir. Bu karşılık hacim ağırlığı ve beta glikosidaz enzimi aktivitesi yüksek değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.49).

Nehir sırtı fizyografyasında su dolu gözenek hacmi, pH, fosfor, SAR ve potasyum ve kation değişim kapasitesi düşük değişkenliğe sahipken hacim ağırlığı, yarayışlı su içeriği, organik karbon ve mikrobiyal biyokütle karbonu göstergeleri skorları orta düzeyde değişkenlik göstermiştir. Ancak beta glikosidaz enzimi aktivitesi skoru yüksek düzeyde değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.49).

4.4.4. Kalite skorlarının mesafeye bağlı değişimi

Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi (SMAF), toprak kalitesini değerlendirmek ve yönetmek için tasarlanmış kapsamlı bir araçtır. SMAF, çeşitli göstergeleri birleştirerek toprak kalitesi hakkında genel bir değerlendirme sunar ve bu değerlendirme, toprak yönetim stratejilerinin etkinliğini artırmak amacıyla kullanılır (Karlen vd. 2008). Toprak kalitesi haritaları, belirli bölgelerdeki toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını anlamamıza yardımcı olur ve bu bilgileri toprak yönetim stratejilerine entegre eder (Brejda vd. 2000). SMAF ve haritalama tekniklerinin entegrasyonu, toprak yönetiminde daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasına katkıda bulunur ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler (Andrews vd. 2004).

Bu bağlamda, farklı ilçelerde ve farklı fizyografik alanlardaki narenciye bahçelerinde toprak kalite göstergeleri skorlanmış ve bu göstergelerin alan içindeki dağılımları haritalandırılmıştır. Sonuç olarak, Kemer ilçesindeki araştırma alanlarında narenciye arazilerinin tamamını kapsayan bir toprak kalitesi indeksi haritası oluşturulmuştur. Farklı ilçelerde ve fizyografyalarda bulunan narenciye bahçelerinde toprak kalite göstergeleri değerlendirilmiş ve bu göstergelerin alan içindeki dağılımları haritalanmıştır. Bu bireysel skorlamaların bir araya getirilmesiyle, Kemer ilçesi için Toprak Kalite İndeksi-1 (TKİ-1) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.34).

Ayrıca, çalışma kapsamında doğrusal olmayan yöntemlerle geliştirilmiş kation değişim kapasitesi (KDK) skorlaması da haritalandırılmıştır. KDK'nin toprak kalitesine olan etkisini harita üzerinde gösterebilmek amacıyla, KDK skorunun diğer gösterge skorlarına dahil edilmesiyle Toprak Kalite İndeksi-2 (TKİ-2) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.35). Skorlamaların sınıflandırılması, Gugino vd. (2009) tarafından belirlenen sınıflara göre yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, %40'tan düşük değerler çok düşük, %40-55 arasındaki değerler düşük, %55-70 arasındaki değerler orta, %70-85 arasındaki değerler yüksek ve %85'ten büyük skor değerleri ise çok yüksek kaliteli olarak tanımlanmıştır.

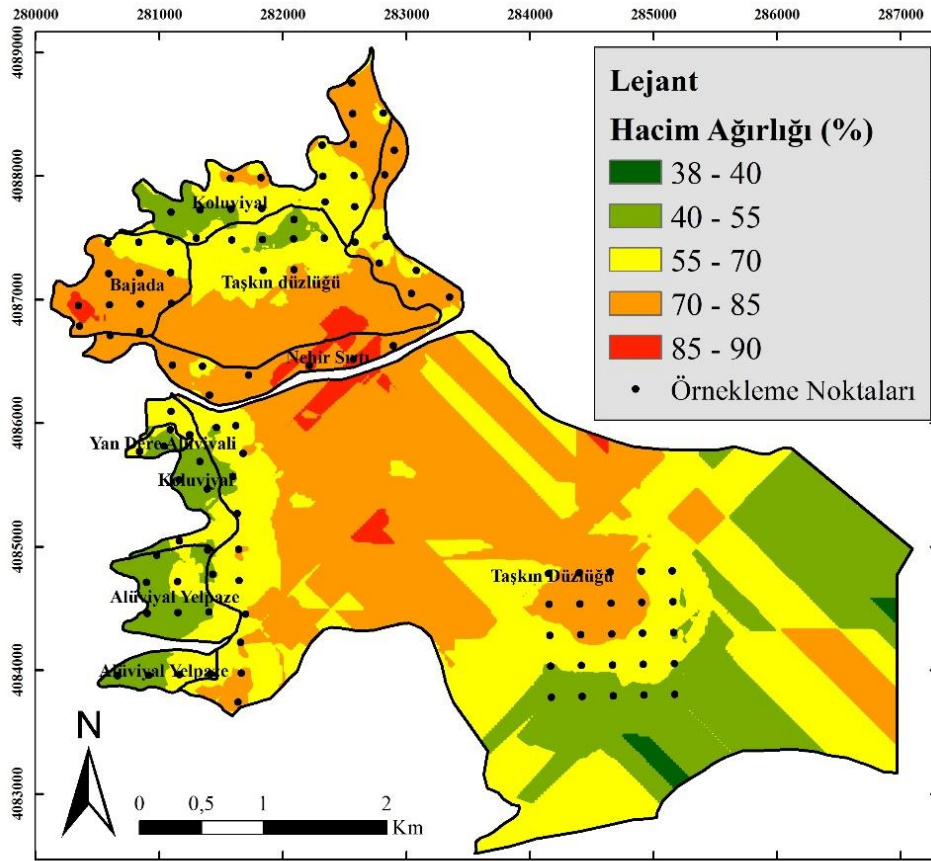
Kriging interpolasyon yöntemine ait ordinary tipi kullanılarak skorlar haritalandırılmış ve bu yönteme ait farklı modellerin en uygun olanı tespit edilmiştir.

Haritalama çalışmasında, üç farklı Kriging modeli (Gaussian, Exponential, Spherical) denenmiş ve en uygun model seçilmiştir. Modellerin değerlendirilmesinde RMS (Karekök Ortalama Hatası), RMSS (Karekök Ortalama Standartlaştırılmış Hata) ve ASE (Ortalama Standart Hata) değerleri dikkate alınmıştır (Çizelge 4.51).

Çizelge 4.51. Konyaaltı ilçesi kalite skorlarına ait semivaryogram modellerinin RMS, RMSS ve ASE değerleri

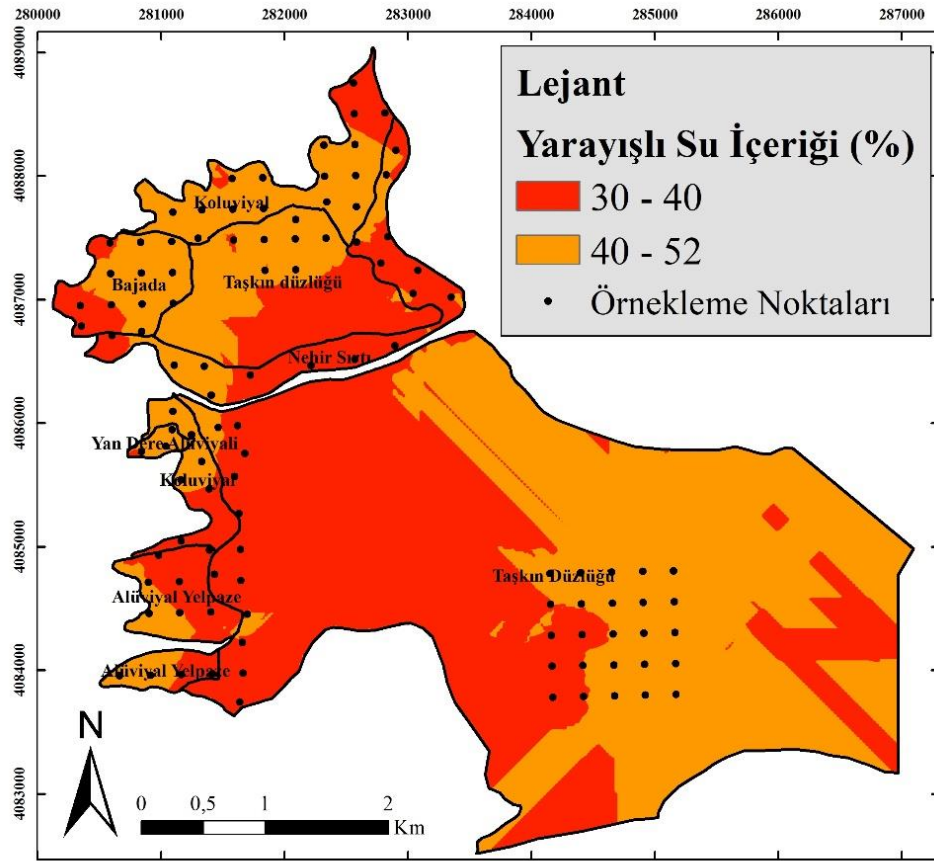
RMS Değerleri											
	HA	YSİ	SDGH	pH	P	SAR	MBK	BGEA	TKİ-1	KDK	TKİ-2
Gaussian	0,2434	0,0829	0,1211	0,0203	0,2355	0,0826	0,2252	0,1321	4,6996	0,1128	4,3979
Exponential	0,2431	0,0827	0,1205	0,0203	0,2355	0,0824	0,2256	0,1328	4,6742	0,1135	4,3651
Spherical	0,2432	0,0830	0,1212	0,0203	0,2355	0,0826	0,2259	0,1324	4,7002	0,1129	4,3861
RMSS Değerleri											
Gaussian	0,9611	0,9782	0,9557	1,0604	0,9530	1,0034	0,9919	1,0738	0,9881	0,9512	0,9995
Exponential	0,9616	0,9776	0,9504	1,0582	0,9530	1,0149	1,0261	1,0984	0,9880	0,9590	0,9947
Spherical	0,9568	0,9748	0,9466	1,0456	0,9530	1,0008	1,0234	1,0848	0,9890	0,9577	0,9940
ASE Değerleri											
Gaussian	0,2538	0,0849	0,1272	0,0191	0,2479	0,0822	0,2265	0,1214	4,7660	0,1178	4,3998
Exponential	0,2533	0,0848	0,1273	0,0192	0,2479	0,0812	0,2197	0,1190	4,7371	0,1178	4,3770
Spherical	0,2547	0,0852	0,1283	0,0194	0,2479	0,0824	0,2205	0,1202	4,7620	0,1170	4,3806

Hacim ağırlığı skoru, araştırma alanında genellikle orta ve düşük sınıflarda dağılım göstermiştir (Şekil 4.36). Özellikle taşkın düzlüğü, bajada ve nehir sırtı fizyografyalarında düşük skorlar elde edilmesi, bu alanlardaki toprak sıkışmasının ve tınlı tekstüre sahip ya da kum içeriği yüksek toprakların varlığını işaret etmektedir. Bu bulgular, taşkın düzlüğü, bajada ve nehir sırtı fizyografyalarının toprak sıkışması ve tınlı veya kumlu tekstür özellikleri ile karakterize edildiğini göstermektedir. Buna karşılık, alüviyal yelpaze, kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarında yüksek hacim ağırlığı skorları, bu alanlarda organik madde miktarının fazla olması ve strüktürel ünitelerin gelişmiş olmasına bağlanabilir. Bu tespitler, organik madde miktarının ve iyi gelişmiş strüktürel ünitelerin hacim ağırlığını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (Karlen vd. 2019). Bu sonuçlar, toprak yönetim stratejilerinin belirlenmesinde hacim ağırlığı skorlarının dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.



Şekil 4.36. Konyaaltı ilçesi hacim ağırlığı skoru

Yarayışlı su içeriği skoru araştırma alanının düşük ya da çok düşük olarak skorlanmıştır (Şekil 4.37). Özellikle belirli bir fizyografyada düşük olmayan bu gösterge skoru bütün fizyografyalarda düşük ya da çok düşük olarak skorlanmıştır (Şekil 4.38). Buna karşın su dolu gözenek hacmi skorunun araştırma alanında çok yüksek ya da yüksek az bir kısımda olsa orta skor sınıfında haritalanması bu bölgedeki bazı sorunları ortaya çıkarmaktadır.

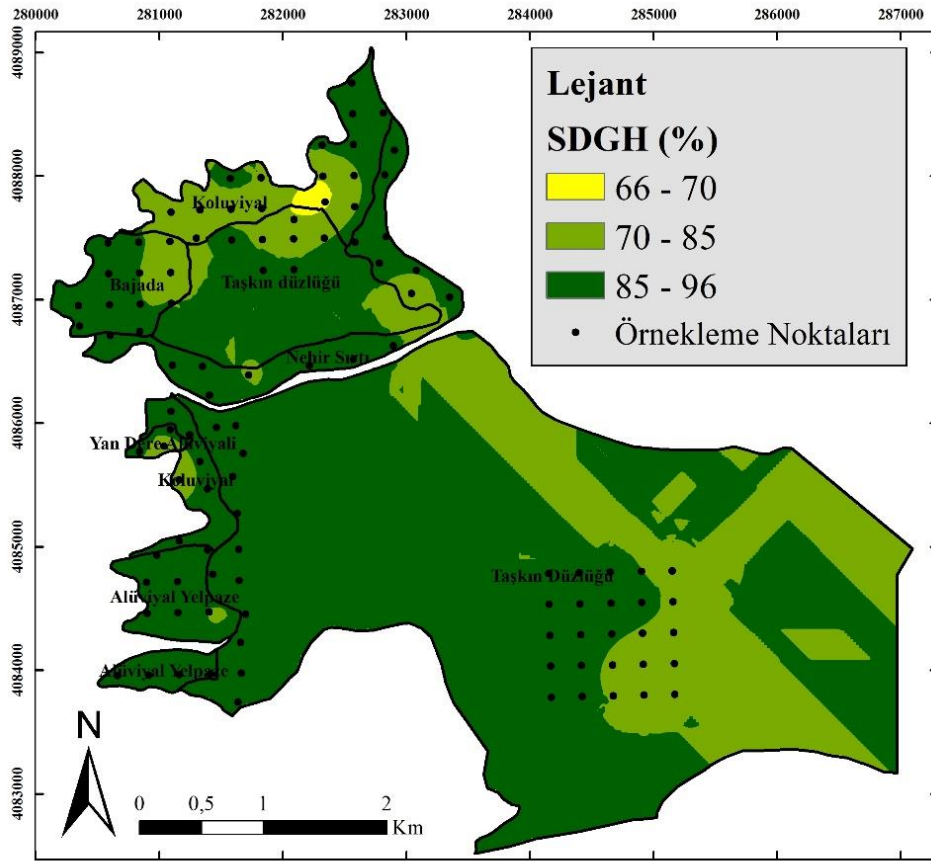


Şekil 4.37. Konyaaltı ilçesi yarayışlı su içeriği skoru

Su dolu gözenek hacminin yeterli, yarayışlı su içeriğinin düşük ve hacim ağırlığının da orta ya da düşük skor sınıflarında olması, toprağın fiziksel özelliklerinin bitki büyümesi için uygun koşullarda olmadığını gösterir. Hacim ağırlığı, toprağın sıkışma derecesini ve gözenekliliğini belirleyen önemli bir göstergedir. Hacim ağırlığının uygun değerlerde olmaması, toprağın sıkışmış olduğunu ve bu nedenle suyun bitki köklerine ulaşmasının zorlaştığını işaret eder (Hamza ve Anderson, 2005).

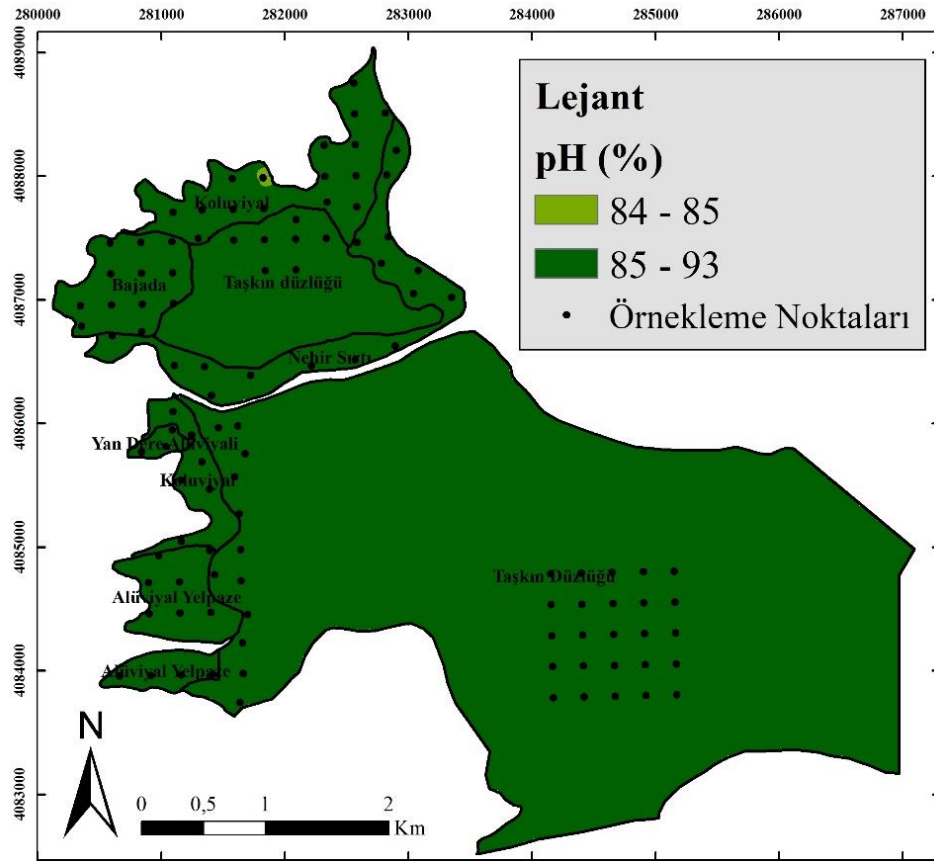
Bu durum, toprağın su tutma kapasitesinin yüksek olmasına rağmen, suyun bitkiler tarafından kullanılabilir olmadığı, toprağın sıkışmış ve gözenekliliğinin azaldığı anlamına gelir (Brady ve Weil, 2016). Sonuç olarak, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su ve hava dengesinin bozulduğu, kök gelişiminin engellendiği ve bitki sağlığının olumsuz etkilendiği anlaşılar. Toprak sıkışıklığı, köklerin su ve besin maddelerine ulaşmasını zorlaştırır, suyun toprağın derinliklerine infiltre olmasını engeller ve bitki köklerinde oksijen eksikliğine neden olur (Hamza ve Anderson, 2005).

Bu tür toprak koşulları, tarımsal verimliliği ve bitki sağlığını olumsuz etkileyen kritik faktörlerdir. Tarımsal yönetim stratejilerinin bu sorunları dikkate alarak iyileştirilmesi gereklidir. Örneğin, toprak yapısını ve gözenekliliği artırmak için organik madde eklenmesi veya sıkışmayı azaltmak için derin toprak işlemesi gibi yöntemler uygulanabilir (Brady ve Weil, 2016).



Şekil 4.38. Konyaaltı ilçesi su dolu gözenek hacmi (SDGH) skoru

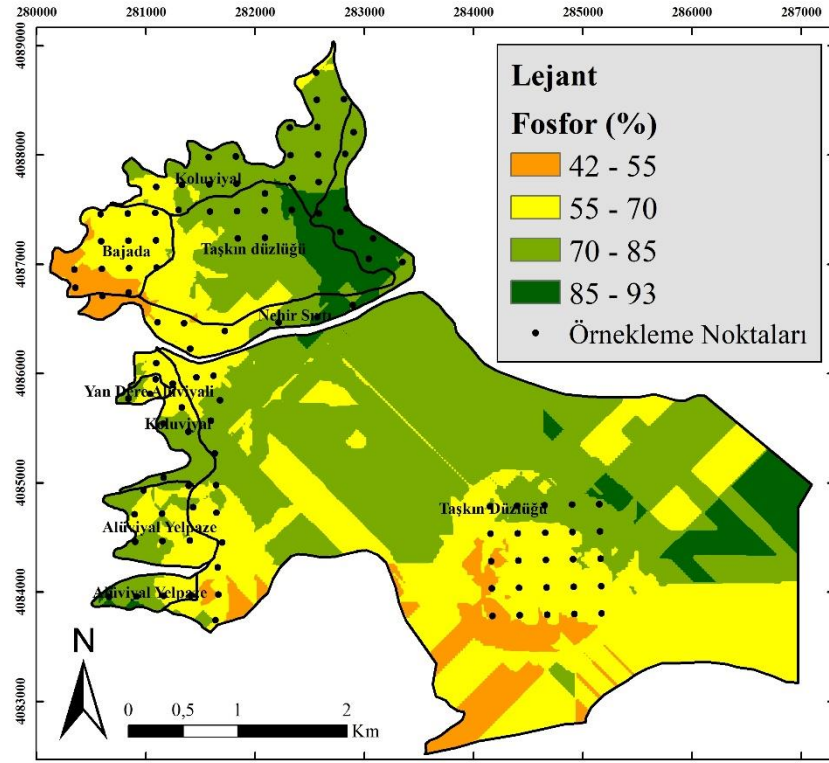
Araştırma alanında pH göstergesi, SMAF'a göre değerlendirilip skorlandığında, tüm fizyografik birimlerde çok yüksek skorlarla tespit edilerek haritalandırılmıştır (Şekil 4.39). Bu bulgu, bölgedeki toprakların nötr pH seviyesinde olduğunu ve ideal toprak pH aralığında bulunduğunu göstermektedir. Toprakların bu yüksek pH skorları, bitki besin maddelerinin optimal alınmasını ve toprak sağlığının korunmasını desteklemektedir. Haritalama sonuçları, araştırma alanındaki tüm fizyografik birimlerde benzer pH seviyelerinin yaygın olduğunu göstererek, bölgenin genel toprak pH durumunun ideal aralıkta olduğunu doğrulamaktadır.



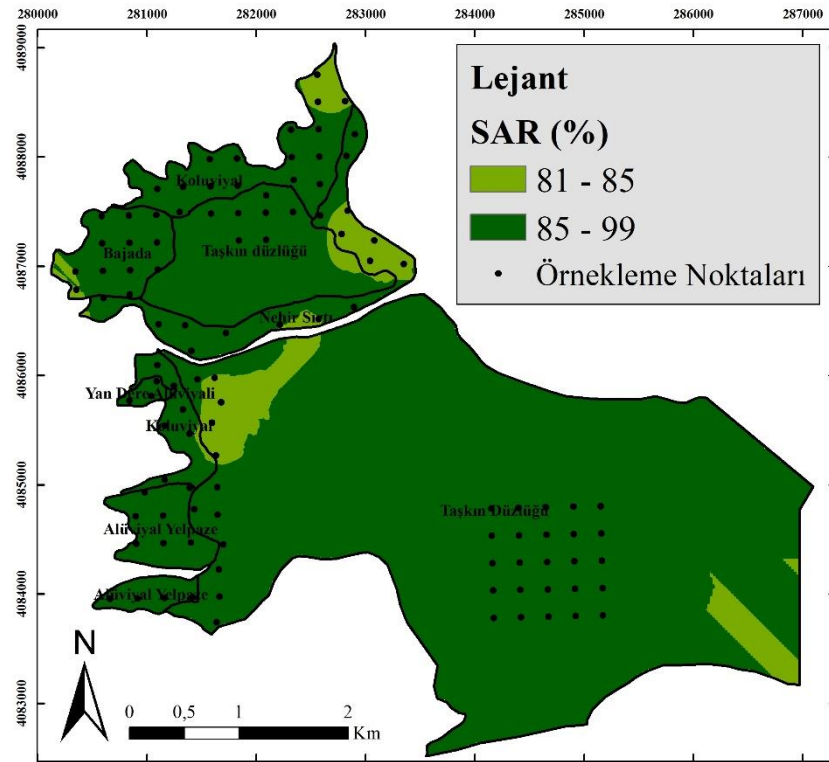
Şekil 4.39. Konyaaltı ilçesi pH skoru

Araştırma alanında fosfor skoru, özellikle bajada ve taşkın düzlüğü fizyografyalarında orta ve düşük sınıflarda yer almıştır (Şekil 4.40). Bu durumun en önemli nedeni, bu fizyografyalardaki toprakların yüksek kireç içeriğine sahip olmasıdır. Yüksek kireç içeriği, fosforun bitkiler tarafından alınımını zorlaştırarak fosfor skorlarının düşük olmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, nehir sırtı fizyografyalarında fosfor skorlarının yüksek çıkmasının, bu bölgelerdeki narenciye bahçelerinde uygulanan doğru bitki besleme stratejilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu bulgu, kireçli topraklarda bile uygun besleme uygulamaları ile fosfor alımının artırılabilirliğini göstermektedir. Toprak yönetiminde bu tür stratejilerin uygulanması, bitki besin maddelerinin verimliliğini artırarak toprak sağlığını ve tarımsal üretkenliği olumlu yönde etkileyebilir.

Araştırma alanında sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) skoru çok yüksek ya da yüksek skor sınıfında haritalanmıştır (Şekil 4.41). Daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi SAR, araştırma alanındaki topraklarda önemli bir sorun teşkil edecek seviyelerde değildir. Bölgedeki SAR değerleri, toprak verimliliğini veya bitki gelişimini olumsuz etkileyecek kritik eşiklerin altında kalmaktadır. Bu durum, sodyumla ilişkili olumsuz etkilerin minimal düzeyde olduğunu ve toprağın sağlığı üzerinde olumsuz bir etki yaratmadığını göstermektedir. Bu bulgular, araştırma alanındaki toprakların sodyum kaynaklı sorunlar açısından güvenli olduğunu ve bitki gelişimi için uygun koşullara sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

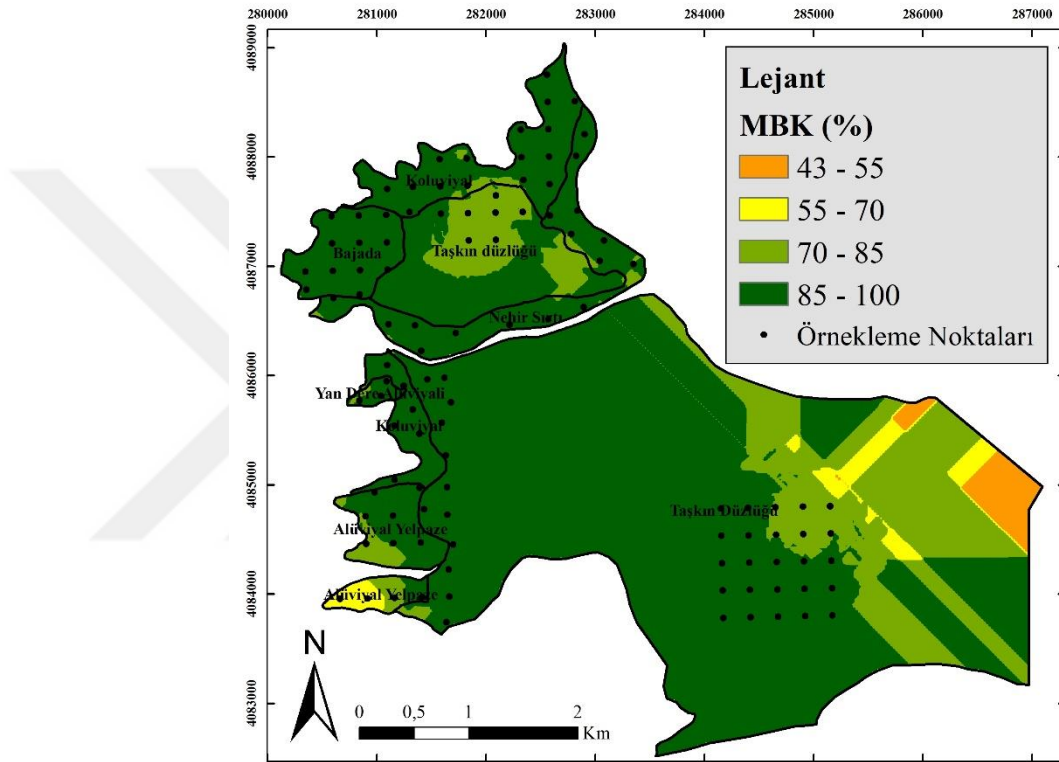


Şekil 4.40. Konyaaltı ilçesi fosfor skoru



Şekil 4.41. Konyaaltı ilçesi SAR skoru

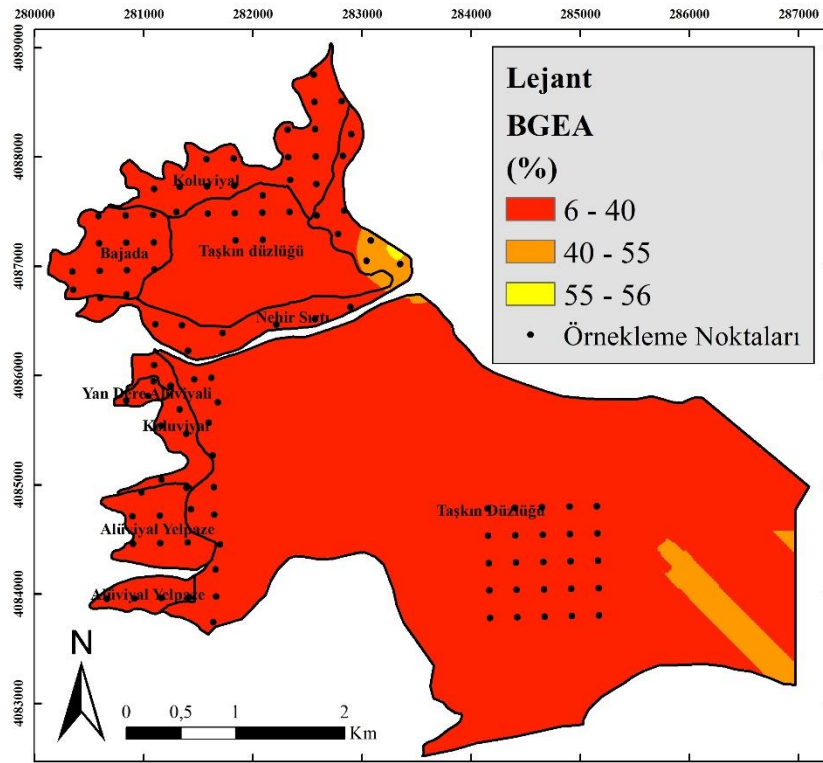
Mikrobiyal biyokütle karbonu skoru araştırma alanına çok yüksek ya da yüksek skor sınıflarında yer almıştır (Şekil 4.42). Bu durum, araştırma alanındaki toprakların organik madde açısından zengin olduğunu ve mikrobiyal aktivitenin yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle taşkın düzlüğü fizyografyalarında daha az yüksek skorların haritalanmış olması dikkat çekicidir. Bu olgu, taşkın düzlüğü fizyografyalarında mikrobiyal biyokütle karbonu skorlarının nispeten düşük olmasının nedenleri arasında, bu alanlardaki toprakların su tutma kapasitesinin yüksek olması ve dolayısıyla oksijen seviyelerinin düşük olması sayılabilir. Bu nedenle, taşkın düzlüğü fizyografyalarında mikrobiyal biyokütle karbonu skorlarının daha düşük olması, toprağın su durumu ve oksijen seviyelerinin mikrobiyal aktivite üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.42. Konyaaltı ilçesi mikrobiyal biyokütle karbonu (MBK) skoru

Beta glikosidaz enzimi aktivitesi skoru, araştırma alanındaki bütün fizyografyalarda çok düşük ya da düşük olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.43). Bu durum, topraklarda organik madde bolluğuna ve mikrobiyal popülasyonların yoğunluğuna işaret eder. Ancak, beta glikosidaz enzimi aktivitesi skorunun çok düşük olması, bu alanlardaki mikrobiyal biyokütlenin fonksiyonel aktivitesi ile ilgili bazı sınırlamalara işaret edebilir.

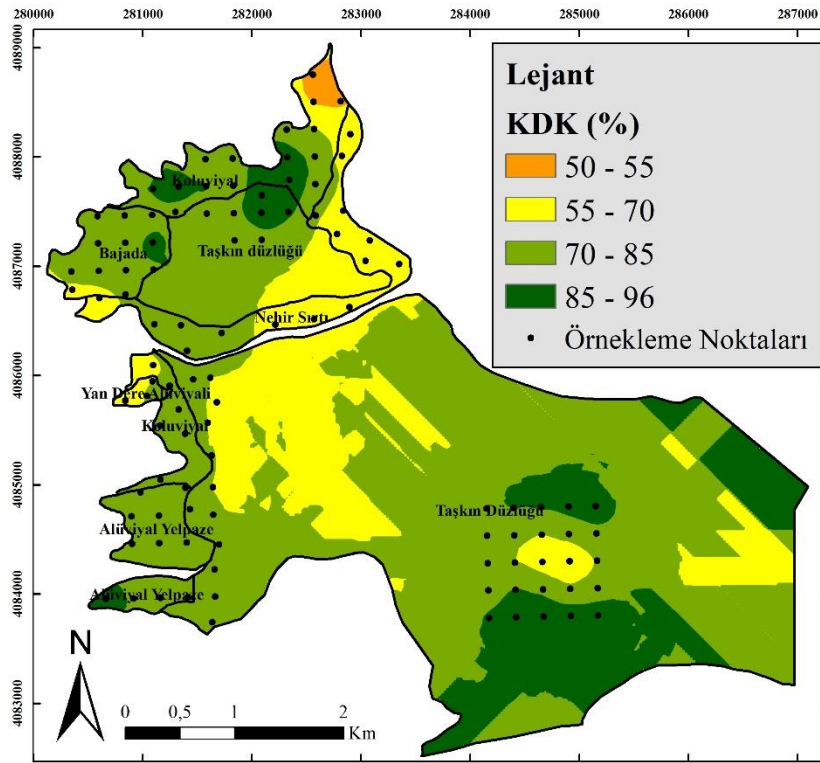
Beta glikosidaz, selüloz ve hemiselüloz gibi karbonhidratların parçalanmasında kritik rol oynayan bir enzimdir. Enzim aktivitesinin düşük olması, mikrobiyal toplulukların belirli organik bileşikler parçalayıp dönüştürme kapasitesinin sınırlı olduğunu gösterebilir. Bunun yanı sıra toprak mikrobiyotasının kompozisyonu, yüksek mikrobiyal biyokütle karbonuna rağmen beta glikosidaz üreten mikroorganizmaların oranının düşük olmasına yol açabilir. Toprak mikrobiyotasının çeşitliliği ve bileşimi, enzim üretim kapasitesini doğrudan etkileyebilir (Debosz vd. 1999).



Şekil 4.43. Konyaaltı ilçesi beta glikosidaz enzimi aktivitesi (BGEA) skoru

Kasyon değişim kapasitesi (KDK) skoru, araştırma alanında belirli nehir sırtı ve kolüviyal fizyografyada orta ya da düşük skor sınıflarında yer alırken, bu bölgelerin dışında ise çok yüksek ve yüksek skorlarla haritalanmıştır (Şekil 4.44). Düşük KDK skorlarının gözlendiği narenciye alanlarında, bu durumun başlıca nedenleri arasında kil miktarının düşük olması ve belirli bahçelerde organik madde miktarlarının yetersizliği yer almaktadır.

Bu bağlamda, nehir sırtı ve kolüviyal bölgelerdeki KDK skorlarının düşük olmasının sebepleri arasında, bu bölgelerde doğal olarak oluşan daha az kil içeriği ve yetersiz organik madde birikimi gösterilebilir. Bu bulgular, toprak yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde ve verimlilik optimizasyonunda dikkate alınmalıdır. Toprağın organik madde içeriğinin artırılması ve kil oranının korunması, narenciye üretim alanlarında toprak kalitesinin ve dolayısıyla tarımsal verimliliğin iyileştirilmesi açısından önemli stratejiler olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.44. Konyaaltı ilçesi katyon değişim kapasitesi (KDK) skoru

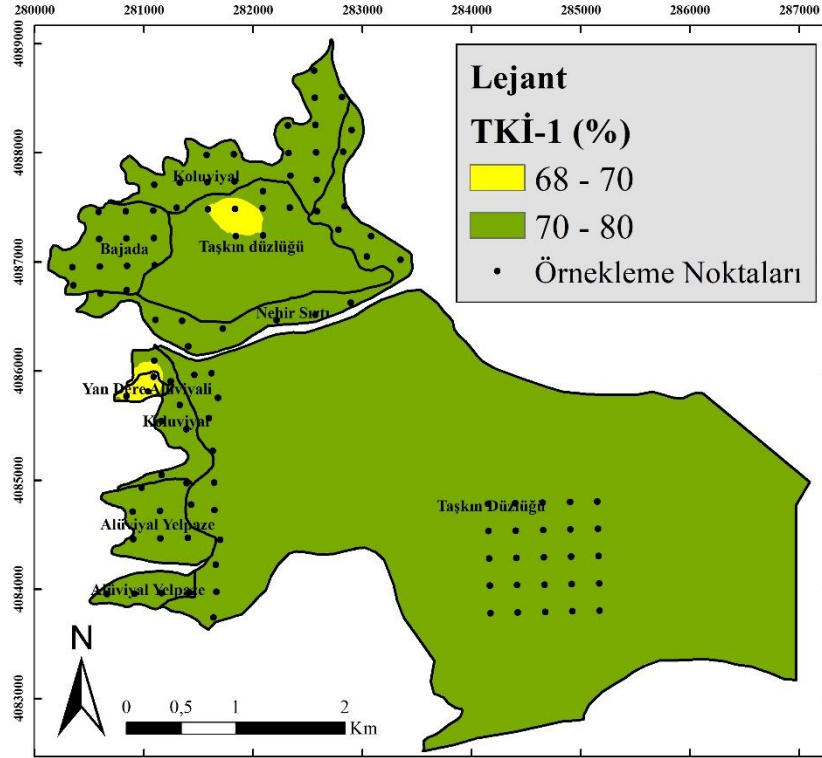
Araştırma alanında toprak kalitesi indeksi genel olarak yüksek skor sınıflarında yer almaktadır. Bununla birlikte, sadece taşkın düzlüğünün belirli alanları ve yan dere alüvyal fizyografyasında orta skor sınıfında değerlendirilmiştir. Bu durum, toprak kalitesinin fizyografik özellikler ve hidrolojik dinamikler tarafından nasıl etkilendiğini göstermektedir.

Toprak kalitesi indeksi, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini bütüncül bir şekilde değerlendirir ve bu bağlamda tarımsal üretim potansiyelini, çevresel sürdürülebilirliği ve ekolojik işlevleri yansıtır (Karlen vd. 1997). Araştırma alanının büyük bölümünde yüksek skorların gözlenmesi, bu toprakların genel olarak sağlıklı bir yapıya sahip olduğunu ve tarımsal faaliyetler için uygun koşullar sunduğunu göstermektedir.

Ancak, taşkın düzlüğü ve yan dere alüvyal fizyografyasında orta skorların gözlenmesi, bu bölgelerde su rejimlerinin ve toprak özelliklerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Taşkın düzlüğü alanlarında, sık sık su baskınlarına maruz kalınması nedeniyle oksijen yetersizliği, organik madde mineralizasyonunun yavaşlaması ve mikrobiyal aktivitenin sınırlanması gibi faktörler toprak kalitesini olumsuz etkileyebilir (Bachmair ve Weiler, 2012). Benzer şekilde, yan dere alüvyal alanlarda sediment taşınımı ve birikimi, toprak yapısını ve besin elementlerinin dağılımını etkileyerek toprak kalitesi indeksinde düşüşlere neden olabilir (Penna vd. 2015).

Bu bulgular, toprak kalitesinin değerlendirilmesinde fizyografik ve hidrolojik faktörlerin önemini vurgulamakta ve bu alanlarda sürdürülebilir toprak yönetimi

stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Toprak kalitesini artırmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek amacıyla, taşkın düzlüğü ve yan dere alüvyal alanlarda özel koruma ve yönetim planlarının uygulanması önerilmektedir (Dakhlaoui ve diğerleri, 2020).



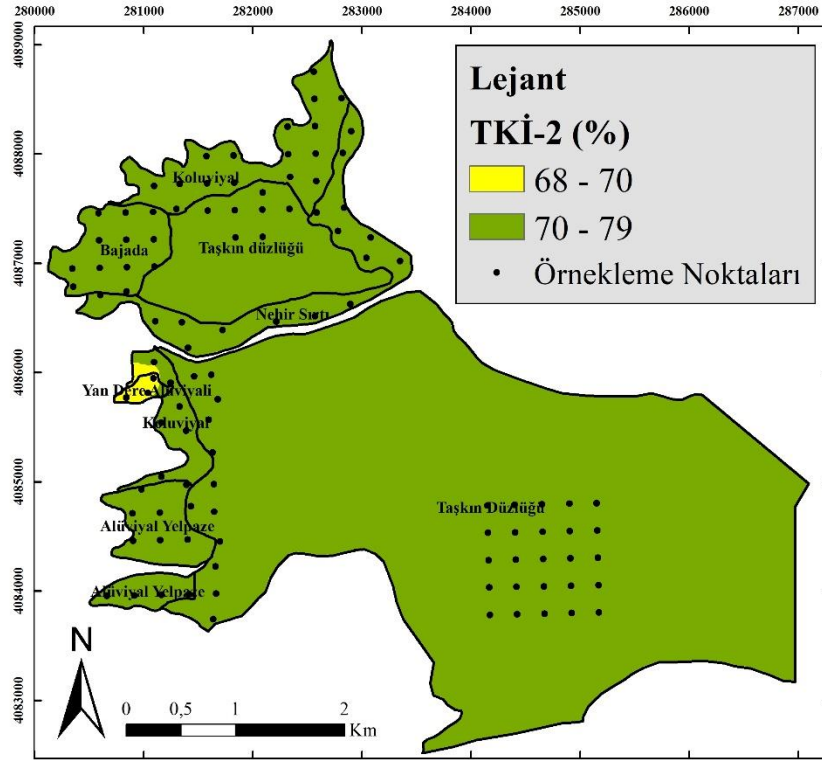
Şekil 4.45. Konyaaltı ilçesi toprak kalite indeksi-1 (TKİ-1) skoru

Araştırma alanında, katyon değişim kapasitesi (KDK) skorunun eklenmesiyle oluşturulan TKİ-2 skor haritasında büyük ölçüde yüksek skor sınıfında haritalanmıştır (Şekil 4.46). TKİ-1 haritasından farklı olarak, eklenen KDK skoru, taşkın düzlüğündeki orta olarak skorlanan alanın da yüksek skorlanmasını sağlamıştır. Bu sonuç, KDK'nin toprak kalitesi değerlendirmelerinde önemli bir parametre olduğunu ve özellikle taşkın düzlüklerinde toprak kalitesini artırıcı etkisinin olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, eklenen KDK skoru, yan dere alüvyal fizyografyasındaki narenciye alanlarının orta olarak skorlanmasını değiştirememiştir. Bu durum, yan dere alüvyal alanların toprak yapısının ve hidrolojik koşullarının KDK'nin etkisini sınırlayabileceğini düşündürmektedir. Yan dere alüvyal fizyografyalar, genellikle sediment taşınımı ve birikimi nedeniyle heterojen toprak yapısına sahiptir. Bu bölgelerde organik madde birikimi ve kil içeriği gibi diğer önemli toprak özellikleri, KDK'nin toprak kalitesi üzerindeki etkisini dengeleyebilir (Cramer vd. 2018; Penna vd. 2015).

Sonuç olarak, KDK'nin eklenmesi, taşkın düzlüklerinde toprak kalitesini belirgin şekilde iyileştirmiş, ancak yan dere alüvyali fizyografyalarda aynı etkiyi göstermemiştir. Bu bulgu, toprak kalitesi indekslerinin, bölgesel ve fizyografik farklılıkları yansıtacak şekilde uyarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Toprak kalitesi yönetiminde KDK

gibi önemli parametrelerin dikkate alınması, taşkın düzlükleri gibi belirli bölgelerde toprak verimliliğinin artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayabilir (Dakhlaoui ve diğerleri, 2020).



Şekil 4.46. Konyaaltı ilçesi toprak kalite indeksi-2 (TKİ-2) skoru

4.5. Skorlama Eğrisinin Geliştirilmesi

Araştırmada toprak verimliliğinin hassas bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla doğrusal olmayan modeller kullanılarak Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) skorlama yöntemi geliştirilmiştir. SMAF modelinde kullanılabilecek olan bu algoritmanın geliştirilmesinde farklı modeller kullanılmış bunlar arasından R^2 değeri en yüksek olan model algoritması seçilmiştir. SMAF modeline göre skorlanan bir değeri etkileyen başka faktörler de vardır ve bunlarda dikkate alınarak skorlanır.

Katyon değişim kapasitesini etkileyen 3 faktör uzman görüşüne göre belirlenmiştir. Bunlar; organik madde miktarı, kil miktarı ve kil tipidir. Bunlardan organik madde ve kil miktarının sınıflandırılması mevcut SMAF modeline göre yapılabilmektedir. Ancak kil tipinin sınıflandırılması bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir. Buna göre araştırmada kullanılan toprak örneklerinin kil tipleri belirlenmiş ve bunların montmorillonit ve illit olduğu yapılan detaylı kil analizleri sonucu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinden elde edilen KDK değerleri ve ilgili toprak özelliklerini içeren veri seti, katyon değişim kapasitesi değeri (meq/100 gr), organik madde miktarı (%), kil miktarı (%), kil tipi (montmorillonit / illit), tekstür sınıfı, organik

madde sınıfı ve bu çalışma kapsamında geliştirilen kil tipi sınıfı gibi değişkenleri içermektedir. Bu veri seti, KDK'nın skorlanmasını sağlayarak daha önce doğrusal olmayan yöntemlerle skorlanmamış KDK'yı skorlayarak toprak verimliliği ve sağlığının değerlendirilmesi için önemli bir katkı sağlayacaktır.

Toprak verimliliği ve sağlığının doğru bir şekilde değerlendirilmesi için doğrusal olmayan modellerin kullanımı tercih edilmiştir. Bu çalışmada Gompertz modeli seçilmiş olup, bu modelin popülasyon büyümesi ve biyolojik sistemlerin modellenmesinde yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir (Winsor 1932). Gompertz modeli, KDK değerlerinin hızlı artış ve doyum noktası gibi özelliklerini iyi bir şekilde yansıtabilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. Ayrıca bu model haricinde denenmiş olan kübik, üssel, ve lojistik modellerde R^2 değeri Gompertz modeline göre daha düşük bulunmuştur.

Gompertz modeli kullanılarak KDK (Kasyon Değişim Kapasitesi) skorlama yönteminin validasyonu gerçekleştirilmiştir. Validasyon sürecinde, veri seti eğitim ve test setlerine ayrılarak modelin performansı değerlendirilmiştir. Veri seti, %80 eğitim ve %20 test olmak üzere ikiye bölünmüştür. Eğitim verileri kullanılarak Gompertz modeli parametreleri (aaa, bbb, ccc) belirlenmiş ve model bu parametreler ile eğitilmiştir. Modelin test verileri üzerindeki performansı R^2 (determinasyon katsayısı), RMSE (kök ortalama kare hatası) ve MAE (ortalama mutlak hata) gibi performans metrikleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Gompertz modelinin KDK skorlama işlemlerinde oldukça iyi performans gösterdiğini ve yüksek uyum sağladığını ortaya koymuştur. Modelin R^2 değeri 0.953, RMSE değeri 0.045 ve MAE değeri 0.035 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, modelin yüksek doğrulukla tahminler yapabildiğini göstermektedir. Ayrıca, gerçek değerler ile tahmin edilen değerleri karşılaştıran bir grafik oluşturulmuş ve modelin test verileri üzerindeki performansı görselleştirilmiştir. Grafiklerin geliştirilmesi ve görselleştirilmesi için ise modelin tamamı kullanılmıştır. Bu yüzden eğitim ve test verileri arasındaki oran doğrudan grafik geliştirme sürecini etkilememiştir.

Model, aşağıdaki eşitlikte verilen fonksiyon ile ifade edilmiştir.

$$y = a * e^{-b * e^{-c * x}} \quad (\text{Eşitlik 4.1.})$$

Bu formülde:

y: Bağımlı değişken (örneğin, KDK skoru)

a: Modelin üst asimptotu (genellikle 1 olarak alınır)

b: Büyüme oranı

c: Değişim oranı

x: Bağımsız değişken (örneğin, KDK değeri)

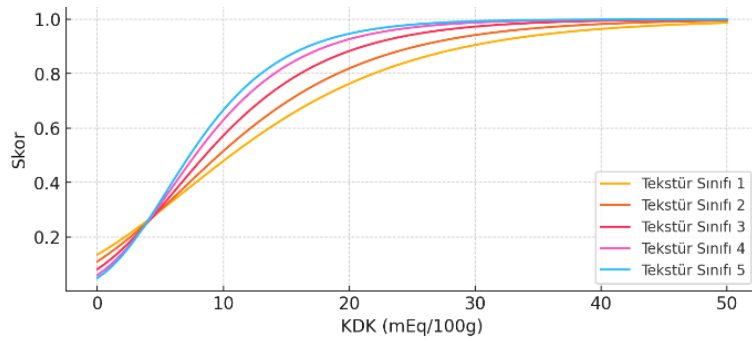
SMAF modelinde çalışılan tekstür sınıflarına göre toprakları 5 farklı sınıfta gruplandırılmıştır (Quisenberry vd. 1993). SMAF modeline göre oluşturulan tekstür sınıfları Çizelge 4.68'di gibidir.

Çizelge 4.52. SMAF modeline göre tekstür faktörü sınıfları

Sınıf	Tekstür
Sınıf - 1	kum, tınlı kum, veya kumlu tın (< 8% kil)
Sınıf - 2	kumlu tın (>8% kil), kumlu killi tın, veya tın
Sınıf - 3	siltli tın, silt
Sınıf - 4	kumlu kil, killi tın, siltli killi tın, siltli kil, veya kil <60%
Sınıf - 5	killi > 60% kil

Bu sınıflandırmalardan sonra her bir tekstür sınıfı için geliştirilen formüller aşağıdaki gibidir. Ayrıca tekstür sınıflarına göre geliştirilen skorlama eğrileri de Şekil 4.47’de verilmiştir.

- Sınıf 1: $y = a * \text{üs} (-b * \text{üs} (-c * x))$, $a = 1$, $b = 2$, $c = 0.1$
- Sınıf 2: $y = a * \text{üs} (-b * \text{üs} (-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.2$, $c = 0.12$
- Sınıf 3: $y = a * \text{üs} (-b * \text{üs} (-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.5$, $c = 0.15$
- Sınıf 4: $y = a * \text{üs} (-b * \text{üs} (-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.8$, $c = 0.18$
- Sınıf 5: $y = a * \text{üs} (-b * \text{üs} (-c * x))$, $a = 1$, $b = 3$, $c = 0.2$

**Şekil 4.47.** Tekstür sınıfları için oluşturulan Gompertz modeli skorlama eğrileri

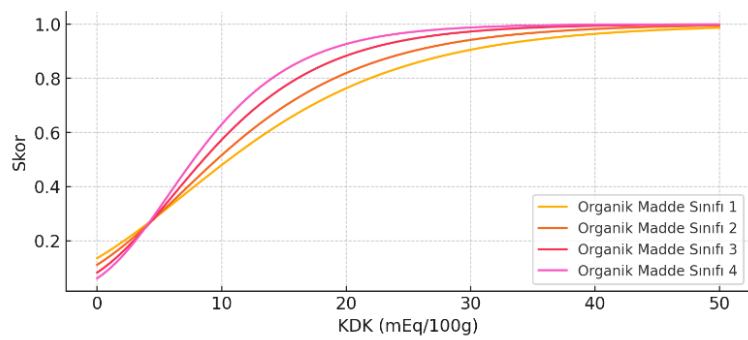
SMAF modeli, toprakları organik madde içeriğine göre toprak taksonomisindeki (Soil Survey Staff, 1996) alt ordaolar dikkate alarak 4 grupta sınıflandırılmıştır. SMAF’ a göre alt ordo gruplarının ayrıldığı sınıflar Çizelge 4.69’da verilmiştir.

Çizelge 4.53. SMAF modeline göre organik madde faktörü sınıfları

Sınıf 1 - Yüksek	Sınıf 2		Sınıf 3		Sınıf 4 - Düşük		
Aquands	Albolls	Ustolls	Andepts	Aqualfs	Arents	Orthents	Ustults
Aquods	Aquepts	Xererts	Anthrepts	Orthels	Argids	Orthids	Xerents
Aquox	Aquerts	Xerolls	Aquents	Udalfs	Calcids	Orthods	Xerults
Fibrists	Aquolls	Borolls	Boralfs	Cryalfs	Cambids	Orthox	Xerands
Folists	Aquults	Cryolls	Cryands	Vitrands	Cryepts	Psamments	Xerepts
Hemists	Humods	Rendolls	Cryerts	Xeralfs	Cryids	Perox	Torrerts
Histels	Humults	Udands	Cryods		Durids	Salids	Tropepts
Saprists	Udolls	Udox	Ustalfs		Fluvents	Torrands	Udepts
Turbels	Ustands				Gypsids	Ustepts	
					Ochrepts	Ustox	

KDK skorlamasında, organik madde sınıflarını modellemek için SMAF'ta belirtilen sınıfların her biri için formüller aşağıda verilmiştir. Ayrıca organik madde sınıflarına göre geliştirilen skorlama eğrileri de Şekil 4.48'de verilmiştir.

- Sınıf 1: $y = a * \ddot{u}s(-b * \ddot{u}s(-c * x))$, $a = 1$, $b = 2$, $c = 0.1$
- Sınıf 2: $y = a * \ddot{u}s(-b * \ddot{u}s(-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.2$, $c = 0.12$
- Sınıf 3: $y = a * \ddot{u}s(-b * \ddot{u}s(-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.5$, $c = 0.15$
- Sınıf 4: $y = a * \ddot{u}s(-b * \ddot{u}s(-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.8$, $c = 0.18$



Şekil 4.48. Organik madde sınıfları için oluşturulan Gompertz modeli skorlama eğrileri

Daha önce sınıflandırması yapılmamış ancak katyon değişim kapasitesi için yapılması gerekli olan kil sınıfları da bu araştırma kapsamında geliştirilmiştir. Çalışmada tespit edilmiş olan topraklarda en baskın kil tipleri monmorillonit ve illit bulunmuş ve skorlama eğrileri bu iki kil tipine göre sınıflandırılmıştır. Kil tipi için belirlenen sınıflar Çizelge 4.70’de verilmiştir.

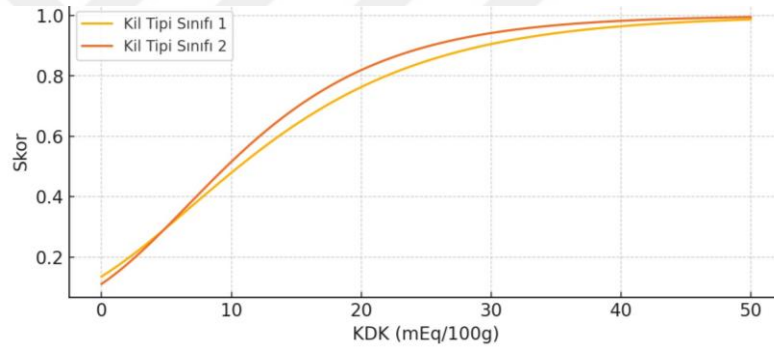
Çizelge 4.54. Kil tipi faktörü için oluşturulan sınıflar

Kil Tipi Sınıfı	Kil Tipleri
Sınıf – 1	Montmorillonit
Sınıf – 2	İllit

KDK skorlamasında, kil tipi sınıflarını modellemek için bu çalışmada belirlenmiş kil tipi sınıflarının her biri için formüller aşağıda verilmiştir. Ayrıca kil tipi sınıflarına göre geliştirilen skorlama eğrileri de Şekil 4.49’da verilmiştir.

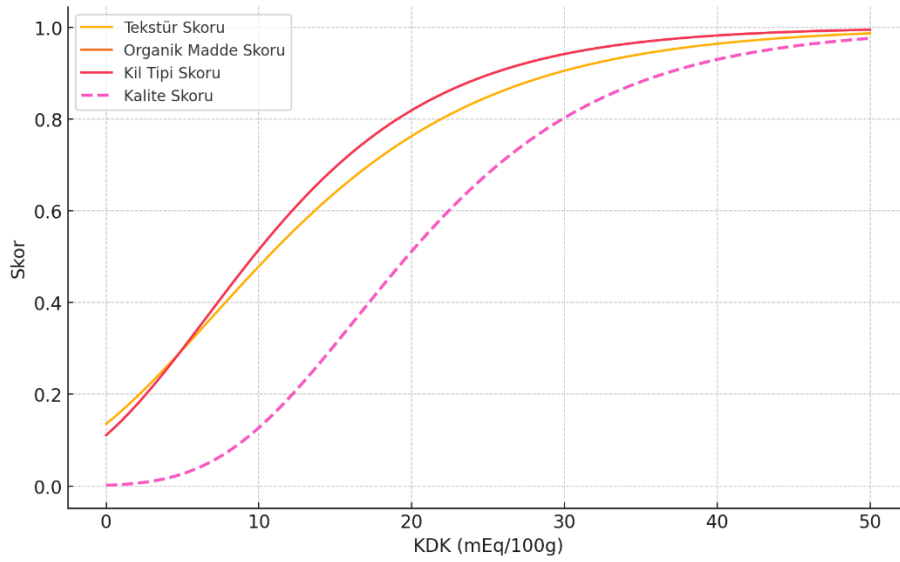
•Sınıf 1: $y = a * \exp(-b * \exp(-c * x))$, $a = 1$, $b = 2$, $c = 0.1$

•Sınıf 2: $y = a * \exp(-b * \exp(-c * x))$, $a = 1$, $b = 2.2$, $c = 0.12$

**Şekil 4.49.** Kil tipi sınıfları için oluşturulan Gompertz modeli skorlama eğrileri

Son olarak, katyon değişim kapasitesi skorunu belirlemek için onu oluşturulan faktörlerin formülleri ve örnek skorlama eğrileri oluşturulmuştur. Katyon değişim kapasitesi skorunu oluşturma için de her bir faktör sınıfına ait skorları birbiriyle çarparak bileşik bir katyon değişim kapasitesi skoru elde edilmiştir. Bu skora ait skorlama eğrisi Şekil 4. 12’de verilmiştir. Üç faktörün (Tekstür Skoru, Organik Madde Skoru ve Kil Tipi Skoru) çarpımı ile elde edilen bileşik kalite skoru şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Kalite Skoru} = \text{Tekstür Skoru} \times \text{Organik Madde Skoru} \times \text{Kil Tipi Skoru}$$



Şekil 4.50. Katyon değişim kapasitesi skortlama eğrisi

Elde edilen sonuçlar, KDK değerlerinin toprak verimliliği ve sağlığı üzerindeki etkilerini daha hassas bir şekilde değerlendirmek için kullanılmıştır. Modelin performansı, R^2 değerleri ile değerlendirilmiş ve yüksek uyum gösteren sonuçlar elde edilmiştir. Bu doğrusal olmayan KDK skortlama yöntemi, toprak verimliliğinin ve sağlığının daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Elde edilen bulgular, toprak yönetimi ve tarımsal uygulamalarda daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasına yardımcı olabilir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma, Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerindeki narenciye alanlarında bulunan, farklı fizyografik ünitelerdeki toprak kalite parametrelerini belirlemek, yeni bir kalite parametresinin (KDK) skorlama eğrilerini oluşturmak ve haritalamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mineralojik özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, toprak kalitesinin fizyografik ünitelerle ilişkisini ortaya koymuş ve tarımsal verimliliğin artırılması için, önemli bulgular sağlanmıştır. Aşağıda, fizyografyalardaki toprak kalite özelliklerinden, önemli olanları detaylı olarak yorumlanmıştır.

Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde yer alan narenciye bahçeleri flüviyal yer şekillerine ve fizyografyaları ile, kolüviyal, bajada ve pediment fizyografyalarına sahiptir. Su tutma kapasitesi her üç ilçe bahçelerinde yüksek olarak bulunmuştur. Organik madde özellikle Finike ve Konyaaltı ilçelerinde tarımsal amenajman tekniklerinden dolayı Kemer ilçesinden daha yüksek bulunmuştur. Buna bağlı olarak MBK her üç ilçede yüksektir. Ancak organik madde ve MBK ile yakın ilişkili olan BGEA toprağın olumsuz fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinden dolayı beklenilenin altında hesaplanmıştır. Her üç ilçede pH nötr ve hafif alkali, kireç miktarları ise benzer şekilde üç ilçede kireçli ve çok kireçli olarak belirlenmiştir. Araştırma alanında yer alan ilçelerde yapılan mineralojik analiz sonuçlarına göre toprakların ağırlıklı olarak montmorillonit ve illit tipi killere sahip olduğu görülmüştür.

Fluviyal yer şekillerinde yer alan fizyografyalar (alüviyal yelpaze, taşkın düzlüğü, nehir sırtı ve yan dere alüviyalı) ile bajada, pediment ve kolüviyal fizyografyalarından alınan toprak örneklerinde kil mineralojisi analizleri, MTA laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz sonuçları göstermektedir ki, araştırmaya konu olan araziler ve çevrelerinin ana materyal özellikleri ve topraklarının genç olması nedeniyle genellikle 2:1 tipi (montmorillonit ve illit vb.) killeri mevcuttur. Sadece Konyaaltı ilçesinin taşkın düzlüğü fizyografyasında yer alan P.17 profilinde, nispeten daha yaşlı olması nedeniyle 1:1 tipi (kaolinit) kil mineraline rastlanılmıştır.

Bu çalışmanın en önemli iki araştırma konusundan birisi olan fizyografya özellikleri, her üç ilçe için detaylı olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Alüviyal yelpaze fizyografyasına Finike ve Konyaaltı ilçelerinde rastlanılmıştır. Bu ilçelerdeki toprak kalite indeksi (TKİ) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Finike TKİ değeri %74.86, Konyaaltı ilçesinde ise %73.99'dur. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da Finike'deki alüviyal yelpazenin TKİ değeri daha yüksektir.

Taşkın düzlüğü fizyografyası üç ilçede de tespit edilmiştir. Bu ilçelerde TKİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Finike, Kemer ve Konyaaltı'nda sırasıyla TKİ değerleri %71.33, %74.46, %71.84 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre taşkın düzlüğü fizyografyasında toprak kalitesi en yüksek ilçe Kemer olarak tespit edilmiştir.

Nehir sırtı fizyografyası, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde yer almaktadır. Bu ilçeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Kemer ilçesinin

TKİ değeri %71.58 olarak bulunurken, Konyaaltı ilçesinin TKİ değeri %75.83 olarak bulunmuştur. Buna göre nehir sırtı fizyografyasında en yüksek TKİ Konyaaltı ilçesindedir.

Yan dere alüvyali fizyografyası üç ilçede de tespit edilmiştir. Diğerlerinin aksine bu fizyografyada üç ilçe arasında TKİ değerleri açısından istatistiksel olarak önemli ve anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Bu nedenle F-değeri de incelenerek, ilçeler arasındaki farklılığın önem derecesi araştırılmıştır. Sonuç olarak TKİ ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer %75.51 ile Kemer ilçesinde, ikinci en yüksek değer Finike ilçesinde %68.04 ve en düşük değer ise %63.44 ile Konyaaltı ilçesinde görülmüştür. Bu sonuç, yan dere alüvyali fizyografyasında Kemer'deki toprak kalitesinin diğer ilçelere göre daha iyi olduğunu göstermektedir.

Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde bajada fizyografyasına rastlanılmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre iki ilçe arasında istatistiksel olarak önemli derecede anlamlı bir fark bulunmuştur. Kemer ilçesinde TKİ %66.88, Konyaaltı ilçesinde ise %73.65 olarak hesaplanmıştır. Buna göre bajada fizyografyasında Konyaaltı ilçesinde TKİ değeri Kemer ilçesinden daha yüksek bulunmuştur.

Pediment fizyografyası Finike ve Kemer ilçelerinde tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmede, iki ilçe arasındaki TKİ açısından anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Finike'de elde edilen TKİ değeri %74.05 ve Kemer ilçesinde TKİ değeri %74.72 olarak bulunmuştur.

Kolüviyal fizyografyasına üç ilçede de rastlanılmıştır. Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçeleri arasında TKİ değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerinde TKİ değerleri sırasıyla %77.17, %73.63, %73.39 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Finike ilçesi diğer ilçelere göre kolüviyal fizyografyada en yüksek toprak kalitesine sahip ilçedir.

Her üç ilçenin fizyografik özelliklerinin toprak kalitesi ile ilişkisi değerlendirildiğinde, ilçeler arasında alüviyal yelpaze, taşkın düzlüğü, nehir sırtı ve pediment fizyografyalarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaz iken yan dare alüvyali, bajada ve kolüviyal fizyografyalarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Söz konusu istatistiksel farklılık değerlendirildiğinde, yan dere alüvyali ve bajada fizyografyalarında Kemer ilçesinin, kolüviyal fizyografyasında ise Finike ilçesinin daha yüksek toprak kalite değerine sahip olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel farklılık anlamlı olsun ya da olmasın, tüm fizyografik üniteler içerisinde alüviyal yelpaze, pedimet fizyografyalarında Finike, taşkın düzlüğü, yan dere alüviyal ve bajada fizyografyalarında Kemer ve nehir sırtı fizyografyasında ise Konyaaltı ilçesinin daha yüksek toprak kalite değerlerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Toprak kalite indeksi değerleri fizyografyalar ile uyumlu olmasının yanı sıra, bahçelerde yapılan amenajman çalışmalarının zaman zaman toprak kalite indeks değerlerini yükselttiği tespit edilmiştir. Örneğin Finike ilçesindeki kolüviyal fizyografya bu duruma bir örnektir.

Bilinmektedir ki alüviyal topraklar, çeşitli sorunlara sahip olmalarına rağmen iyi yönetildikleri takdirde dünyanın en verimli topraklarıdır. Kalite parametresi olarak ön planda alüviyal fizyografyaların olması beklenilmesine rağmen, çalışma alanında alüviyal olmayan fizyografyalarında daha kaliteli çıkabildiği görülmüştür. Bunun nedeninin bahçelerde yapılan bireysel uygulamalar olduğu düşünülmektedir.

Finike ilçesindeki topraklar, özellikle narenciye üretiminde dünyada önemli bir yere sahiptir. Bu toprakların, su tutma kapasitesi ve organik madde miktarı yüksektir. Su tutma kapasitesi toprakların kil miktarı ve tipiyle ilişkilidir. Bu durum bitki besleme potansiyellerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Organik madde miktarları ise, Finike narenciye üreticisinin bilinçli besleme uygulamalarına bağlıdır. Finike ilçesindeki toprakların mesafeye bağlı değişim analizlerinde, eğimli arazilerde toprak erozyonunun daha fazla olduğu ve bu nedenle toprak kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir. Özellikle taşkın düzlüklerinde toprakların daha verimli olduğu ve narenciye üretimine daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın en önemli ikinci çalışma konusu kation değişim kapasitesi (KDK)'dir. Toprakların organik madde ve kil miktarları KDK ile ilgili bir husustur. Organik madde ve kil miktarı ne kadar artarsa KDK'da o kadar artar. KDK, bitki besin elementlerinin daha çok tutulmasında ve toprak yapısının iyileşmesinde önemli rol oynar. Finike ilçesi için şu sonuca varılmıştır.

Finike ilçesinde yapılan KDK değerlendirmelerinde organik madde, kil miktarı ve kil tipi dikkate alındığında, uygulamalardan kaynaklı kolüviyal ve yan dere alüviyal fizyografyalarında organik maddenin yüksek ve çok yüksek olduğu; taşkın düzlüğü, alüviyal yelpaze ve pediment fizyografyalarında tekstür sınıfının orta ve hafif olması nedeniyle KDK beklenen değerin altında bulunmuştur.

Kemer ilçesindeki topraklarda yapılan KDK değerlendirmesinde, KDK en yüksek taşkın düzlüğü ve pediment fizyografyaları bulunmuştur. Bunun nedeni diğer fizyografyalara nazaran organik madde ve tekstür sınıfının orta ve ince olmasıdır. Bajada, nehir sırtı ve kolüviyal fizyografyalarında ise organik madde birbirlerine yakın değerlerde daha düşük, tekstür sınıfları ise orta ve hafiftir. Kil tipi ise Kemer ilçesinde toprakların genç olması nedeniyle 2:1'dir.

Konyaaltı ilçesindeki topraklar incelendiğinde KDK'sı en yüksek toprakların sırasıyla alüviyal yelpaze ve bajada fizyografyalarında olduğu ve bu toprakların organik madde ve kil miktarlarının diğer fizyografyalardan daha yüksek olduğu bu nedenle kil tipleri diğer ilçelere benzer şekilde 2:1 tipi olması nedeniyle KDK değerinin organik madde ve kil tipine bağlı değiştiği söylenebilir. Diğer ilçelerden farklı olarak nehir sırtı fizyografyasının 1:1 tipi kile, en düşük organik maddeye ve orta tekstür sınıfına sahip olması nedeniyle Konyaaltı ilçesinde en düşük KDK değerine sahip olduğu görülmüştür.

Üç ilçenin KDK skorları değerlendirildiğinde, sırasıyla Konyaaltı (0.77), Finike (0.73) ve Kemer (0.58) bulunmuştur. Çıkan sonuçlar fizyografyaya bağlı olsun ya da olmasın Konyaaltı ilçesinin narenciye tarımı için en yüksek kalite skoruna sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bilinmektedir ki toprak verimliliği ile kalite arasında ciddi bir bağ bulunmaktadır. Narenciye tarımı yoğun ilgi isteyen bir üretim biçimidir. Toprak kalitesinin düşük olduğu alanlarda toprağa ve bitkiye yapılan uygulamalarla verimlilik ön plana çıkarılabilir.

KDK skorlamasında elde edilen "en fazla en iyidir" eğrisi, bölgesel olarak değerlendirilmiştir. Bu araştırmanın yapıldığı alanın dışında, farklı iklim ve toprak koşullarına sahip arazilerde (farklı coğrafyalarda), KDK'nın yüksek olmasına neden olabilecek farklı kationların (Hidrojen ve Alüminyum) yüksek olması, bitki yetiştiriciliği

açısından toprakta her zaman olumlu sonuçlar doğurmayabilir. Bu nedenle, toprak kalite çalışmalarında KDK göstergesi hesaplanırken çalışmanın yapıldığı ekolojik koşulların dikkate alınması önerilir.

Toprak kalitesi seçilen bitki ile doğrudan ilişkilidir. Bilindiği üzere her bitkinin farklı toprak ve iklim istekleri bulunmaktadır. Narenciye bahçelerinde toprak kalitesinin iyileştirilmesi için çeşitli amenajman teknikleri önerilmektedir. Öncelikle, toprak organik maddesi, toprak kalitesinin artırılması için kritik bir faktördür. Organik madde ilavesi, organik gübreler ve yeşil gübreleme uygulamaları ile gerçekleştirilmelidir. Bu uygulamalar, toprak organik maddesini artırarak toprak yapısını iyileştirebilir. Organik gübreler, toprak mikroorganizmalarının faaliyetini artırarak toprak verimliliğini yükseltir. Yeşil gübreleme ise bitki kalıntılarının toprağa karıştırılmasıyla toprağın organik madde içeriğini artırır ve toprak yapısının iyileşmesine katkıda bulunur.

Toprak kalite çalışmalarının uygulamaya katkısı dikkate alındığında toprak verimliliği göz ardı edilmemelidir. Bir başka deyişle, bu çalışmalar yürütülürken toprağın verimliliği de dikkate alınmalıdır. Bunun için çiftçilerin yaptıkları uygulamalar, anketler yapılarak desteklenmelidir. Böylelikle çiftçi uygulamaları, bitki analizleri ve toprak analizleriyle toprakların hem kaliteleri hem de verimlilikleri bir arada değerlendirerek uygulamaya yönelik katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Doğru gübreleme, toprak analiz sonuçlarına göre uygun gübreleme programlarının oluşturulmasını gerektirir. Toprak analizleri, toprağın besin elementi içeriğini belirleyerek, bitki besin elementlerinin dengeli bir şekilde sağlanmasını hedefler. Uygun gübreleme programları, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerini optimal seviyede sağlar ve toprak verimliliğini artırır.

Sulama yönetimi de toprak kalitesinin iyileştirilmesi için önemlidir. Toprak su tutma kapasitesine uygun sulama yöntemleri kullanılmalı ve aşırı sulamadan kaçınılmalıdır. Aşırı sulama, toprak yapısını bozarak bitki köklerinin su ve besin elementlerine erişimini engeller. Bu nedenle, sulama yöntemleri toprağın su tutma kapasitesine uygun şekilde planlanmalı ve uygulanmalıdır.

Toprak işleme yöntemleri, toprak yapısını koruyacak şekilde minimal düzeyde tutulmalıdır. Toprak yapısını bozmayacak minimal toprak işleme yöntemleri, toprak erozyonunu önler ve toprak yapısının korunmasına katkıda bulunur. Minimal toprak işleme, toprağın doğal yapısını koruyarak mikroorganizmaların faaliyetini artırır ve toprak verimliliğini sağlar.

Toprak kalitesinin uzun vadeli değişimlerini izlemek için sürekli izleme ve değerlendirme programları oluşturulmalıdır. Bu programlar, toprak kalitesinin zaman içindeki değişimlerini izleyerek, toprak yönetimi uygulamalarının etkinliğini değerlendirmeye olanak tanır.

Toprak kalite çalışmaları dünyada en fazla 0-30 cm derinlik dikkate alınarak yapılmaktadır. Bunun nedeni biyolojik aktivitenin en yoğun katmanının bu derinlik olmasıdır. Oysa literatürde toprak olarak kabul edilen derinlik, ana materyal-ana kaya veya biyolojik aktivitenin bittiği derinliktir (ortalama 1.5 m'dir). Bitkiye dayalı yapılan toprak kalite çalışmalarında bu husus göz ardı edilmiştir. **Narenciye gibi derin köklü**

bitkilerde toprak kalitesi çalışılacaksa, örnekleme yapılan derinlik 0-30 cm değil genetik horizon esasına göre profil boyunca yapılmalıdır.

Bu tez çalışması, Finike, Kemer ve Konyaaltı ilçelerindeki narenciye alanlarında toprak kalitesinin belirlenmesi ve yönetilmesi açısından önemli bulgular ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, toprak kalitesinin fizyografik ünitelerle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, tarımsal alanların planlanması ve yönetimi sırasında fizyografik özelliklerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

Farklı fizyografyalarda farklı kalite ve nitelikte topraklar yer almaktadır. Dolayısıyla toprak kalitesinden bahsedilecek ise, çalışma alanlarındaki topraklar öncelikle fizyografik özelliklerine göre sınıflandırılmalı ve değerlendirilmelidir. Zira bazı bitkiler özellikle bazı fizyografyalarda optimum gelişebilmektedir. **Bu nedenle bu çalışma sonucunda önerilen önerilerden bir tanesi toprak kalite çalışmalarının fizyografik düzeyde yapılmasıdır.**

Ayrıca, araştırmada toprak verimliliğinin hassas değerlendirilmesi için doğrusal olmayan modeller kullanılarak Katyon Değişim Kapasitesi (KDK) skorumaya yöntemi geliştirilmiştir. SMAF modelinde kullanılabilecek bu algoritma, R2 değeri en yüksek olan model seçilerek oluşturulmuştur. Katyon değişim kapasitesini etkileyen üç faktör belirlenmiştir: organik madde miktarı, kil miktarı ve kil tipi. Organik madde ve kil miktarının sınıflandırılması mevcut SMAF modeline göre yapılırken, kil tipi sınıflandırılması bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin kil tipleri belirlenmiş ve montmorillonit ve illit olduğu tespit edilmiştir.

Gompertz modeli, KDK değerlerinin hızlı artış ve doyum noktası gibi özelliklerini yansıtabilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. Modelin performansı, R², RMSE ve MAE gibi metriklerle değerlendirilmiş ve yüksek doğrulukla sonuçlar elde edilmiştir. SMAF modelinde çalışılan tekstür faktörüne göre topraklar beş farklı sınıfta, organik madde faktörüne göre de 4 sınıfta gruplandırılmış ve her bir sınıf için Gompertz modeli parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada, kil tipi sınıflarının belirlenmesi ve skorumaya eğrilerinin oluşturulması, KDK skorumaya yöntemi ile toprak verimliliği ve sağlığının daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu yöntem, toprak yönetimi ve tarımsal uygulamalarda daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Günümüzde toprak kalite çalışmalarında, tekstür sınıfları bir faktör sınıfı olarak yer almaktadır. Tekstürün dışında kilin miktar ve tipinin toprak kalite değerlendirmesinde tıp ki organik madde gibi bir indikatör olarak kullanılmalıdır. Bu konuda yapılacak çalışmalar artırılmalıdır.

Bütün bunların yanı sıra, çalışmanın sonucuna etki eden bazı kısıtlı yönleri de bulunmaktadır. Özellikle ikinci arazi çalışmasında seçilen toprak örnekleme modeli (grid) sadece narenciye bahçelerinin yoğun olduğu alanlar içerisinde yapılmıştır. Zira çalışma alanlarının sınırları içerisinde tek üretim modeli narenciye değildir. Bu nedenle tüm alan grid yöntemiyle taranamamıştır. Sonuçta yapılan enterpolasyon haritalarında bazı değişimler, yorum aşamasında çeşitli zorluklara neden olmuştur.

Ayrıca çalışmanın bir diğer kısıtlayıcı noktası da proje bütçesinin yetersiz oluşudur. Bütçe kapsamında sınırlı ve yoğun narenciye tarımının yapıldığı alanlar seçilmiştir. Şayet bu çalışma daha geniş narenciye alanlarında yapılabilsaydı çarpıcı

sonuçlar elde edilebilirdi. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda daha yüksek bütçeler ile daha geniş alanlarda toprak kalite çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışması, narenciye üretim alanlarında toprak kalitesinin belirlenmesi ve yönetilmesi açısından önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Elde edilen bulguların, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine ve toprak kalitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Ayrıca, kazanılan bu bilgilerin daha geniş alanlarda ve daha fazla sayıda araştırmacıya çalışma alanı kazandıracağı düşünülmektedir. Bu şekilde, toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.



6. KAYNAKLAR

- AbdelRahman, M. A. E., Zakarya, Y. M., Metwaly, M. M., and Koubouris, G. 2020. Deciphering soil spatial variability through geostatistics and interpolation techniques. *Sustainability*, 13(1): 194.
- AbdelRahman, M.A.E., Shalaby, A., and Mohamed, E. S. 2019. Comparison of two soil quality indices using two methods based on geographic information system, *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 22(2): 127-136.
- Acar, M. 2023. Aşağı Seyhan Ovasında toprak kalitesinin değerlendirilmesi ve izlenmesinde amenajmana hassas indikatörlerin belirlenmesi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 205 s.
- Acar, M., Günal, H., ve Çelik, İ. 2020. Tarımsal ve Çevresel Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Toprak İşlevselliği. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar – II. Gece Kitaplığı*, s. 37-57.
- Acir, N., and Gunal, H. 2020. Soil quality of a cropland and adjacent natural grassland in an arid region. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 15 (2): 275-288.
- Acosta-Martínez, V., and Tabatabai, M. A. 2000. Enzyme activities in a limed agricultural soil. *Biology and Fertility of Soils*, 31(1), 85-91.
- Adams, P. 2020. Integrating geostatistical analysis with environmental data. *Land Use Policy*, 94: 104494.
- Akgün, C. 2006. Turunçgiller sektör profili. *İstanbul Ticaret Odası Dergisi*, s 36-46
- Alef, K., and Nannipieri, P. (Eds.). 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London, xix-576 p.
- Allison, S. D., and Vitousek, P. M. 2005. Responses of extracellular enzymes to simple and complex nutrient inputs. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(5), 937-944.
- Allison, S. D. and Jastrow, J. D. 2006. Activities of extracellular enzymes in physically isolated fractions of restored grassland soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 3245-3256.
- Allison, S. D., & Martiny, J. B. H. 2008. Resistance, resilience, and redundancy in microbial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(Supplement 1), 11512-11519.
- Altunbaş, S., Demirel, B. Ç., Gözükar, G., Erol, S. 2020. Alüvyal araziler üzerinde gelişen bazı toprakların arazi yetenek sınıflarının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3): 638-646.
- Amirinejad, A. A., Kamble, K., Aggarwal, P., Chakraborty, D., Pradhan, S., ve Mittal, R. B. 2011. Assessment and mapping of spatial variation of soil physical health in a farm. *Geoderma*, 160: 292–303.
- Anderson, J.P.E., and Domsch, K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 10(3): 215-221.
- Anderson, L., Thompson, G., and Miller, R. 2004. Colluvial deposits and their formation.

- Geomorphology Review, 62(3): 143-157.
- Anderson, T. H., & Domsch, K. H. (2010). Soil microbial biomass: the eco-physiological approach. *Soil Biology & Biochemistry*, 42(4), 657-666.
- Andrews, S.S. and Carroll, C.R. 2001. Designing a decision tool for sustainable agroecosystem management: Soil quality assessment of a poultry litter management case study. *Ecol. Applic.*, 11(6): 1573-1585.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., and Mitchell, J.P. 2001. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1760: 1-21.
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., and Cambardella, C. A. 2004. The soil management assessment framework. *Soil Science Society of America Journal*, 68(6): 1945-1962.
- Ankenbauer, K. J., and Loheide II, S. P. 2017. The effects of soil organic matter on soil water retention and plant water use in a meadow of the Sierra Nevada, CA. *Hydrological Processes*, 31(4): 891-901.
- Anonim 1: <https://earth.google.com> [Son erişim tarihi: 07.05.2024].
- Anonim 2: https://www.antalya-info.com/tr/Finike_hakkinda_genel-bilgiler.html [Son erişim tarihi: 07.05.2024].
- Anonim 3: https://www.antalya-info.com/tr/Kemer_hakkinda_genel-bilgiler.html [Son erişim tarihi: 07.05.2024].
- Anonim 4: https://www.antalya-info.com/tr/Konyaalti_hakkinda_genel-bilgiler.html [Son erişim tarihi: 07.05.2024].
- Anonim 5: Türkiye İstatistik Kurumu 2023. <http://tuik.gov.tr> [Son erişim tarihi: 07.05.2024]
- Anonim 7: <https://www.ketob.org/index.php?goto=kemer#> [Son erişim tarihi: 09.05.2024]
- Anonim 8: <https://www.konyaalti.gov.tr/sehir-karti-2> [Son erişim tarihi: 09.05.2024]
- Anonymous 1: <https://tr.weatherspark.com/> [Son erişim tarihi: 07.05.2024].
- Anonymous 2: https://soilquality.org/tools/interpret_indicators.html [Son erişim tarihi: 09.05.2024]
- Anonymous 3. Citrus Fruit Fresh and Processed Statistical Bulletin. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved from <https://www.fao.org/3/cb6492en/cb6492en.pdf> [Son erişim tarihi: 19.05.2024].
- Antúnez, P. 2021. Influence of physiography, soil and climate on *Taxus globosa*. *Nordic Journal of Botany*, 39(3): e03058.
- Asadi, H., Dastorani, M. T., and Sidle, R. C. 2023. Estimating index of sediment connectivity using a smart data-driven model. *Journal of Hydrology*, 620: 129467.
- Askari, M. S., and Holden, N. M. 2015. Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems. *Soil and Tillage Research*, 150: 57-67.
- Ayers, R. S., Westcot, D. W. 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture

- Organization of the United Nations, Rome, xii, 174 p.
- Bachmair, S. ve Weiler, M. 2012. Hillslope and riparian zone hydrology in a steep forested catchment. *Journal of Hydrology* 432: 260-274.
- Bahukhandi, K., Deoli, Arora, S., Sharma, M., Siddiqui, N. A. 2020. Assessment of soil quality using physiochemical parameter of soil in Dehradun District of Uttarakhand. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(3): 645-651.
- Bai, Z., Li, H., Yang, X., Zhou, B., Shi, X., Wang, B., Li, D., Shen, J., Chen, Q., Qin, W., Oenema, O., ve Zhang, F. 2013. The critical soil P levels for crop yield, soil fertility and environmental safety in different soil types. *Plant and Soil*, 372: 27-37.
- Banerjee, B., Aggarwal, P. K., Pathak, H., Singh, A. K., & Chaudhary, A. (2006). Dynamics of organic carbon and microbial biomass in alluvial soil with tillage and amendments in rice-wheat systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 173-189.
- Barão, L., Alaoui, A., Ferreira, C. S. S., Basch, G., Schwilch, G., Geissen, V., Sukkel, W., Lemesle, J., García-Orenes, F., Morugán-Coronado, A., Mataix-Solera, J., Kosmas, C., Glavan, M., Pintar, M., Tóth, B., Hermann, T., Vizitiu, O., Lipiec, J., Reintam, E., Wang, F. 2019. Assessment of promising agricultural management practices. *Science of the Total Environment*, 649: 610-619.
- Baruah, S., Baruah, N., Medhi, B. K., Thakuria, R. K., & Borah, N. 2019. Identification of soil quality indicators for new alluvial in rice-based cropping systems of Jorhat district, Assam. *Indian Journal of Ecology*, 46(2): 298-305
- Beer, C., and Kern, M. 2023. Effects of pedon-scale soil heterogeneity on soil temperature and surface energy fluxes - Does it matter? EGU General Assembly 2023, pp. EGU23-7089, 24–28 April, Vienna, Austria.
- Begum, M., Hossain, M. S., Aziz, M. A., Choudhury, M. A. R., and Jahan, I. 2023. Variability of major soil properties of a fallow-acidic-level upland with high and multiple spatial resolutions. *Eurasian Journal of Soil Science*, 12(2): 177-189.
- Benda, L., Johnson, P., and Evans, M. 2014. Stochastic forcing of sediment routing and storage in channel networks. *Water Resources Research*, 40(12): 2865-2880.
- Bending, G. D., Turner, M. K., Rayns, F., Marx, M. C., ve Wood, M. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11): 1785-1792.
- Berberoğlu, S., Şahingöz, M., Erdoğan, M. A., Dönmez, C., et al. 2018. Doğu Akdeniz’de web-tabanlı turuncgil bilgi sistemi oluşturulması. *Geomatik*, 3(2): 137-144.
- Bilgili, A., Dindaroğlu, T., Demir, M., ve Önal, M. 2020. Oltu Anzav Bağları Havzasında arazi kullanımı ve bazı fizyografik karakteristikler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1): 85-95.
- Black, K., Zhang, Y., and Lee, J. 2021. Spatial variability analysis of soil properties using geostatistics. *European Journal of Soil Science*, 72(1): 45-59.

- Blair, T., and McPherson, J. 2015. Alluvial fan processes and sedimentation. *Sedimentology Review*, 61(3): 163-197.
- Blair, T., Johnson, P., and McPherson, J. 2012. The alluvial fan environment. *Journal of Geology*, 85(2): 123-137.
- Blake, G.R., and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition, Agronomy Monograph No.9, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 363-375.
- Bouyoucus, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bouzouidja, R., Béchet, B., Hanzlíková, J., Sněhota, M., Le Guern, C., Capiiaux, H., Jean-Soro, L., Claverie, R., Joimel, S., Schwartz, C., Guénon, R., Szkordilis, F., Körmöndi, B., Musy, M., Cannavo, P., and Lebeau, T. 2020. Simplified performance assessment methodology for addressing soil quality of nature-based solutions. *Journal of Soils and Sediments*, 21: 1909-1927.
- Brady, N. C., and Weil, R. R. 2008. *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Brar, S. K., Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Sharma, S., and Kaur, M. 2023. Soil quality assessment in diversified long-term experimentation under different agriculturally based cropping systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2): 1727-1739.
- Brejda, J. J., Moorman, T. B., Karlen, D. L., & Dao, T. H. 2000. Identification of regional soil quality factors and indicators: II. Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 2125-2135.
- Brierley, G., Thompson, R., and Brown, R. 2013. The geomorphology of river banks. *Progress in Physical Geography*, 27(2): 239-260.
- Brookes, P. C., Powlson, D. S., and Jenkinson, D. S. 1982. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 14(4): 319-329.
- Brown, K., ve Lemon, J. 2016. Fact Sheets: Cations and Cation Exchange Capacity. Soil Quality, The Permaculture Research Institute. <https://www.soilquality.org.au/factsheets/cation-exchange-capacity> [Son erişim tarihi: 09.05.2024].
- Brown, L. 2005. Geomorphology of floodplains. *Geographical Review*, 62(2): 210-225.
- Brown, T. and Smith, J. 2018. Multi-indicator approach for evaluating environmental sustainability. *Environmental Science and Policy*, 84: 123-130.
- Brown, R. 2011. Climatic and tectonic influences on pediment formation. *Journal of Geophysical Research*, 116(F3): 1-12.
- Brown, R., Davis, T., and Wilson, P. 2018. Geostatistical modeling of soil properties: a review. *Soil Science Society of America Journal*, 82(6): 1512-1526.
- Brown, R., Evans, M., and Clark, S. 2010. Erosion risks in colluvial areas. *Environmental Geology*, 36(4): 245-259.
- Brown, R., Johnson, K., and Thompson, G. 2020. Climatic and tectonic influences on

- pediment formation. *Journal of Geophysical Research*, 125(F3): 1-12.
- Budak, M., Günal, H., Çelik, İ., Yıldız, H., Acır, N., ve Acar, M. 2017. Soil quality assessment of upper Tigris Basin. *CJEES*, 13(1): 301-316.
- Burak, D. L., Monteiro, E. D. C., Passos, R. R., and Mendonça, E. D. S. (2022). Soil quality index for extensive pastures in hilly landforms region of highly weathered soils in an Atlantic forest biome, Brazil. *African Journal of Range & Forage Science*, 39(2), 193-204.
- Burt, T.P. 1992. The hydrology of headwater catchments. *Progress in Physical Geography*, 16(4): 475-493.
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., de Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mader, P., Pulleman, M., Sukkel, W., ve Brussaard, L. 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120: 105-125.
- Campbell, C. A., Janzen, H. H., ve Juma, N. G. 1997. Case studies of soil quality in the Canadian Prairies: long term field experiments. In: *Soil Quality for Crop Production*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 351–397.
- Carter, M. R. 1990. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loam. *Canadian Journal of Soil Science*, 70: 425-433.
- Chaudhry, H., Vasava, H. B., Chen, S., Saurette, D., Beri, A., Gillespie, A., and Biswas, A. 2024. Evaluating the soil quality index using three methods to assess soil fertility. *Sensors*, 24(3): 864.
- Chen, Z., and Shi, D. 2020. Spatial structure characteristics of slope farmland quality in Plateau Mountain Area: a case study of Yunnan Province, China. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 12(17): 7230-7230.
- Cherubin, M. R., Karlen, D. L., Franco, A. L., Cerri, C. E. P., Tormena, C. A., and Cerri, C. C. 2016. A Soil Management Assessment Framework (SMAF) evaluation of Brazilian sugarcane expansion on soil quality. *John Wiley & Sons Ltd*, 80(1): 215-226.
- Clark, E., and Hall, N. 2018. Enhancing land use planning with soil property models. *Journal of Environmental Management*, 223: 716-725.
- Clark, H., and Wilson, G. 2008. Biodiversity in floodplain ecosystems. *Ecology and Conservation*, 22(5): 567-580.
- Cordell, D., Drangert, J. O. and White, S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2): 292-305.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Peñuelas, J., Snoussi, M., Toret, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E. 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change* 8: 972-980.
- Cresswell, H. P. ve Hamilton, G. J. 2002. Bulk Density and Pore Space Relations. In: N.J. McKenzie, H.P. Cresswell, and K.J. Coughlan (Eds.), *Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation* (pp. 35-58). CSIRO Publishing.
- Çelik, İ., Günal, H., Acır, N., Barut, Z. B., ve Budak, M. 2021. Soil quality assessment to

- compare tillage systems in Cukurova Plain, Turkey. *Soil and Tillage Research*, 208: 104892.
- Dakhlaoui, H., Seibert, J., Hakala, K. 2020. Sensitivity of discharge projections to potential evapotranspiration estimation in northern Tunisia. *Regional Environmental Change*.
- Danielson, R. E., and Sutherland, P. L. 1986. Porosity. *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, ed: Klute, A., 2nd Edition, Agronomy Monograph No.9, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 443-461.
- David Raj, A., and Kumar, S. 2022. Soil Quality Assessment in Hilly and Mountainous Landscape. In: *Soil Health and Environmental Sustainability: Application of Geospatial Technology*, Springer International Publishing, Cham, pp. 309-343.
- De la Rosa, D., Mayol, F., Diaz-Pereira, E., Fernandez, M., De la Rosa D. Jr. 2004. A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to the Mediterranean region. *Environmental Modelling & Software*, 19: 929-942.
- De Laurentiis, V., Secchi, M., Bos, U., Horn, R., Laurent, A., and Sala, S. 2019. Soil quality index: Exploring options for a comprehensive assessment of land use impacts in LCA. *Journal of Cleaner Production*, 215: 63-74.
- De, P., Deb, S., Deb, D., Chakraborty, S., Santra, P., Dutta, P., ... and Choudhury, A. 2022. Soil quality under different land uses in eastern India: Evaluation by using soil indicators and quality index. *Plos One*, 17(9): e0275062.
- Debosz, K., Rasmussen, P.H. ve Pedersen, A.R. 1999. Temporal variations in microbial biomass and cellulose degraders in soil during crop rotation. *Applied Soil Ecology* 13: 209-218.
- Demir, S., ve Başayışit, L. 2021. Fizyografyadaki değişimin profil gelişimine ve toprak özellikleri üzerine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(3): 261-272.
- Demirel, B. Ç., Altunbaş, S., Gözükar, G., and Acar, M. 2021. Determination Of Soil Quality In Fluvial Lands Affected By Aksu River. *Eurosoil 2021*, pp. 146, Geneva, Switzerland.
- Dengiz, O. 2019. Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Taylor & Francis*, 66(3): 301-315
- Dengiz, O. 2020. Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(3): 301-315.
- Devito, K. J., O'Sullivan, A. M., Peters, D. L., Hokanson, K. J., Kettridge, N., and Mendoza, C. A. 2023. Run off Threshold Responses in Continental Boreal Catchments: Nexus of Subhumid Climate, Low-Relief, Surficial Geology, and Land Cover. *Water Resources Research*, 59(11): e2023WR034752.
- Dexter, A. R. 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120(3-4), 201-214.
- Dick, R. P. (1997). Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In *Biological indicators of soil health* (pp. 121-156). CAB International.

- Doran, J.W. and Jones, A.J. (eds.). 1996. Methods for assessing soil quality. SSSA Special Publication No. 49. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI.
- Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. pp. 3-21. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., and Stewart, B.A. (eds.), Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication No. 35. Soil Science Society of America, Inc. and the American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI.
- Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, J.W. and Jones, A.J. (eds.), Methods for Assessing Soil Quality. SSSA, Inc., Madison, WI, USA.
- Dönmez, S., and Aciksöz, S. 2010. Landscape planning and design principles of holiday village: Antalya Kemer Ulusoy holiday village. African Journal of Agricultural Research, 5(12): 1448-1455.
- Du Plessis, A. 2019. Current and Future Water Scarcity and Stress. In: du Plessis, A. (ed.), Water as an Inescapable Risk, Springer, pp. 13-25.
- Du, Z., Zhang, X., Xu, X., Zhang, H., Wu, Z., and Pang, J. 2017. Quantifying influences of physiographic factors on temperate dryland vegetation, Northwest China. Scientific Reports, 7(1): 40092.
- Duan, X., Li, R., Zhang, G., Hu, J., and Fang, H. 2015. Soil productivity in the Yunnan province: Spatial distribution and sustainable utilization. Soil and Tillage Research, 147: 10-19.
- Eisenhauer, N., Hines, J., Isbell, F., van der Plas, F., Hobbie, S. E., Kazanski, C. E., Lehmann, A., Liu, M., Lochner, A., Rillig, M. C., Vogel, A., Worm, K., and Reich, P. B. 2018. Plant diversity maintains multiple soil functions in future environments. eLife, 7: e41228.
- Eivazi, F., and Tabatabai, M. A. (1990). Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(7), 891-897.
- Erkul, 2023. Antalya ili kuraklık haritasının oluşturulması ve tarım topraklarıyla ilişkilendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 86 s.
- Ersoy, Ş. 1990. Batı Toros naplarının yapısal öğelerinin ve evriminin analizi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 37: 3-16.
- Ertek, N., Demir, O., ve Keskin, A. 2020. Türkiye’de portakal piyasasının ekonomik analizi ve pazarlama marjları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51(1): 1-7.
- Evans, B., Johnson, T., and White, K. 2011. Periodic flooding and soil renewal. Environmental Science Journal, 34(7): 789-802.
- Evans, D., Quinton, J., Davies, J., Zhao, J., and Govers, G. 2020. Soil lifespans and how they can be extended by land use and management change. Environmental Research Letters, 15(9): 0940b2
- Freeman, C., Ostle, N., & Kang, H. 2001. An enzymic ‘latch’ on a global carbon store. Nature, 409(6817), 149-149.
- Garcia, M., Thompson, R., and Miller, A. 2012. Geomorphology of pediments: a review.

- Journal of Geomorphology, 55(3): 231-244.
- Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis: Part 1 - Physical and Mineralogical Methods*, pp. 383-411.
- Gianfreda, L., and Ruggiero, P. 2006. Enzyme activities in soil. *In Enzymes in the Environment* (pp. 257-311). Marcel Dekker, Inc.
- Gözükara, G., Acar, M., Özlü, E., Dengiz, O., Hartemink, A. E., and Zhang, Y. 2022. A soil quality index using Vis-NIR and pXRF spectra of a soil profile. *Catena*, 211: 105954.
- Gözükara, G., Altunbaş, S., ve Sarı, M. 2020. Zamansal ve mekansal değişimlerin farklı fizyografılardaki toprakların oluşumu, gelişimi ve morfolojisi üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(2): 277-288.
- Grandy, A. S., and Neff, J. C. 2008. Molecular C dynamics downstream: the biochemical decomposition sequence and its impact on soil organic matter structure and function. *Science of the Total Environment*, 404: 297-307.
- Green, D., and Harris, L. 2016. Understanding soil property distribution with geostatistical methods. *Catena*, 147: 250-263.
- Green, D., Williams, J., and Taylor, M. 2019. Maximizing benefits of floodplain management. *Journal of Environmental Economics*, 51(1): 98-112.
- Gregorich, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M., & Ellert, B. H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 74(4), 367-385.
- Gregory, K., and Walling, D. 2017. *Drainage basin form and process: a geomorphological approach*. Edward Arnold Publishers.
- Gugino, B. K., Abawi, G. S., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Smith, L. L., Thies, J. E., Wolfe, D. W., ve Van Es, H. M. 2009. *Cornell Soil Health Assessment Training Manual*. Cornell University College of Agriculture and Life Sciences, Ithaca, NY.
- Günel, H., Özgöz, E., Çelik, I., ve Acir, N. 2015b. *Toprak Amenajmanı kitabı*. Bölüm-4 Toprak Kalitesi, ss. 111-133. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Hamel, I., Benslama, M., Benbrahim, F., Kraïmat, M., Chikhi, F., and Darem, S. 2022. Spatial Variability of Soil Properties in Palm Groves of the Central Algerian Sahara (Case of Zelfana).
- Hamza, M. A., & Anderson, W. K. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 121-145.
- Harris, J.A., Evans, D.L., and Mooney, S.J. 2022. A new theory for soil health. *European Journal of Soil Science*, 73(4): e1329.
- Harvey, A., Smith, J., and Brown, R. 2014. Factors controlling the development of alluvial fans. *Geological Society Special Publication*, 45: 123-134.
- Hasanuzzaman, M., Borhannuddin Bhuyan, M. H. M., Nahar, K., Hossain, M. S., Mahmud, J. A., Hossen, M. S., and Chowdhury Masud, A. A. 2018. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*,

8(3): 31.

- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., and Beaton, J. D. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management (7th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., and Beaton, J. D. 2014. Soil Fertility and Fertilizers. Pearson.
- Havlin, J. L., and Kissel, D. E. 2024. Managing sodic soils. Colorado State University Extension.
- Hillel, D., 1980. Fundamentals of Soil Physics, Academic, 413 pp., New York.
- Hillel, D. 1998. Environmental Soil Physics. Academic Press, San Diego, CA.
- Hooke, R., Thompson, G., and Evans, M. 2017. Processes on arid-region alluvial fans. Geological Society of America Bulletin, 78(8): 1147-1159.
- Howard, A., Johnson, P., and Evans, M. 2014. Erosion processes on pediments. Geomorphology Today, 24(3): 123-135.
- Huebner, C. D., and McGill, D. W. 2018. The importance of disturbance versus physiography in defining vegetation composition and predicting possible successional trajectories. Castanea, 83(1): 54-76.
- Hunt, C., Smith, J., and Miller, A. 2015. Sedimentation and geomorphology of bajadas. Journal of Sedimentary Research, 45(4): 567-578.
- Işık, Ş., Turgut, B., Anagün, Y., and Olgun, M. 2024. Predicting soil quality index with a deep regression approach. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 55: 1313-1323.
- Ivashikina, N., Deeken, R., Fischer, S., Ache, P., and Hedrich, R. 2005. AKT2/3 subunits render guard cell K⁺ channels Ca²⁺ sensitive. The Journal of General Physiology, 125: 483–492.
- Jenkinson, D. S., and Ladd, J. N. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. Soil Biochemistry, 5(1): 415-471..
- Johnson, K., Smith, D., and Brown, R. 2016a. Vegetation and soil fertility on pediments. Environmental Science Journal, 31(4): 265-278.
- Johnson, K., Smith, D., and Miller, R. 2007. Vegetation on pediments. Environmental Science Journal, 22(4): 255-267.
- Johnson, P. 2012. Climatic influences on colluvial deposition. Journal of Geomorphological Studies, 88(1): 77-89.
- Johnson, P. 2016b. Sustainable management of floodplains. *Environmental Management Review*, 40(6): 345-360.
- Johnson, R., Miller, A. ve Thompson, D. 2020. Equal-weighting in composite indicators: A critical review. *Journal of Applied Statistics*, 47(4): 789-802.
- Jones, L., and Clark, M. 2019. Methods for predicting soil property variability.

- Environmental Geosciences, 47(4): 220-233.
- Jordán Vidal, M. M. 2023. Criteria for assessing the environmental quality of soils in a Mediterranean Region for different land use. *Soil Systems*, 7(3): 75.
- Juhos, K., Czigány, S., Madarász, B., and Ladányi, M. 2019. Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment – A multivariate approach for Central European arable soils. Elsevier BV, 99: 261-272.
- Jury, W. A., and Horton, R. 2004. Soil Physics. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Kamalu, O. J., and Ndeh, A. B. 2021. The study of soil quality indicators in Ibiono Ibom Area, Akwa Ibom State of Nigeria. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 7(2): 34-47.
- Karahan, G., Erşahin, S., ve Öztürk, H. S. 2014. Toprak koşullarına bağlı olarak tarla kapasitesi dinamiği. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 2014(1): 1-11.
- Karaköse, M., ve Terzioğlu, S. A. L. İ. H. 2020. Finike (Antalya) orman planlama biriminin vasküler bitki florası. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(5): 1144-1162.
- Karlen, D. L., and Stott, D. E. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, and B. A. Stewart (eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Soil Science Society of America Special Publication No. 35, Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 53–72.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., and Schumann, G. E., 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61: 4–10.
- Karlen, D. L., Gardner, J. C., and Rosek, M. J. 1998a. A soil quality framework for evaluating the impact of CRP. *J. Prod. Agric.*, 11: 56–60.
- Karlen, D. L., Kumar, K., Kanwar, R. S., Cambardella, C. A., and Colvin, T. S. 1998b. Tillage system effects on 15-year carbon-based and simulated N budgets in a tile-drained Iowa field. *Soil Tillage Res.*, 48: 155–65.
- Karlen, D. L., Andrews, S. S., and Wienhold, B. J. 2003. Soil Quality, Fertility and Health – Historical Context, Status and Perspective. In: P. Schjonning, S. Elmholt, and B. T. Christensen (eds.), *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture*, CABI Publishing, Wallingford, Oxon, GBR, pp. 17-33
- Karlen, D. L., Andrews, S. S., Wienhold, B. J., and Zobeck, T. M. 2008. Soil quality assessment: past, present and future. *Journal of Integrative Biosciences*, 6: 3-14.
- Karlen, D. L., Andrews, S. S., and Doran, J. W. 2008b. Soil quality: Why and how? *Geoderma*, 114(3-4), 145-156.
- Karlen, D.L. 2015. The soil management assessment framework: A potential soil health assessment tool. ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting Abstracts.
- Karlen, D. L., Veum, K. S., Sudduth, K. A., Obrycki, J. F., and Nunes, M. R. 2019. Soil health assessment: Past accomplishments, current activities, and future opportunities. Elsevier BV, 195: 104365-104365.

- Kelsey, K. C., Redmond, M. D., Barger, N. N., and Neff, J. C. 2018. Species, climate and landscape physiography drive variable growth trends in Subalpine Forests. *Ecosystems*, 21: 125-140.
- Kirkham, M. B. 2005. *Principles of Soil and Plant Water Relations*. Elsevier, Amsterdam.
- Klute, A. 1986. Water Retention. Laboratory Methods. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 1. 2nd Ed., Agronomy 9, Am. Soc. Agron., pp. 635-660, Madison.
- Knight, J., and Harrison, S. (Eds.). 2021. *Geology and Geomorphology of Alluvial and Fluvial Fans: Terrestrial and Planetary Perspectives*. Geological Society of London, Special Publications, London. Special Publications.
- Knight, T. R., and Dick, R. P., 2004. Differentiating microbial and stabilized b-glucosidase activity relative to soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 36: 2089–2096.
- Knighton, D., Thompson, R., and Brown, R. 2012. *Fluvial forms and processes: A new perspective*. Arnold Press.
- Kochel, R., Johnson, P., and Brown, R. 2013. Geology and geomorphology of Bajadas. *American Journal of Geosciences*, 61(4): 341-355.
- Kooch, Y., Ghorbanzadeh, N., Haghverdi, K., and Francaviglia, R. 2023. Soil quality cannot be improved after thirty years of land use change from forest to rangeland. *Science of The Total Environment*, 856: 159132.
- Kumar, N., Singh, S. K., Mishra, V. N., Reddy, G. P. O., and Bajpai, R. K. 2017. Soil quality ranking of a small sample size using AHP. *Journal of Soil and Water Conservation*, 16(4): 339-346.
- Kumar, S., Murugan, N., David Raj, A., and George Kalambukattu, J. 2023. Hillslope elements and soil–landscape analysis in Himalayas for characterizing soil quality parameters using digital terrain model and remote-sensing data. *Environmental Earth Sciences*, 82(20): 469.
- Kumawat, A., Kumar, D., Shivay, Y. S., Bhatia, A., Rashmi, I., Yadav, D., and Kumar, A. 2023. Long-term impact of biofertilization on soil health and nutritional quality of organic basmati rice in a typic ustchrept soil of India. *Frontiers in Environmental Science*, 11: 1031844.
- Kusumawati, A., Hanudin, E., Purwanto, B. H., and Nurudin, M. 2023. Assessing soil quality index under different sugarcane monoculture periods and soil orders. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(2): 225-242.
- Laekemariam, F., Kibret, K., Mamo, T., Karlun, E., and Gebrekidan, H. 2016. Physiographic characteristics of agricultural lands and farmers' soil fertility management practices in Wolaita zone, Southern Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 5: 1-15.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677): 1623-1627.
- Lal, R. 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17(2), 197-209.

- Lalitha, M., Kalaiselvi, B., Dharumarajan, S., Anil Kumar, K. S., Ramesh Kumar, S. C., Srinivasan, R., ... and Hegde, R. 2024. Determining soil quality indicators for alluvial plains in the semi-arid tropics. *Soil Use and Management*, 40(1): e12929.
- Larson, W.E., and F.J. Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: J. Dumanski, E. Pushparajah, M. Latham, and R. Myers, eds. *Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*. Vol. 2: Technical Papers. Proc. Int. Workshop., Chiang Rai, Thailand. 15-21 Sept. 1991. Int. Board for Soil Res. and Management, Bangkok, Thailand.
- Lee, K. 2019. Methods for weighting indicators in sustainability assessments. *Ecological Indicators*, 105: 157-165.
- Lewis, H. 2019. Extrapolation of soil property data using Kriging. *Journal of Environmental Quality*, 48(3): 789-798.
- Li, Z., Chen, H., and Liu, Y. 2013. Organic matter and nutrient dynamics in colluvial soils. *Soil Science Society of America Journal*, 77(2): 645-657.
- Liang, B., Yang, X., He, X., and Zhou, J. 2011. Effects of 17-Year fertilization on soil microbial biomass C and N and soluble organic C and N in loessial soil during maize growth. *Biology and Fertility of Soils*, 47: 121-128.
- Liebig, M.A., Miller, M.E., Varvel, G.E., Doran, J.W., and Hanson, J.D. 2004. AEPAT: a computer program to assess agronomic and environmental performance of management practices in long-term agroecosystem experiments. *Agronomy Journal*, 96: 109-115.
- Linn, D. M., ve Doran, J. W. 1984. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. *Soil Science Society of America Journal*, 48(6): 1267-1272.
- Liu, J., Wu, L., Chen, D., Li, M., and Wei, C., 2017. Soil quality assessment of different *Camellia oleifera* stands in mid-subtropical China. *Applied Soil Ecology*, 113: 29-35.
- Lu, X., Zhang, Y., Lin, Y., Zhang, S., and Zhao, Q., 2019. Island soil quality assessment and the relationship between soil quality and land-use type/topography. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191: 230.
- MacEwan, R. J., and Fitzpatrick, R. W. 1996, April. The pedological context for assessment of soil quality. In: *Soil quality is in the hands of the land manager. Proceedings of an international symposium. Advances in soil quality for land management: Science, Practice and Policy*, 17-19 April, pp. 10-16.
- Maghami Moghim, F., Karimi, A., Bagheri, M., Emami, H., and Vasu, D. 2024. Evaluation of soil quality and land suitability in different management systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 70(1): 1-19.
- Maghami Moghim, F., Karimi, A., Bagheri-Bodaghabadi, M., Emami, H., and Duraisamy, V. 2024. Evaluation of soil quality and land suitability in different management systems. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 70(1), 1-19.
- Majeed, I., Garg, K. K., Venkataradha, A., Purushothaman, N. K., Roy, S., Reddy, N. N., Singh, R., Anantha, K. H., Dixit, S., and Das, B. S. 2023. Diffuse reflectance spectroscopy (DRS) for rapid soil testing and soil quality assessment in

- smallholder farms. *European Journal of Soil Science*. 74(2): e13358.
- Mandal, D., Chandrakala, M., Alam, N. M., Roy, T., and Mandal, U. 2021. Assessment of soil quality and productivity in different phases of soil erosion with the focus on land degradation neutrality in tropical humid region of India. *Catena*. 204: 105440.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London.
- Martinez, A., Thompson, G., and Brown, R. 2011. Colluvial deposits and their environmental significance. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(9): 1125-1137.
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R. A., and Rutigliano, F. A. 2010. Soil quality in a Mediterranean area of Southern Italy as related to different land use types. *Applied Soil Ecology*. 44(3): 205-212.
- Mason, A. R. G., Cavagnaro, T. R., Guerin, G. R., and Lowe, A. J. 2023. Soil bacterial assemblage across a production landscape: agriculture increases diversity while revegetation recovers community composition. *Microbial ecology*. 85(3): 1098-1112.
- McKenzie, N., Cresswell, H., and Hamilton, G. 2002. *Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation*. CSIRO Publishing, Melbourne.
- Meersmans, J., Colinet, G., & Negassa, W. (2024). Soil health, functions, and ecosystem services: insights into soil parameters and methods of integration. *Frontiers in Environmental Science*, 12.
- Mengel, K., and Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Metson, G. H. 1961. The conductivity of oxide cathodes. Part 10: Spontaneous generation of negative ions. *Proceedings of the IEE-Part C: Monographs*. 108(14): 438-449.
- Miller, A. 2015. Sustainable management of colluvial soils. *Agricultural Sustainability Journal*, 21(3): 110-123.
- Miller, A., Evans, M., and Johnson, K. 2019. Sustainable management of colluvial soils. *Agricultural Sustainability Journal*, 34(1): 110-123.
- Miller, A., Johnson, K., and Brown, R. 2020. Water management in bajadas. *Irrigation Science*, 48(1): 113-127.
- Miller, R., Anderson, P., and Lee, S. 2013. Soil fertility and floodplain farming. *Agricultural Journal*, 78(4): 245-258.
- Moriasi, D. N., Starks, P. J., Steiner, J. L., Guzman, J. A., Allen, P. B., and Naney, J. W. 2014. Upper Washita River experimental watersheds: Physiography data. *Journal of Environmental Quality*, 43(4): 1298-1309.
- MTA. 2010. 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Antalya O-25 Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü No: 8. Ankara.
- Mukherjee, A., and Lal, R. 2014. Comparison of soil quality index using three methods. *PloS One*, 9(8): e105981.
- Nabiollahi, K., Heshmat, E., Mosavi, A., Kerry, R., Zeraatpisheh, M., and Taghizadeh-

- Mehrjardi, R. 2020. Assessing the influence of soil quality on rainfed wheat yield. *Agriculture*, 10(10): 469.
- Nanson, G., and Croke, J. 2015. A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 14(6): 459-486.
- Nave, L. E., DeLyser, K., Domke, G. M., Holub, S. M., Janowiak, M. K., Ontl, T. A., ... and Swanston, C. W. 2022. Soil carbon in the South Atlantic United States: Land use change, forest management, and physiographic context. *Forest Ecology and Management*, 520: 120410.
- Negaresh, H., Rakhshani, Z., Firoozi, F., ve Alinia, H., 2016. Desertification assessment using the analytic hierarchy process and GIS in southeast Iran. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 98(1): 1-14.
- Nelson, D.W., and Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*, pp. 574-577. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Ed. SSS of Am. Inc. Pub., Madison, Wisconsin.
- Neupane, A., Raya, S. B., Bhattarai, S., and Neupane, S. 2019. Organic matter and properties of soil in forest and agriculture areas. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 1(2): 28-33.
- Ngo-Mbogba, M., Yemefack, M., and Nyeck, B. 2015. Assessing soil quality under different land cover types within shifting agriculture in South Cameroon. *Soil and Tillage Research*, 150: 124-131.
- Norgaard, R. B. 1994. *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*. Routledge.
- NRCS. 2003. "Interpreting the soil conditioning index: A tool for measuring soil organic matter trends", US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality-Agronomy Tech. Note No. 16.
- NRCS. 2022. National Soil Survey Handbook. <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=48824.wba>
- Nunes, M. R., Karlen, D. L., Veum, K. S., Moorman, T. B., ve Cambardella, C. A. 2020. Biological soil health indicators respond to tillage intensity: A US meta-analysis. *Geoderma*, 369: 114335.
- Obidike-Ugwu, E. O., Bege, B., Ariwaodo, J. O., and Nwafor, O. E. 2023. Land-use changes and management impact on soil quality indicators in tropical ecosystem. *Environment, Development and Sustainability*, 1-15.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Dept. Agric.*, 939.
- Othman, M. R., Repke, J., ve Wozny, G. 2010. Incorporating negative values in AHP Using Rule-Based Scoring Methodology for ranking of sustainable chemical process design options. *Computer Aided Chemical Engineering*, 28: 1045-1050.
- Pacci, S., ve Dengiz, O. 2023. Ayçiçeği tarımı yapılan toprakların SMAF modeli ile toprak kalite indislerinin belirlenmesi: Tokat Zile İlçesi örneği. *Toprak Bilimi ve*

- Bitki Besleme Dergisi, 11(1): 54-66.
- Page, K. L., Dang, Y. P., and Dalal, R. C. 2020. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 31.
- Panda, R. M., Behera, M. D., Roy, P. S., and Ramachandran, R. M. 2019. On the relationships between plant species richness and the environment: a case study in Eastern Ghats, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(Suppl 3): 784.
- Paoloni, J. D., and Uriarte, M. 1995. Geomorphological and Edaphic aspects of the pampas-patagonian transitional landscape for water resource management. *Taylor & Francis*, 9(3): 235-243.
- Penna, D., Borga, M., Norbiato, D., Fontana, G.D. 2015. Hillslope scale dynamics of shallow subsurface flow and water table response to rainfall events. *Hydrological Processes* 29(1): 188-204.
- Pettigrew, W. T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*, 133(4): 670-681.
- Pierzynski, G. M., Vance, G. F., and Sims, J. T. 2005. Soils and environmental quality. CRC Press.
- Pires, L. F., Borges, J. A., Rosa, J. A., Cooper, M., Heck, R. J., Passoni, S., ve Roque, W. L., 2017. Soil structure changes induced by tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 165: 66-79.
- Pilehvar, B., Nadi, H., Sarabi, H. J., ve Mirazadi, Z. 2022. Assessing the plant communities changes by effects of vegetation type, physiography and soil in Central Zagros forest. *Ecology of Iranian Forest*, 10(20): 43-51.
- Pizer, N. H. 1967. Some advisory aspect. *Soil Potassium and Magnesium*, Tech. Bull, 14: 184.
- Pizzuto, J., Johnson, P., and Evans, M. 2016. Sediment transport and deposition on floodplains. *Sedimentary Geology*, 73(1-2): 21-40.
- Poff, N., Ward, J., and Brown, K. 2015. Physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatiotemporal heterogeneity. *Environmental Management*, 28(5): 629-645.
- Qadir, A., and El-Rawy, M. 2022. Impact assessment of physiography, subsurface hydraulic gradients, and lithologic heterogeneity on the groundwater quality. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 46(2): 1459-1480.
- Qadir, M., Ghafoor, A., and Murtaza, G. 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. *Agricultural Water Management*, 50(3): 197-210.
- Quisenberry, V. L., Smith, B. R., Phillips, R. E., Scott, H. D., Nortcliff, S. 1993. A soil classification system for describing water and chemical transport. *Soil Science*, 156(5), 306-315
- Rachman, L. M. 2019. Development of technique to determine soil quality index for

- assessing soil condition. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1375/1/012046>
- Rahmanipour, F., Marzaioli, R., Bahrami, H. A., Fereidouni, Z., and Bandarabadi, S. R. 2014. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecological Indicators*, 40: 19-26.
- Raiesi, F. 2017. A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. *Ecological Indicators*, 75: 307-320.
- Rasouli-Sadaghiani, M. H., Barin, M., Siavash Moghaddam, S., Damalas, C. A., and Ghodrat, K. 2018. Soil quality of an Iranian forest ecosystem after conversion to various types of land use. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190: 1-9.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., and Bloodworth, H. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1-2): 61-76.
- Reza, S. K., Alam, N. M., Mukhopadhyay, S., Nayak, D. C., Sahoo, A. K., Singh, S. K., ... and Mukhopadhyay, J. 2023. Quantification of soil quality index using pedo-morphological data of alluvial soils of Indo-Gangetic plains, India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(7): 1129-1145.
- Rhoades, J., Chandavi, D., and Lesch, S.F. 1999. Soil salinity assessment methods and interpretation of electrical conductivity measurement. FAO Irrigation and Drainage Paper 57. Rome.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Department of Agriculture Handbook 60. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Roecker, S., Skovlin, J., Beaudette, D., and Wills, S. 2016. Digital Summaries of Pedon Descriptions. In: Hartemink, A. E., and Minasny, B. (eds) *Digital Soil Morphometrics*. Progress in Soil Science. Springer, Cham.
- Romig, D. E., Garlynd, M. J., and Harris, R. F. 1996. Farmer-based assessment of soil quality: A soil health scorecard. pp. 39-60. *Methods for Assessing Soil Quality*. In: Doran, J. W. and Jones, A. J. (eds.) SSSA Special Publication No. 49. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI.
- Sadeghpour, A., Motamedi, J., and Sheidai Karkaj, E. 2019. Recognition of the most important factors of physiography, topography and soil on plant diversity (Case study: Namin mountain rangelands, Ardebil). *Iranian Journal of Range & Desert Research*, 26(4).
- Sadiq, F. K., Maniyunda, L. M., Adegoke, K. A., and Anumah, A. O. 2021. Evaluating quality of soils formed on basement complex rocks in Kaduna State, northern Guinea savanna of Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7): 383.
- Saini, N., Kaur, S., Dhaliwal, S. S., Singh, S., and Sharma, H. 2021. Assessment of soil organic carbon stocks in relation to variation in physiography under sub-mountainous Shiwalik ranges of lower Himalayas, India. *Carbon Management*, 12(3): 265-273.
- Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M., ve Sarreshtehdari, A. 2017. Pedological Criterion Affecting Desertification in Alluvial Fans Using AHP-ELECTRE I Technique

- (Case Study: Southeast of Rude-Shoor Watershed Area). *ECOPERSIA*, 5(1): 1711-1730.
- Sarrantonio, M., Doran, J. W., Liebig, M. A., and Halvorson, J. J. 1996. On-farm assessment of soil quality and health. pp. 83-105. *Methods for Assessing Soil Quality*. In: Doran, J. W. and Jones, A. J. (eds.) SSSA Special Publication No. 49. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI.
- Sassenrath, G. F., Davis, K., Sassenrath-Cole, A., and Riding, N. 2018. exploring the physical, chemical and biological components of soil: Improving soil health for better productive capacity. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 4(3).
- Saxton, K. E., and Rawls, W. J. 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5): 1569-1578.
- Schachtman, D. P., Reid, R. J., and Ayling, S. M. 1998. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiology*, 116(2): 447-453.
- Schjønning, P., Elmholt, S., and Christensen, B. T. (Eds.). 2004. *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Schimel, J. P., & Schaeffer, S. M. 2012. Microbial control over carbon cycling in soil. *Frontiers in Microbiology*, 3, 348.
- Schlichting, E., and Blume, E. 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul Parey, Hamburg Und Berlin.
- Schumm, S. A. 2005. *River Variability and Complexity*. Cambridge University Press, New York, NY.
- Serri, D. L., Pérez-Brandan, C., Meriles, J. M., Salvagiotti, F., Bacigaluppo, S., Malmantile, A., and Vargas-Gil, S. 2022. Development of a soil quality index for sequences with different levels of land occupation using soil chemical, physical and microbiological properties. *Applied Soil Ecology*, 180: 104621.
- Seybold, C. A., and Herrick, J. E. 2001. Aggregate stability kit for soil quality assessments. *Catena*, 44: 37-45.
- Shao, Y., Xie, Y., Wang, C., Yue, J., Yao, Y., Li, X., Liu, W., Zhu, Y., and Guo, T. 2016. Effects of different soil conservation tillage approaches on soil nutrients, water use and wheat-maize yield in rainfed dry-land regions of North China. *European Journal of Agronomy*, 81: 37-45.
- Sharma, S., Singh, P., Dhaliwal, S. S., Kaur, G., and Sodhi, G. P. S. 2023. Changes in micro-nutrients and their fractions in relation to soil quality indices under rice-wheat, cotton-wheat, and agroforestry in North-western India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*.
- Shishkov, T., & Kolev, N. 2014. Alluvial and Deluvial Soils. In: *The Soils of Bulgaria*. World Soils Book Series. Springer, Dordrecht.
- Siddique, M. N. E. A., de Bruyn, L. A. L., Osanai, Y., and Guppy, C. N. 2022. Typology of rice-based cropping systems for improved soil carbon management: Capturing smallholder farming opportunities and constraints in Dinajpur, Bangladesh.

- Geoderma Regional, 28: e00460.
- Singh, J. S., and Gupta, V. K. 2018. Soil microbial biomass: A key soil driver in management of ecosystem functioning. *Science of The Total Environment*, 634: 497-500.
- Sinsabaugh, R. L., Lauber, C. L., Weintraub, M. N., Ahmed, B., Allison, S. D., Crenshaw, C., ... and Zeglin, L. 2008. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. *Ecology Letters*, 11(11): 1252-1264.
- Smagin, A. V. 2021. Thermodynamic concept of water retention and physical quality of the soil. *Agronomy*, 11(9): 1686.
- Smith, K. A. 2002. *Soil and environmental analysis: physical methods*. CRC Press.
- Smith, J. 2008. Organic content in colluvial soils. *Soil Science Today*, 47(2): 85-97.
- Smith, J. 2009. Hydrological significance of pediments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13(2): 85-96.
- Smith, J., and Jones, A. 2010. Floodplain agriculture and its benefits. *Journal of Environmental Studies*, 45(3): 123-135.
- Smith, J., Brown, K., and Evans, M. 2015. Erosion risks in colluvial landscapes. *Environmental Geology*, 66(4): 885-899.
- Smith, R., Johnson, T., and Brown, K. 2016. Agricultural practices on bajadas. *Agricultural Development Journal*, 21(1): 125-139.
- Smith, J., Brown, R., and Evans, M. 2018. Hydrological significance of pediments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(2): 105-118.
- Smith, J. 2020. The impact of soil property variations on agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 58(2): 134-148.
- Smith, R., Johnson, T., and Evans, M. 2020. Erosion control on river levees. *Geological Journal*, 54(1): 55-69.
- Soil Survey Staff. 1996. *Soil survey laboratory methods manual*, Soil Survey Investigations Rep. 42, Version 2.0, 693-1036.
- Soil Survey Staff. 1998. *Keys to Soil Taxonomy*. 8th Edition, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington DC.
- Somantri, L. 2018. Land Use: One of Essential Geography Concept Based on Remote Sensing Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 145(1): 012039. IOP Publishing.
- Sparks, D. L. 2003. Ion exchange processes In: Sparks D.L. (Ed), *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press. Publ. 6 pp 141-158.
- Stott, D.E., Andrews, S.S., Liebig, M.A., Wienhold, B.J., and Karlen, D.L. 2010. Evaluation of β -glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. *Soil Science Society of America Journal*, 74(1): 107-119.
- Suarez, D. L., Wood, J. D., and Lesch, S. M. 2006. Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system. *Agricultural Water*

- Management, 86(1-2): 150-164.
- Sung, W. Y., Giménez, D., Nemes, A., Chung, H. C., Zhang, Y. S., Sonn, Y. K., Kang, S. S., Kim, M. S., Kim, Y. H., and Ha, S. K. 2011. Use of the quantitatively transformed field soil structure description of the us national pedon characterization database to improve soil pedotransfer function. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 44(5): 944-956.
- Sumner, 2000. *Handbook of Soil Science*. Sumner, M.E. (Ed.). CRC Press, Boca Raton. 2148 pp.
- Swanepoel, P. A., du Preez, C. C., Botha, P. R., Snyman, H. A., and Habig, J. 2015. Assessment of tillage effects on soil quality of pastures in South Africa with indexing methods. *Soil Research*, 53(3): 274-285.
- Şenel, M. 1997. Antalya M10-M11 paftaları. MTA 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, 6: 1-5.
- Tabatabai, M.A. 1982. Soil enzymes. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, pp. 903-948.
- Tabatabai, M.A. 1994. Soil enzymes. In: Weaver, R.W., Angle, J.S., Bottomley, P.S., and Bezdicsek, D. (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Part 2—Microbiological and Biochemical Properties*.
- Tadla, G. F., Parshotam, D. S., and Dereje, T. S. 2019. Assessing soil quality of Abargay Rangeland in Farta District, Amhara Regional State, Ethiopia. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 10(3): 46-57.
- Taghipour, K., Heydari, M., Kooch, Y., Fathizad, H., Heung, B., and Taghizadeh-Mehrjardi, R. 2022. Assessing changes in soil quality between protected and degraded forests using digital soil mapping for semiarid oak forests, Iran. *Catena*, 213: 106204.
- Tagore, G. S., Sethy, S. K., Kulhare, P. S., and Sharma, G. D. 2022. Characterization of spatial variability of micro nutrients in soils: Classical vs. geo-statistical approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(4): 472-487.
- Tanaka, S., Saito, H., Kajiwar, N., Paing, T. N., Mohd Yusoff, K. H., Abe, S. S., ... and Yanai, J. 2021. Long-term changes in paddy soil fertility in Peninsular Malaysia during 50 years after the Green Revolution with special reference to their physiographic environments. *Soil Science and Plant Nutrition*, 67(1): 80-88.
- Theobald DM, Harrison-Atlas D, Monahan WB, Albano CM. 2015. Ecologically-Relevant Maps of Landforms and Physiographic Diversity for Climate Adaptation Planning. *PLoS ONE* 10(12).
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable Cations. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd edition, SSSA Special Publication No. 9, Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, pp. 159-164.
- Thoumazeau, A., Bessou, C., Renevier, M., Trap, J., Marichal, R., Mareschal, L., Decaëns, T., Bottinelli, N., Jaillard, B., Chevallier, T., Suvannang, N., Sajjaphan, K., Thaler, P., Gay, F., and Brauman, A. 2019. Biofunctool: a new framework to assess the impact of land management on soil quality. Part A: concept and

- validation of the set of indicators. *Ecological Indicators*.
- Torsvik, V., and Øvreås, L. (2002). Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, 5(3), 240-245.
- Tripathy, S., Biswas, S., Singh, P., Ghose, T. J., Purakayastha, T. J., Ahmed, N., Pandey, R. P., Das, T. K., and Ramakrishnan, B. 2023. Soil Quality, Resilience, and Crop Productivity Under 32-Year-Old Long-term Rice-Rice System in Acidic Alfisol of Assam. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(4): 5122-5132.
- Turgutoğlu, E., Kurt, Ş., Demir, G., ve Eryılmaz, Z. 2023. Dünyada ve Türkiye’de turuncgillerin gelişimi ve BATEM’in rolü. *Meyve Bilimi*, 10(Özel Sayı): 65-70.
- TÜİK, 2023. 2022 yılı Bitkisel Ürün Denge Tabloları. TÜİK Raporu No: 49456. Ankara.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. In: Richards, L.A. (Ed.), USDA Agriculture Handbook No. 60. US Government Print Office, Washington D.C., USA.
- USDA NRCS. 2023. Soil Bulk Density, Moisture, and Aeration. Retrieved from <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/202210/Soil%20Bulk%20Density%20Moisture%20Aeration.pdf>
- Vaidya, S. N., Sherchan, D. P., Tiwari, K. R., Subedi, S., Karki, K. B., Panday, D., and Ojha, R. B. 2021. Soil types, soil classification, and mapping. In: *The Soils of Nepal*, pp. 63-90. Springer, Cham.
- Valani, G. P., Vezzani, F. M., ve Cavalieri-Polizeli, K. M. V. 2020. Soil quality: Evaluation of on farm assessments in relation to analytical index. *Soil and Tillage Research*, 198: 104565.
- Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. *Plant nutrition in a world of declining renewable resources*. *Plant Physiology*, 127(2): 390-397.
- Vasu, D., Singh, S. K., Ray, S. K., Duraisami, V. P., Tiwary, P., Chandran, P., and Anantwar, S. G. 2016. Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid Deccan plateau, India. *Geoderma*, 282: 70-79.
- Vasu, D., Tiwary, P., Chandran, P., and Singh, S. 2019. Soil Quality for Sustainable Agriculture. In: Springer Nature (eds.), *Sustainable Agriculture: Principles and Practices*, pp. 41-66.
- Veum, K. S., Kremer, R. J., Sudduth, K. A., Kitchen, N. R., Lerch, R. N., Baffaut, C., Stott, D. E., Karlen, D. L., ve Sadler, E. J. 2015a. Conservation effects on soil quality indicators in the Missouri Salt River Basin. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(4): 232-246.
- Veum, K. S., Sudduth, K. A., Kremer, R. J., and Kitchen, N. 2017. Sensor data fusion for soil health assessment. *Geoderma*, 305: 53-61.
- Veum, K. S., Sudduth, K. A., Kremer, R. J., ve Kitchen, N. R. 2015b. Estimating a soil quality index with VNIR Reflectance Spectroscopy. *Soil Science Society of America Journal*, 79(2): 637-649.
- Wardle, D. A. 1992. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biological Reviews*, 67(3): 321-358.

- Wardle, D. A. 1992. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. *Biological Reviews*, 67(3): 321-358
- White, A., and Miller, S. 2017. Semivariogram and Kriging Methods in soil property estimation. *Geoderma*, 305: 89-102.
- Wienhold, B.J., Karlen, D.L., Andrews, S.S., and Stott, D.E. 2009. Protocol for indicator scoring in the soil management assessment framework (SMAF). *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(4): 260-266.
- Winsor, C. P. (1932). The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 18(1), 1-8.
- Wolman, M., and Leopold, L. 2018. River flood plains: some observations on their formation. U.S. Geological Survey Professional Paper, 282-C: 87-109.
- Wu, J., and Lu, J. 2021. Spatial scale effects of landscape metrics on stream water quality and their seasonal changes. *Water Research*, 191: 116811.
- Wymore, A. Wayne. 1993. *Model-Based Systems Engineering*. CRC Press, Boca Raton.
- Xi, X. 2023. Advancing language assessment with AI and ML—Leaning into AI is Inevitable, but Can Theory Keep Up? *Journal of Language Assessment*, 25(4).
- Xiao, L., Zhao, M., Liu, G., Li, P., Liu, F., and Xue, S. 2022. Soil biochemical index-based assessment of the effect of drought stress on the rhizosphere soil quality in three typical grass species in the Loess Plateau, China. *Journal of Soils and Sediments*, 22: 1440-1454.
- Xie, X., Hu, W., Fan, X., Chen, H., and Tang, M. 2019. Interactions between phosphorus, zinc, and iron homeostasis in nonmycorrhizal and mycorrhizal plants. *Frontiers in Plant Science*, 10: 460637.
- Yadav, M. B. N., Patil, P. L., and Hebbara, M. 2023. Comparative Studies on Soil Quality Index Estimation of a Hilly-Zone Sub-Watershed in Karnataka. *Sustainability*, 15(24): 16576.
- Yakowitz, D. S., Stone, J. J., Lane, L. J., Heilman, P., Masterson, J., Abolt, J., and Imam, B. 1993. A decision support system for evaluating the effects of alternative farm management systems on water quality and economics. *Water Science and Technology*, 28(3-5): 47-54.
- Yang, E., Zhao, X., Qin, W., Jiao, J., Han, J., and Zhang, M. 2023. Temporal impacts of dryland-to-paddy conversion on soil quality in the typical black soil region of China: Establishing the minimum data set. *Catena*, 231: 107303.
- Yang, Y., Wu, J., Zhao, S., Mao, Y., Zhang, J., Pan, X., He, F., and van der Ploeg, M. 2021. Impact of long-term sub-soiling tillage on soil porosity and soil physical properties in the soil profile. *Land Degradation & Development*, 32(10): 2892-2905.
- Yelboğa, M. N. M., Sayin, C., ve Eryiğit, F. D. 2018. Türkiye'de turuncgil üretiminde iç ticaret hadleri. *Third Sector Social Economic Review*, 53(3): 881-896.
- Yoshimura, M., Maezuka, K., and Toma, Y. 2023. Using surface soil layer depth for determining soil quality index for evaluating productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Hokkaido, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 69(5-6): 315-

326.

- Yu, P., Liu, S., Zhang, L., Li, Q., and Zhou, D. 2018. Selecting the minimum data set and quantitative soil quality indexing of alkaline soils under different land uses in northeastern China. *Science of The Total Environment*, 616-617: 564-571.
- Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., ve Misopolinos, N. 2002. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2): 137-146.
- Zeinivand, H., and Nourmohammadi, F. 2017. Application of partial least squares regression and WetSpa model to determine factors controlling sediment yield in Chardavol watershed, Iran. *Geocarto International*, 32(4): 386-400.
- Zhan, J., He, Y., Zhao, G., Li, Z., Yuan, Q., and Liu, L. 2020. Quantitative evaluation of the spatial variation of surface soil properties in a typical alluvial plain of the lower Yellow River using classical statistics, geostatistics and single fractal and multifractal methods. *Applied Sciences*, 10(17): 5796.

ÖZGEÇMİŞ

BAYRAM ÇAĞDAŞ DEMİREL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2018-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme A.B.D., Antalya
Yüksek Lisans	Çukurova Üniversitesi
2014-2017	Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme A.B.D., Adana
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2005-2010	Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi
2018-Devam Ediyor	Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Antalya
Uzman	Akdeniz Üniversitesi
2016- 2018	Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Antalya
Araştırma Görevlisi	Çukurova Üniversitesi
2014-2017	Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

ESERLER

- 1- Cercioglu, M., Ozlu, E., Gozukara, G., Acar, M., Ucar, G., Demirel, B. C., Houida, S., Bilen, S. 2024. The Application of Organic Manure for Better Soil Health and Higher Crop Production. In Regenerative Agriculture (pp. 118-132). CRC Press.
- 2- Demirel B. Ç., Altunbaş S., Gözükara G., Acar M. 2021. Determinantın Of Soil Quality In Fluvial Lands Affected By Aksu River, ss.90. Eurosoil. 23 - 27 Ağustos, Cenevre, İsviçre.
- 3- Gözükara, G., Demirel, B. Ç., ve Altunbaş, S. 2021. Sayısal renk parametreleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiye toprak horizonlarının etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1), 125-133.
- 4- Altunbaş, S., Demirel, B. Ç., Gözükara, G., ve Erol, S. 2020. Alüviyal Araziler Üzerinde Gelişen Bazı Toprakların Arazi Yetenek Sınıflarının Belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 638-646.
- 5- Altunbaş, S., Gözükara, G., ve Demirel, B. Ç. 2020. Aksu ovasında farklı flüviyal depozitler üzerinde gelişen toprakların özelliklerinin ve dağılımlarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(3), 381-391.
- 6- Şimşek, O., Altunbaş, S., Gözükara, G., ve Demirel, B. Ç. 202. Farklı aluviyal depozitler üzerinde gelişen toprakların pedolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(3), 347-358.
- 7- Şimşek, O., Altunbaş, S., Demirel, B. Ç., ve Gözükara, G. 2020. Alüviyal fizyografyalar üzerinde gelişen farklı topraklarda arazi değerlendirme çalışmaları. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1), 129-135.
- 8- Gözükara G., Demirel B. Ç., Altunbaş S. 2020. Effect of Soil Horizons on the Relationship Between Digital Color Parameters and Soil Properties. 4. International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development. ss.16-18, 10 - 12 Haziran, Ankara.
- 9- Demirel, B. Ç., & ŞENOL, S. 2019. Hızlı büyüme potansiyeline sahip yerleşim alanlarının detaylı toprak etütleri ve arazi değerlendirmeleri: Mustafalar köyü örneği, Adana. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(4), 711-721.
- 10- Demirel, B. Ç., Altunbaş, S. 2016. Havza Yönetimi ve Toprak Etüdleri. 3. Ulusal Tarım Kongresi, ss.73, 5 - 08 Ekim, Afyonkarahisar.
- 11- Demirel B. Ç. 2015. Bütünleşik Havza Yönetimlerinde Toprak Etüdlerinin Önemi. *Tarım Türk*, 56:24-31.
- 12- Dingil, M., Öztekin, M. E., Demirel, B.Ç. 2015. Toprak Serilerinin Tanımlanması. Toprak Etüt ve Haritalama El Kitabı, Şenol, S., Küsek, G., Sarı, M., Kurucu, Y., Editör. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım reformu Genel Müdürlüğü, Ankara, ss.142-180