

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

**YÜKSEKOVA OVASI TOPRAK VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ VE
FONKSİYONUNUN MEKANSAL DAĞILIMI VE HARİTALANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Fatma KÖROĞLU
(203123007)**

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Tez Danışman: Doç. Dr. Mesut BUDAK

II. Danışman: Doç. Dr. Yasemin BEKTAŞ

**Ocak-2024
SİİRT**

TEZ KABUL VE ONAYI

FATMA KÖROĞLU tarafından hazırlanan “Yüksekova Ovası Toprak Verimlilik Göstergeleri ve Fonksiyonunun Mekansal Dağılımı ve Haritalanması” adlı tez çalışması 25/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Füsun GÜLSER

Danışman

Doç. Dr. Mesut BUDAK

Üye

Doç. Dr. Behçet İNAL

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Harun BEKTAŞ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 119O947 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Fatma KÖROĞLU
SİİRT-2024



ÖN SÖZ

Farklı arazi kullanımlarının bulunduğu Yüksekova ovasındaki arazilerde yürüttüğüm Tez çalışmamın tüm aşamalarında benden hiçbir desteğini esirgemeyen birikimleri, tecrübeleri, insani ve ahlaki değerleriyle daima faydalandığım ve örnek aldığım çok değerli Danışman hocam Doç. Dr. Mesut BUDAK ve Eş Danışman hocam Doç. Dr. Yasemin BEKTAŞ'a teşekkür ederim.

Oldukça yoğun arazi ve laboratuvar çalışmaları gerektiren bu tez çalışması 119O947 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında yürütülmüş olup desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Proje kapsamında yürütülen arazi çalışmalarında desteklerini sunan Prof. Dr. Hikmet GÜNAL, Prof. Dr. İsmail ÇELİK, Dr. Öğretim Üyesi Mesut SIRRI, Dr. Öğretim Üyesi Nurullah ACİR, Ziraat Mühendisi Ömer TAŞ ve Ziraat Mühendisi Barış DİRİ'ye teşekkürü borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Nazlı ÖZKURT, Ziraat Yüksek Mühendisi Şeriban YILDIRIM , Nurşen ÖZTÜRK ve Fatma ULUDAĞ'a

Ayrıca yaşadığım zorlukları aşmamda maddi, manevi desteklerini esirgemeyen benim en değerlilerim Annem Hacire KÖROĞLU, Babam Şefik KÖROĞLU ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

Fatma KÖROĞLU
SİİRT-2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Toprakların Üretkenlik Fonksiyonu (Toprak Kalitesi)	4
2.2. Toprak Kalitesi Değerlendirme Yöntemleri	5
2.2.1. Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılacak göstergelerin seçimi .	6
2.2.2. Toprak kalite göstergelerinin skorlanması.....	6
2.2.3. Toprak kalite indeksinin belirlenmesi.....	8
2.3. Toprak Kalite İndeks ve Gösterge Skolarının Jeostatistiksel Yöntemler ile Haritalanması	8
3. MATERYAL VE METOT.....	10
3.1. Çalışma Alanı	10
3.1.1. Çalışma alanının iklimi	11
3.1.2. Bitki örtüsü ve arazi kullanımı.....	11
3.2. Toprak Örneklemeleri ve Arazi Ölçümleri	11
3.3. Toprak Analiz Yöntemleri	12
3.4. İstatistiksel Analizler	12
3.5. Yüksekova Ovası Topraklarının Toprak Kalite İndeksinin Belirlenmesi	13
3.6. Toprak Kalitesi Göstergelerine Ait Skorların ve Toprak Kalite İndeksinin Haritalanması	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	16
4.1.Tanımlayıcı İstatistikler	16
3.2. Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirmesinde Kullanılan Toprak Özellikleri ve Yersel Değişim Haritaları	19
3.3. Yüksekova Ovasında Bulunan Arazilerin Toprak Kalite İndeksi ve Yersel Değişimleri.....	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
6. KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	48

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Toprak analiz yöntemleri	122
Tablo 3.2. MVS'lerine dahil edilen göstergelerin skorlanması için belirlenen eşik değerler.....	14
Tablo 3.3. Toprak kalite indeks sınıflaması	15
Tablo 4.1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	177
Tablo 4.2. Fiziksel toprak özelliklerinin ait skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri	20
Tablo 4.3. Kimyasal toprak özelliklerinin ait skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri	26
Tablo 4.4. Biyolojik toprak özelliklerinin ait skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri	31
Tablo 4.5. Toprak kalite indeksine ait tanımlayıcı istatistik verileri.....	33
Tablo 4.6. Toprak Kalitesi İndeks değerlerinin çalışma alanındaki dağılım oranları	33

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Doğrusal olmayan skorlama eğrileri. a.) daha fazla daha iyidir (TOC), b.) “daha az daha iyidir” (SAR) c.) “orta nokta daha iyidir” (Su Dolu Gözenek Hacmi) eğrileri	7
Şekil 3.1.Çalışma alanı	100
Şekil 3.2.Toprak örnekleme deseni	121
Şekil 4.1. Kil skorlarına ait yersel değişim haritası	21
Şekil 4.2. Hacim ağırlığı skorlarına ait yersel değişim haritası	23
Şekil 4.3. Organik madde skorlarına ait yersel değişim haritası	24
Şekil 4.4. pH skorlarına ait yersel değişim haritası	25
Şekil 4.5. EC skorlarına ait yersel değişim haritası	27
Şekil 4.6. Kireç içeriği skorlarına ait yersel değişim haritası	28
Şekil 4.7. Alınabilir P skorlarına ait yersel değişim haritası	29
Şekil 4.8. Ekstrakte Edilebilir K skorlarına ait yersel değişim haritası	30
Şekil 4.9. Betaglikosidaz enzim aktivitesi skorlarına ait yersel değişim haritası	31
Şekil 4.10. Üreaz enzim aktivitesi skorlarına ait yersel değişim haritası	32
Şekil 4.11. Toprak Kalite İndeks değerlerine ait yersel değişim haritası	35

KISALTMALAR VE SİMGELERLİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
TKİ	: Toprak Kalitesi
Ha	: Hacim Ağırlığı
pH	: Toprak Reaksiyonu
EC	: Elektiriksel İletkenlik
Üreaz	: Üreaz enzim aktivitesi
BGEA	: Betaglikosidaz enzim aktivitesi
VK	: Varyasyon Katsayısı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÜKSEKOVA OVASI TOPRAK VERİMLİLİK GÖSTERGELERİ VE FONKSİYONUNUN MEKANSAL DAĞILIMI VE HARİTALANMASI

Fatma KÖROĞLU

**Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı**

Danışman : Doç. Dr. Mesut BUDAK

II. Danışman : Doç. Dr. Yasemin BEKTAŞ

2024, 48+IX Sayfa

Toprakların fonksiyonlarını yerine getirmesi, çeşitli ekosistem hizmetlerinin sağlanması için kritik önem taşır. Bu nedenle, hassas bir ekosistem bileşeni olan toprakların fonksiyonel kapasitesinin belirlenmesi ve izlenmesi son derece önemlidir. Arazi kullanımı değişikliğinin etkilediği toprak özelliklerinin zaman içindeki değişimi, toprak kalitesinin bozulmasına ve bunun ekosistem işleyişi üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indiren stratejilerin geliştirilmesi için gereklidir. Bu çalışmada, Hakkari'nin Yüksekova ilçesinde bulunan ve bölgenin en önemli alt ekosistemlerinden biri olan Yüksekova Ovası'nda arazi kullanım değişiminin toprakların verimlilik fonksiyonuna olan etkisi araştırılmıştır. Yaklaşık 17,500 hektarlık alandan 800 x 800 metre kare gridlerin köşesinden olmak üzere toplam 232 ayrı noktada 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin tekstür bileşenleri (kil, kum ve silt içeriği), hacim ağırlığı, kireç içeriği, elektriksel iletkenlik (EC), toprak reaksiyonu (pH), organik madde (OM), yarıyışlı fosfor, ekstrakte edilebilir potasyum, betaglukozidaz enzim aktivitesi (BGEA) ve üreaz enzim aktivitesi analizleri yapılmıştır. Veriler doğrusal skorlama yöntemi ile optimize edilmiş ve Yüksekova Ovası'nın toprak kalite indeksi (TKİ) hesaplanmıştır. TKİ ve her bir göstergeye ait skorların ovadaki dağılımları coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla haritalanmıştır. Bulgular, TKİ değerleri 0,53 (düşük kalite) ile 0,91 (çok yüksek kalite) arasında değişmekte ve ortalama 0,74 (yüksek kalite) olduğunu göstermiştir. TKİ değerlerinin ovadaki dağılımı, arazilerin %0,48'inin düşük, %27,8'inin orta, %66,34'ünün yüksek ve geri kalan %5,6'sının ise çok yüksek toprak kalite indeksine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı, haritalama, jeostatistik, toprak kalitesi skorlama, toprak verimlilik fonksiyon indeksi

ABSTRACT

MS THESIS

Fatma KÖROĞLU

SPATIAL DITRIBUTION AND MAPPING OF YÜKSEKOVA PLAIN SOIL FERTILITY INDICATORS AND FUNCTION

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mesut BUDAK

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Yasemin BEKTAŞ

2024, 48+IX Pages

The functioning of soils is crucial for providing various ecosystem services. Therefore, it is highly important to determine and monitor the functioning capacity of soils, which are a sensitive component of ecosystems. Understanding the changes in soil properties over time due to land use change is necessary for developing strategies that minimize soil quality degradation and its adverse effects on ecosystem functioning. In this study, the impact of land use change on soil productivity in the Yüksekova Plain, one of the most important sub-ecosystems in Hakkari province, was investigated. Soil samples were collected from 232 different points from the corners of 800 x 800 meters grids at depths of 0-20 cm, covering an area of approximately 17,500 hectares. Soil texture components (clay, sand, and silt content), bulk density, lime content, electrical conductivity (EC), soil reaction (pH), organic matter (OM), available phosphorus, extractable potassium, beta-glucosidase enzyme activity (BGEA), and urease enzyme activity were analysed. The data were optimized using linear scoring method to calculate the Soil Quality Index (SQI) of the Yüksekova Plain. The distribution of SQI and scores for each indicator in the plain were mapped using Geographic Information Systems (GIS). The findings revealed that SQI values ranged from 0,53 (low quality) to 0,91 (very high quality), with an average of 0,74 (high quality). The distribution of SQI values in the plain demonstrated that 0,48% of the plain had low, 27,58% had moderate, 66,34% had high, and the remaining 5,6% had very high soil quality index.

Keywords: Geoistatistical, land use, mapping, scoring, soil fertility function index, soil quality,

1. GİRİŞ

Toprak, insanoğlunun yaşamsal faaliyetlerini yerine getirebilmek için son derece değerli bir doğal kaynaktır. Ancak bu doğal kaynağın sınırlı ve yenilenmesi oldukça uzun zaman almaktadır. Toprakları korumak, sürdürülebilirliğini ve desteklediği ekosistem servislerinin sekteye uğramamasını sağlamak için doğru arazi yönetim sistemlerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Topraklar, sadece tarımsal üretim için bir yetiştirme ortamı materyali olmayıp, enerji, karbon ve besinlerin çevresel döngüsüne, su düzenlemesine, iklim düzenlemesine, hastalıkların bastırılmasına, kirleticilerin arıtılmasına ve yer altı/yer üstü biyolojik çeşitliliğin sağlanmasına önemli katkılar sunmaktadır (Van Leeuwen ve ark., 2019). Bu nedenle sınırlı olan ve yenilenmesi oldukça zaman alan bu doğal kaynağı ve onun üretkenlik kapasitesini korumak için öncelikle toprağın içinde meydana gelen toprağın koşullarının bilinmesi gerekmektedir. Son 30 yıldır toprakların üretkenlik fonksiyonunu araştıran araştırmacılar, toprakların üretkenlik fonksiyonu düzeyinin ortaya konulması ve değerlendirilmesi için “Toprak Kalitesi” kavramını ön plana çıkarmışlardır. Zira toprağın kalitesi veya bir diğer ifade ile üretkenlik kapasitesi, gıda güvenliği, insan sağlığı ve ekolojik çevrenin sürdürülebilir gelişimi için çok önemli bir özelliktir. Genel anlamda toprak kalitesi; toprağın biyolojik üretim yeteneği (toprak verimliliği); toprağın çevresel kirletici maddeleri ve mikropları temizleme yeteneği (çevresel kalite); toprağın flora, fauna ve insan sağlığını etkileme kabiliyeti (biyolojik sağlık) (Karlen ve ark., 1997) şeklinde üç bileşenden oluşmaktadır. Bu bağlamda Karlen ve ark. (1997) toprak kalitesini, “toprağın, doğal veya yönetilen karasal ekosistem sınırları içerisinde, canlıların (bitki ve hayvan) üretkenliğini sürdürmek, su ve hava kalitesini korumak/geliştirmek ve insan sağlığını ve yerleşimini desteklemek için fonksiyonları yerine getirme kapasitesi olarak” tanımlamışlardır. Dolayısı ile toprak kalitesinin sağlıklı olduğunun en önemli belirtisi, sahip olduğu fonksiyonlarının kapasitesini en üst düzeyde yerine getiriyor olmasıdır.

İnsan, bitki ve hayvan sağlığı (sağlıklı topraklar, sağlıklı ortamlar) ve hava ve su kalitesi (su depolama ve sızma, karbon tutma, sera gazlarının azaltılması vb.) ile ilgili hususlar, toprak kalitesinin tarımsal üretkenliğin çok ötesine geçtiğini açıkça ortaya koymaktadır. Yüksek verimli tarım toprakları, her zaman sağlıklı topraklar olacakları veya bu verimliliğin sürdürülebilir olacağı anlamına gelmemektedir (Larson ve Pierce, 1991). Uzun vadede sürdürülemez bir durum olan toprağın yüksek verimliliği, iklim

değişikliği, yoğun işleme, aşırı ve bilinçsiz sulama, aşırı gübre ve pestisit kullanımına bağlı olarak zaman içerisinde azalabilir ve hatta tamamen yitirilebilir.

Arazi kullanımında zaman içerisinde meydana gelen değişimler ve arazi kullanımına bağlı olarak bitki örtüsündeki değişimler, karasal ekosistemin büyük bir bölümünü dönüştürerek, toprakların fonksiyon görme kapasitesini doğrudan etkilemektedir (Foley ve ark., 2005; Hernandez ve ark., 2016). Bu değişimler, insan gelişiminin farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde meydana gelen doğal peyzajlar üzerindeki baskısının temsili bir sonucudur. Arazi kullanımındaki değişim süreçlerinin türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak, ekosistemler farklı yapıları, işlevleri ve dinamikleri yansıtarak, bitki örtüsü, toprak ve besin ögeleri arasında yeni ve karmaşık etkileşimler yaratır (Hernandez ve ark., 2016). Ayrıca, arazi kullanımındaki değişim süreçleri, toprak özelliklerinde (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) ve toprak canlılarının yoğunluğu ve çeşitliliğinde de değişime neden olabilmektedir. Bu durum toprağın verimliliğinde önemli bir azalmaya yol açabilmektedir. Bu nedenle, arazi kullanımı değişikliği ile değişen toprak özelliklerinin izlenmesi, toprak kalitesinin bozulmasını ve bunun ekosistem işleyişi üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indiren stratejilerin belirlenmesi için çok önemlidir (Zornoza ve ark, 2015., Cherubin ve ark., 2016; Fu ve ark., 2016). Toprakların fonksiyonlarını yerine getirme kapasitesi gıda üretimi yansısı, iklim değişimindeki olası etkilerin azaltılması ve diğer ekosistem hizmetlerinin yerine getirilebilmesi için hayati öneme sahiptir. Ancak artan gıda ve lif gereksinimini karşılamak amacı ile tarımsal üretim amaçlı arazi kullanımının yoğunlaşması, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir bir şekilde sağlanmasında, tarımsal ekosistemlerin etkinliğini de arttırmaktadır. Dünyanın birçok coğrafyasında olduğu gibi ülkemizde de tarımsal alanların oluşturulması için ormanlık alanlar, meralar ve çok nadir bulunan sulak alanların vasfı değiştirilerek tarım arazilerine dönüştürülmektedir. Nitekim Hakkâri ilinin Yüksekova ilçesinde yaklaşık 2000 m rakıma sahip Yüksekova ovasında bulunan sulak alanların vasfı değiştirilmiş ve tarım arazilerine dönüştürülmüştür. Bu durum toprakların fonksiyonlarını ve sağladığı ekosistem hizmetlerini kaybetme noktasına getirmiştir. Dolayısı ile bu çalışmada; farklı arazi kullanımlarının yer aldığı Yüksekova ovasında arazi vasfının değiştirilmesi sonucunda toprak kalitesi/sağılındaki değişimlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Tez kapsamında bu amaca ulaşmak için değerlendirmeye alınan bazı fiziksel, kimyasal ve biyo-kimyasal toprak özelliklerine ait veriler birimsiz skorlara dönüştürülmüş ve bir indeks içerisinde birleştirilip toprak kalite indeksi belirlenmiştir. Elde edilen toprak kalite indekslerinin ova genelinde yersel

değişimleri belirlenmiş ve farklı arazi kullanımları altındaki arazilerin değişimlere nasıl tepki verdiği tespit edilmiştir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Toprakların Üretkenlik Fonksiyonu (Toprak Kalitesi)

Toprak, iklimsel değişimlerden ve antropojenik faktörlerden en fazla etkilenen doğal varlıkların başında gelmektedir. Özellikle arazi yönetim sistemlerinde meydana gelen farklılıklar, değişimlere karşı oldukça duyarlı olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini etkileyerek toprağın sahip olduğu fonksiyonlarının üretkenlik kapasitelerini bir diğer ifade ile toprak kalitesini önemli derecede etkilemektedir (Zhang ve ark., 2016). Bugüne kadar toprak kalitesi ile ilgili çalışmalar önemli bir ivme kazanmış olup özellikle son zamanlarda yaşanan koronavirüs salgını (Covid-19) ile beraber sağlıklı yaşam için toprak sağlığı (toprak kalitesi) daha fazla önem kazanmıştır. Zira son 20 yıldır toprak kalitesi konusu yaygın olarak tartışılan ve yapılan araştırmalar ile sürekli olarak gelişen bir araştırma konusu olmuştur (Budak ve ark., 2023). İlk olarak 1971 yılında Mausel 1971 tarafından “Toprak Kalitesi” “toprakların üst düzey yönetim koşulları altında mısır, soya fasulyesi ve buğday verebilme yeteneği” olarak tanımlanmıştır. Daha sonraları birçok ekosistem hizmetini (gıda ve lif üretimi, kirleticilerin arıtılması, suyun temizlenmesi, atıkların geri dönüşümü, erozyonun kontrolü, karbon depolama vb.) sağlamasına olan katkısı nedeniyle Warkentin ve Fletcher (1977) tarafından toprak kalitesi kavramının geliştirilmesi gerektiği ifade etmişlerdir. Nitekim ilk çalışmalarda, toprağın tarımsal ve/veya endüstriyel kullanımıyla ilgili temel “kullanıma uygunluk” fikri, toprak kalitesi tanımına temel oluşturmuştur. Carter ve ark., (1997) toprak kalitesinin genetik ve dinamik toprak kalitesi olarak iki farklı şekilde dikkate alınması gerektiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar **genetik kalitenin** toprağı oluşturan faktörlerin etkisi altında şekillendiğinden arazinin doğal kalitesi olduğunu, **dinamik toprak kalitesini** ise arazi kullanım uygulamalarından kaynaklanan ve bu uygulamalardan etkilendiğinden değişken toprak kalitesi olduğunu rapor etmişlerdir. Dolayısı ile son 50 yıllık süreçte farklı araştırmacılar toprak kalitesi kavramı ile ilgili olarak farklı tanımlar yapmış ve zamanla yeni ilaveler yaparak, toprak kalitesi tanımının gelişmesine katkı sunmuşlardır. Ancak toprak kalitesi ile ilgili en büyük katkıyı Karlen ve ark., (1997) yapmışlardır. Araştırmacılar, toprağın canlı ve dinamik yapısını göz önünde bulundurarak toprak kalitesini "toprağın fonksiyonlarını yerine getirme kapasitesi" olarak tanımlamışlardır. Bu tanımdan sonra Bouma ve ark., (2017) toprak kalitesi tanımını “bir toprağın biyokütle üretimi de dahil olmak üzere ekosistem hizmetlerine katkıda bulunma kapasitesi” olarak geliştirmişlerdir. Böylece

toprak kalitesi sadece tarımsal üretim açısından değerlendirilmemiş ve toprak kalitesi tanımını sağladığı ekosistem hizmetleri de göz önünde bulundurularak dikkate alınmıştır. Toprak kalitesinin yanı sıra toprak sağlığı kavramı da son yıllarda toprak biliminin bilimsel literatüründe yer almıştır. Bu nedenle birçok çalışmada toprakların üretkenlik kapasitelerinin anlaşılması ve odak noktası haline getirilmesi için toprak kalitesi kavramı yerine toprak sağlığı kavramını ön plana çıkarılmıştır (Rinot ve ark., 2019; Kooch ve ark., 2022).

Sağlıklı bir toprak, bir taraftan hava ve su kalitesini korurken öte yandan tüm canlıların sağlığını destekleyen uygun fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerine sahip olmalıdır. Toprakların üretkenlik kapasitelerinin sürekliliğini sağlamak ve sağlıklı/kaliteli bir toprak oluşumu açısından, toprakta gerçekleşen süreçleri ve toprağın sahip olduğu koşulların bilinmesi oldukça önemlidir (Marzaioli ve ark., 2010).

Günümüze kadar toprak kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda tekstür bileşenleri (kil, kum ve silt içeriği), hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi, havalanma, sıkışma, ve agregat durumu gibi fiziksel özellikler (Acir, 2014; Adetunji ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018; Yang ve ark., 2020; Alboz ve ark., 2021), toprak reaksiyonu (pH), elektiriksel iletkenlik (EC), toplam organik karbon, organik madde, toplam azot miktarı, bitki besin elementleri ve katyon değişim kapasitesi gibi kimyasal özellikler (Doran ve Parkin, 1994; Andrews ve ark., 2004; Askari ve Holden, 2015a; Cherubin ve ark., 2016; Yang ve ark., 2020; Ghorai ve ark., 2023) ile mikrobiyal karbon, enzim aktiviteleri gibi biyolojik özellikler göz önünde bulundurulmuştur (Doran ve Parkin, 1994; Riches ve ark., 2013; Paz-Ferreiro ve ark., 2016; Nunes ve ark., 2020; Yang ve ark., 2020; Budak ve ark., 2023; Ghorai ve ark., 2023). Toprak kalitesi göstergeleri, toprak ortamındaki değişikliklere ve bozulmalara karşı duyarlı olmalı ve ölçülmesi ve yorumlanması kolay olmalıdır (Gil-Sotres ve ark., 2005).

2.2. Toprak Kalitesi Değerlendirme Yöntemleri

Toprak kalitesi değerlendirmeleri günümüze kadar 4 farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk toprak kalitesi çalışmalarını yürüten araştırmacılar tarafından toprak kalitesini 3 aşamada tamamlarken (Andrews ve ark., 2002; Govaerts ve ark., 2006), sonradan toprak kalitesini daha sağlıklı bir şekilde değerlendirmek için toprak kalitesi indeksini belirlemek için kullanılan parametrelere PCA(Temel bileşen Analizi) ve AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) ile ağırlıklar verilerek her bir parametrenin toprak

kalitesine olan etkisi ayrı ayrı değerlendirilmeye alınmıştır (Mukherjee ve Lal, 2014; Negaresh ve ark., 2016; Budak ve ark., 2018; Wu ve ark., 2019). Zira daha önceki çalışmalarda tüm parametrelerin toprak kalitesine olan etkileri eşit olarak kabul edilmiştir (Andrews ve ark., 2002; Govaerts ve ark., 2006). Ancak son gelişmeler ile beraber toprak kalitesi değerlendirmeleri 4 aşamada yapılamaya başlanmıştır (Andrews ve ark., 2002; Govaerts ve ark., 2006; Budak ve ark., 2018; Wu ve ark., 2019). Bu aşamalar 1. Toprak sağlığı ile ilişkili fiziksel kimyasal ve biyo-kimyasal göstergelerden oluşan minimum veri setlerinin oluşturulması (indikatör seçimi), 2. Minimum veri setlerine dahil edilen göstergelerin birimsiz skorlara dönüştürülmesi, 3. Skorlanan göstergelerin ağırlıklandırılması ve 4. ağırlıklandırılmış gösterge skorlarının bir indeks içerisinde birleştirilmesi şeklindedir.

2.2.1. Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılacak göstergelerin seçimi

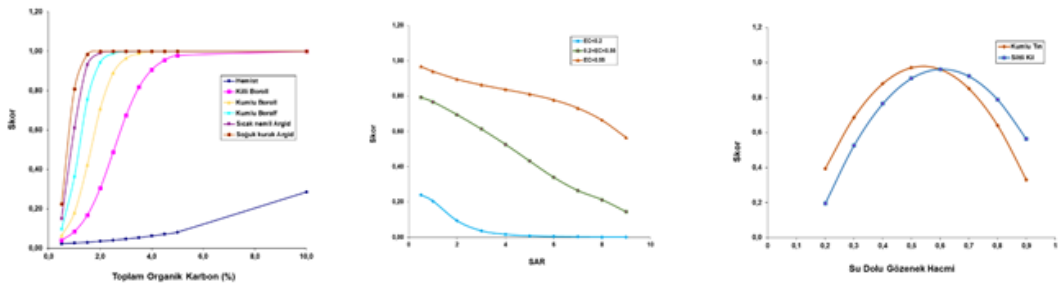
Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılacak göstergelerin seçiminde günümüze kadar birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Özellikle de son zamanlarda yapılan birçok bilimsel çalışmada toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılacak göstergelerin seçiminde uzman görüşleri yanısıra farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak minimum veri setlerinin (MVS) kullanılması ön plana çıkmıştır. Ancak MVS'leri belirlenirken veri setlerinin toprak kalitesinin durumunu açıklayacak en az sayıdaki toprak özelliklerinden oluşması gerektiği rapor edilmiştir (Andrews ve ark., 2004; Shukla ve ark., 2006; Imaz ve ark., 2010; Acir, 2014; Budak ve ark., 2018; Rinot ve ark., 2019). Shukla ve ark., (2006) minimum veri setine dahil edilen göstergelerin toprak yönetim uygulamalarına oldukça hassas olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinden seçilmesi gerektiği bildirmişlerdir. Zira her alanda aynı veri setini kullanmak yerine her bölgedeki arazi kullanımlarına ve iklimsel faktörlere bağlı olarak toprak fonksiyonlarının özelliklerini en iyi şekilde yansıtacak veri setlerinin hazırlanması gerektiği birçok çalışmada rapor edilmiştir (Shukla ve ark., 2006; Lima ve ark., 2013; Budak ve ark., 2018; Yu ve ark., 2018; Rinot ve ark., 2019; Budak ve ark., 2023).

2.2.2. Toprak kalite göstergelerinin skorlanması

Toprak kalitesinin belirlenmesinde günümüzde doğrusal ve doğrusal olmayan skorlama yöntemleri kullanılmaktadır (Mukherjee ve Lal, 2014; Askari ve ark., 2015a; Cherubin ve ark., 2016; Guo ve ark., 2017; Alaboz ve ark., 2021; Bandyopadhyay ve

ark., 2021; Karaca ve ark., 2021; Mahajan ve ark., 2021). Doğrusal yöntemler basit, kullanıcı dostu ve gösterge eşikleri hakkında çok az bilgi gerektirse de (Sharma ve ark.,2014; Cherubin ve ark., 2016), doğrusal olmayan skorlama yöntemi iklim, yetiştirilecek ürün bilgisi, ana materyal, toprak tesktürü vb. bazı özellikleri ve toprak fonksiyonları dikkate almaktadır. Zira doğrusal olmayan skorlama yönteminde eğriler, literatür bilgilerinin ve uzmanların tecrübelerinin birleşimine dayalı olarak belirlenmekte (Andrews ve ark., 2004) ve parametreleri daha iyi temsil eden anlamlı skorlar atayabilmektedir (Cherubin ve ark., 2016). Ancak son zamanlarda iklim, arazi kullanım şekli ve bazı toprak özellikleri dikkate (ana materyal, organik madde vb.) alınarak her bir parametre için anlamlı eşik değerler oluşturulduğundan doğrusal skorlama yönteminin kullanımı birçok araştırmacı tarafından tercih edilmiştir (Askari ve ark., 2015a; Cherubin ve ark., 2016; Guo ve ark., 2017; Budak ve ark., 2018; Nabiollahi ve ark., 2018).

Her iki skorlama yönteminde de parametreler 0 (en kötü) ile 1 (en iyi) veya 0 ile 100 arasında değerler almaktadır (Andrews ve ark.,2004). Doğrusal skorlama yöntemlerinde farklı eşik değerler kullanılsa da her iki değerlendirme yönteminde de “daha fazla daha iyidir”, “daha az daha iyidir” ve “orta nokta daha iyidir” yaklaşımları kullanılmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Doğrusal olmayan skorlama eğrileri. a.) daha fazla daha iyidir (TOC), b.) “daha az daha iyidir” (SAR) c.) “orta nokta daha iyidir” (Su Dolu Gözenek Hacmi) eğrileri

Doğrusal skorlama yönteminde “Daha fazla daha iyidir” göstergeleri için, her bir göstergenin değeri veri setinde hesaplanan en yüksek değere bölünmektedir. Böylece en yüksek değer 1 skorunu almaktadır. "Daha az daha iyidir" göstegeleri için, en düşük değerin 1 skorunu alması için veri setinden hesaplanan en küçük değer her bir göstergenin hesaplanan değerine bölünerek elde edilmektedir. “Orta nokta daha iyidir” parametreleri için, belirlenen optimum aralık 1.0 skorunu alırken bu aralığın üzerindeki değerler “daha az daha iyi” altındaki değerler ise “daha fazla daha iyidir” şeklinde skorlanmaktadır (Liebig ve ark., 2001). Birçok araştırmacı toprak kalitesinin

değerlendirilmesi için indikatör skorlama adımında doğrusal skorlama yöntemini tercih etmiştir (Mukherjee ve Lal, 2014; Budak ve ark., 2018; Bandyopadhyay ve ark., 2021 Mahajan ve ark., 2021).

2.2.3. Toprak kalite indeksinin belirlenmesi

Toprak kalite değerlendirmesinin son aşaması olan TKİ, veri setindeki tüm parametrelere ait skorların bir indeks içerisinde birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Farklı iklim, ana materyal, bitki örtüsü ve topoğrafya koşulları altında oluşmuş topraklarda çalışan araştırmacılar çeşitli yönetim hedeflerine bağlı olarak TKİ belirlenmesinde farklı yaklaşımlar geliştirmiş ve uygulamışlardır (Qi ve ark., 2009; Karlen ve ark., 2013; Mukherjee ve Lal, 2014; Cherubin ve ark., 2016; Raiesi ve Kabiri, 2016; Budak ve ark., 2018; Yu ve ark., 2018b; Mahajan ve ark., 2021). Bunlar, basit eklemeli (Andrews ve ark., 2002; Cherubin ve ark., 2016) ve ağırlıklı ilaveli (Lima ve ark., 2013; Acir, 2014; Mukherjee ve Lal, 2014; Vasu ve ark., 2016; Budak ve ark., 2018; Nabiollahi ve ark., 2018; Dengiz, 2020) olmak üzere iki farklı yaklaşımdır. Toprak kalite indeksinin basit eklemeli yöntemle hesaplanmasında eşitlik 1, ağırlıklı eklemeli yöntemle hesaplanmasında ise eşitlik 2 kullanılmaktadır;

$$TKI_{BE} = \sum_{i=1}^n \frac{Si}{n} \dots \dots \dots (1)$$

$$TKI_{AE} = \sum_{i=1}^n WiSi \dots \dots \dots (2)$$

Burada; Si: toprak özelliğine ait skor, n: İndekste yer alan toprak özelliği sayısı, Wi: toprak özelliğine ait ağırlıklı skordur.

Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılan en kolay yöntem, toprak özelliklerine ait skorların toplanması ve toplam toprak özelliği sayısına bölünmesi ile elde edilen basit eklemeli yöntemdir (Andrews ve ark., 2004; Karlen ve ark., 2013; Mukherjee ve Lal, 2014).

2.3. Toprak Kalite İndeks ve Gösterge Skolarının Jeostatistiksel Yöntemler ile Haritalanması

Toprak kalitesini ve üretkenlik seviyesini iyileştirmenin en önemli yolu toprak bozulmasının önüne geçmektir. Bunu gerçekleştirmek için, toprak özelliklerinin yeterince anlaşılması ve buna göre sürdürülebilir toprak yönetiminin benimsenmesi

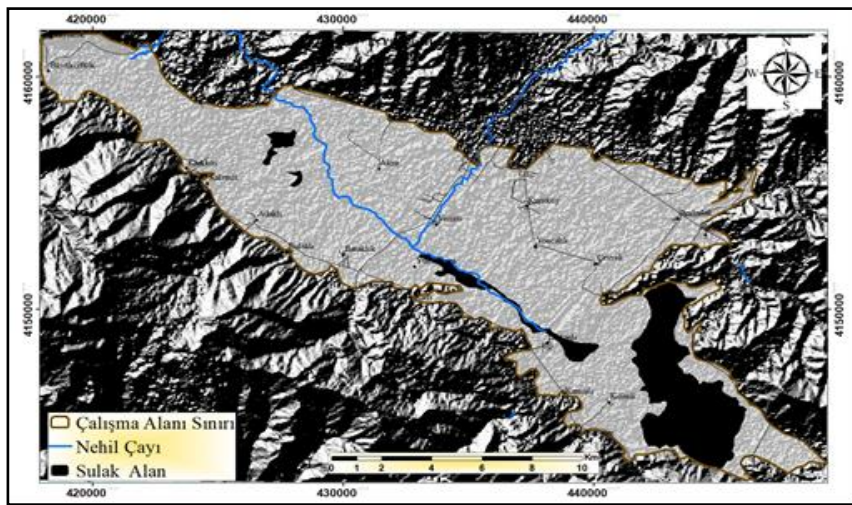
gerekir (Metwally ve ark., 2019). Zira toprak oluşum faktörleri (ana materyal, iklim, topoğrafya ve zaman gibi genetik faktörlerin yanı sıra toprak yönetim sistemleri (sulama, gübreleme, toprak işleme ve hasat) gibi uygulamaların etkileri toprakların farklılaşmasına neden olmaktadır. Genetik veya insan kaynaklı faktörler toprak özelliklerinin çok kısa mesafelerden (mm veya cm gibi) çok uzun mesafelere (km gibi) kadar yersel değişim göstermelerine yol açmaktadır (Webster ve Oliver, 2007). Özellikle de işlemeli tarım yapılan arazilerde fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin kısa mesafelerde yersel değişim göstermesi, tarla ölçeğinde dahi bitkisel üretimin arazi içerisinde önemli düzeyde farklılaşmasına neden olmaktadır (Cambardella ve ark., 1994; Vasu ve ark., 2017). Bu nedenle, toprak verimliliği açısından önemli olan toprak özelliklerinin yersel değişkenliği hakkında elde edilen bilgiler, toprakta optimum besin içeriğinin korunması ve diğer önemli tarımsal uygulamaların idaresi için oldukça önemlidir ve arazi sahiplerine oldukça faydalı bilgiler sağlamaktadır (Mali ve ark., 2016). Metwally ve ark., (2019) arazilerin homojen olarak kabul edilmesi ve buna göre girdilerin (özellikle gübreleme) kullanılması durumunda yüksek besin içerikli alanlarda fazla gübreleme veya düşük besin içerikli alanlarda yetersiz gübre kullanmasına neden olduğunu ve bu durumda toprak bozulmasına yol açtığını rapor etmişlerdir.

Toprak özelliklerinin yersel değişimlerini modellemek ve örnekleme mesafeleri ile özellikler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için en çok kullanılan ve doğruluğu ispat edilen yöntem jeostatistiksel yöntemlerdir (Goovaerts, 1998; Webster ve Oliver, 2007; Budak, 2012; Erdem ve ark., 2012; Günal ve ark., 2012; Glendell ve ark., 2014; Cao ve ark., 2017; Denton ve ark., 2017; Sabeti ve ark., 2017 Vasu ve ark., 2017;). Zira jeostatistiksel yöntemler tarım alanı yanı sıra jeoloji, jeofizik ve coğrafya gibi alanlarda toprak özelliklerinin yersel değişimlerini analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak özelliklerinin yersel değişkenliklerinin analiz edilmesi, modellenmesi, semivariogram modeli, örneklenmeyen noktalara ait değerlerin güvenilir bir aralıkta tahmin edilmesinde ise krigleme yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Kalivas ve ark., 2002; Webster ve Oliver, 2007; Budak, 2012; Barik ve ark., 2014; Tripathi ve ark., 2015; Denton ve ark., 2017).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Hakkâri iline bağlı Yüksekova ilçesinde 37°25'49" - 37°36'32" K enlemleri ile 44°04'21" - 44°22'56" D boylamları arasında yer alan Yüksekova ovasıdır. Batısında Cilo dağı, kuzeyde Mor dağı doğusunda İran sınır dağları ve güneyinde ise Cilo dağlarının uzantısı olan Sipiriz sıra dağları arasında kalan ve bir çöküntü ovası olan Yüksekova ovası yaklaşık 22 bin ha'dan oluşmaktadır. Yüksekova ilçe merkezi ve ovanın eğimli yamaç arazilerinde yer alan yerleşim yerleri çalışma alanı dışında tutulmuş ve yaklaşık 17,6 bin ha'lık alanda çalışma yürütülmüştür. Ovanın Kuzeybatı-Kuzeydoğu hattı boyunca ultra bazik kayalar, serpantin, konglomera, kumtaşı, kil taşı, marn, şeyl ve kireçtaşı özellikli jeolojik materyaller yer alırken, Güneybatı-Güneydoğu hattı boyunca ise kireç taşı, kumtaşı ve şeyl, volkano-sedimenter kayaç özellikli materyaller bulunmaktadır (Sançar, 2018). Günümüzde sulak alan olarak özelliğini devam ettiren Nehil sazlığı etrafında yapılan çalışmalar sonucunda silt, balçık, çakıl, iri-ince kırıntılılar ve kil birimlerinden oluşan ana materyaller belirlenmiştir. Şahinoğlu ve Özdemir, 2019). Araştırmacılar sulak alanın kenar ve taban kesimlerinde çok sayıda yataklanmış gıda (yüksek oranda karbon ve hümik asitler içeren, kömür düzeyine ulaşmamış doğal bir organik materyal) olduğunu ve havza içinde turbaların tabanını oluşturduğunu ve bu turba kalınlıklarının 0,5 m ile 12 m arasında değiştiği bildirilmişlerdir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

3.1.1. Çalışma alanının iklimi

Uzun yıllar (1979-2018) ortalama yıllık yağış miktarı 762 mm, ortalama yıllık buharlaşma ise 850 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 6,9 °C olup en düşük ortalama sıcaklık Ocak (-9,3°C) ve en yüksek ortalama sıcaklık Temmuz (21,3 °C) ayında gerçekleşmektedir. Yüksekova'da yaz mevsimi çok kısa ve kış mevsimi ise oldukça uzundur. Son 40 yıllık iklim verilerine göre yıllık ortalama 96 gün yağışlı geçmekte olup bunun 43 gününde kar yağışı görülmektedir. Yaklaşık 1 m'lik kar örtüsünün görüldüğü çalışma alanı ortalama 120 gün kar ile kaplı kalmaktadır (Anonim, 2019).

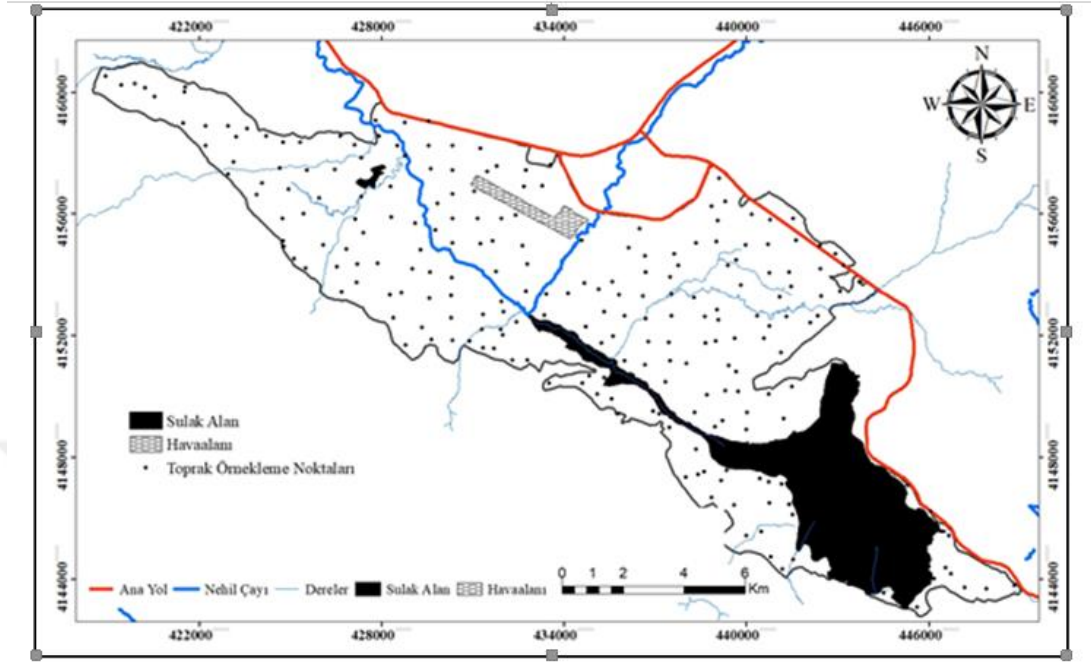
3.1.2. Bitki örtüsü ve arazi kullanımı

Yüksekova ovasındaki arazilerin önemli bir kısmında tarla tarımı yapılmakla beraber büyük çoğunluğu sulak alanların kurumasından sonra oluşan biçenek ve çayır-mera alanlarından oluşmaktadır. Toprak örnekleme noktalarından 130'u çayır/mera ve biçenek alanlarına, geriye kalan 102'si ise ekili alanlara denk gelmiştir. Ekili tarım arazilerine dönüştürülen alanlarda yoğunlukla buğday ve yonca olmak üzere nohut ve fiğ yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çayır-mera olarak kullanılan alanlarda ise çoğunlukla saz çimi (*Calamagrostis pseudophragmites* (Haller) Koeler), çayır itkuyruğu (*Phleum pratense* L.), eres çimi (*Lolium persicum* Boiss. & Hohen.) yumrulu salkım (*Poa bulbosa* L.), sina ayak otu (*Carex* spp), seyrek saz (*Eleocharis* spp.), yonca (*Medicago sativa* L. subsp. *sativa*), ak üçgül (*Trifolium repens* L. var. *repens*), at kuyruğu (*Equisetum arvense* L.), çayır üçgülü (*Trifolium pratense* var. *pratense* L.), dere nanesi (*Mentha longifolia* (L.) subsp. *typhoides* (Briq.) Harley), kırk damar otu (*Plantago lagopus* L.), ibubuk otu (*Bromus danthoniae* Trin. subsp. *Danthoniae*), cilo düğün çiçeği (*Ranunculus arvensis* L.) ve çınarcık (*Ranunculus sericeus* Banks & Sol.) bitkileri bulunmaktadır.

3.2. Toprak Örnekleme ve Arazi Ölçümleri

Çalışma alanında toprak kalitesinin belirlenmesi için koordinatları önceden belirlenmiş olan 800 X 800 m genişliğindeki gridlerin köşe noktalarına en yakın yerden 0-20 cm derinlikten toplam 232 (Şekil 3.2) noktadan bozulmuş ve bozulmamış toprak (4 ayrı noktadan kompoze örnek) toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri amacına göre 2 farklı poşete doldurulmuştur. Bu örneklerden birincisi biyolojik analizler (Beta-Glikosidaz ve Asit Fosfataz) için soğuk zincir şeklinde toplanmış ve

laboratuvara ulaştırılmıştır. İkincisi fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi için alınıp laboratuvara ulaştırılmıştır.



Şekil 3.2. Toprak örnekleme deseni

3.3. Toprak Analiz Yöntemleri

Çalışma alanında alına bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde yapılan analizler ve yöntemleri Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Toprak analiz yöntemleri

No	Analizin Adı	Yöntem ve Kaynak
1	Toprak tekstürü	Hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Bouyocous, 1962).
2	Hacim ağırlığı	Sabit hacimli çelik silindirlerle (100 cm ³) alınmış bozulmamış toprak örneklerinde hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986).
3	Kireç İçeriği	Scheibler kalsimetresi ile karbondioksit çıkış hacmine göre % kireç içeriği belirlenmiştir (Allison ve Moodie 1965).
4	Elektriksel iletkenlik	1:2 oranında sulandırılmış süspansiyonda pH ölçümü yapıldıktan sonra aynı süspansiyonda dijital EC metre ile ölçüm yapılmıştır (Jansen, 1993)
5	Toprak reaksiyonu	
6	Organik madde	Modifiye edilmiş Walkey-Black metoduna göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).
7	Yarayışlı Fosfor	Sodyum bikarbonat yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen ve ark., 1954)
8	Ekstrakte Edilebilir Potasyum	1 N Amonyum Asetat yöntemine göre belirlenmiştir (Thomas, 1982).
9	Beta-Glikosidaz	p-nitrophenol'ün kolorimetrik tahminine göre belirlenmiştir (Tabatabai, 1982).
10	Üreaz enzim Aktivitesi	Amonyumun kolorimetrik tahminine göre belirlenmiştir (Tabatabai, 1994).

3.4. İstatistiksel Analizler

Toprak kalite indeksi için belirlenen fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri doğrusal skorlama yöntemine göre skorlanmıştır. Elde edilen skora ait en

küçük ve en büyük değerler, ortalama değer, standart sapma ve varyasyon katsayısı değeri SPSS 22.0 paket programı kullanılarak istatistiksel hesaplanmaları ile yapılmıştır.

3.5. Yüksekova Ovası Topraklarının Toprak Kalite İndeksinin Belirlenmesi

Analizleri yapılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri öncelikle birimsiz skorlara dönüştürülmüştür. Toprak kalitesi için tanımlanan gösterge ölçümlerini anlamlı kılabilmek için kullanılan yöntemlerin hem toprak fonksiyonlarını hem de ilişkili olduğu ekosistem servislerini yeterince açıklaması gerekmektedir. Son 20 yıldır toprak kalitesinin belirlenmesinde farklı eşik değerlere sahip ve farklı değerlendirme kriterlerini içeren skarlama yöntemleri kullanılmıştır. Örneğin; Norgaard (1994) ekonomide faydalanma fonksiyonlarının tanımlanmalarında, Yakowitz ve ark. (1993) ise karar fonksiyonlarında çok amaçlı karar vermede skarlama yöntemlerini kullanmışlardır. Toprak sağlığının belirlenmesinde ise ilk kez Karlen ve Stott (1994), doğrusal olmayan skarlama eğrilerinin yer aldığı skarlama yöntemini kullanmışlardır. Doğrusal olmayan skarlama eğrileri, göstergenin değişimine etki eden, iklim, toprak, amenajman gibi çok sayıda etmeni dikkate alarak, farklı senaryolar üretmektedir. Bununla birlikte günümüzde sadece sınırlı sayıda göstergenin skarlmasına izin verecek skarlama eğrisi geliştirilebilmiştir (Cherubin ve ark., 2016). Sınırlı sayıda göstergenin kullanımı ile toprağın karmaşık yapısının tanımlanması yeterince mümkün olamamaktadır. Ayrıca, nihai amacı (fonksiyon veya ekosistem hizmeti) veya ürün verimini öngörme kapasitesinin düşük olması nedeni ile doğrusal olmayan skarlama işlemi kullanılmamıştır (Andrews ve ark., 2002). Bu nedenle, bu tez çalışması kapsamında birçok araştırmacı tarafından da tercih edilen doğrusal skarlama yöntemi kullanılarak belirlenen tüm göstergelerin ölçüm değerleri skarlansmıştır (Liebig ve ark., 2001; Mastro ve ark., 2008; Mukherjee ve Lal, 2014; Budak ve ark., 2018; AbdelRahman ve Tahoun, 2019).

Doğrusal skarlama da genellikle “daha fazla daha iyidir”, “daha az daha iyidir” ve “orta nokta daha iyidir” yaklaşımı kullanılmaktadır. Ancak bu yaklaşım bazen önemli hatalara neden olduğundan her bir gösterge için literatür taraması yapılmış ve eşik değerler belirlenmiştir (Tablo 3.2.). Ancak Yüksekova ovası gibi sulak alanların koruması sonucu oluşan arazilerde organik maddenin çok değişken olması ve yer yer % 50'lere çıkması eşik değerlerin kullanılmasını daha anlamlı kılmaktadır. Zira bugüne kadar yapılan çalışmalarının tamamında organik madde için “daha fazla daha iyidir” yaklaşımı kullanılmıştır. Ancak bu durum OM'ye ait skorların hatalı olmasına neden

olacaktır. Nitekim doğrusal skorlama “daha fazla daha iyidir” parametreleri için, her bir göstergenin değeri veri setinde hesaplanan en yüksek değere bölünmektedir ve en yüksek değer 1 skorunu almaktadır. Bu durumda % 50 organik maddeye sahip toprak örneği 1 skorunu alırken % 5 organik maddeye sahip toprak örnekleri 0.1 skorunu alacaktır. Bu nedenle eşik değerlerin kullanılması daha doğru bir skorlama için önemli olacaktır.

Tablo 3. 1. MVS(minimum veri seti)’lerine dahil edilen göstergelerin skorlanması için belirlenen eşik değerler

Toprak Özelliği		Eşik Değerler		Kaynak
Kil %		25-45	Optimum daha iyidir	Armenise ve ark., 2013
AS %		>60	Daha Fazla daha iyidir	Andrews ve ark., 2004
Ha (gr cm ⁻³)	Killi	1,10	Daha az daha iyidir	Andrews ve ark., 2004
	Siltli	1,20		
	Kumlu	1,40		
	>%60 Kil	55 - 65	Optimum daha iyidir	
OM %		>4	Daha Fazla daha iyidir	TÜBİTAK. 2017
pH		5.5 - 7.2	Optimum daha iyidir	Mukherjee ve Lal 2014
EC dS m ⁻¹		0.2 - 0.8	Optimum daha iyidir	Mukherjee ve Lal 2014
Alınabilir P mg kg ⁻¹		10.9 - 21.4	Optimum daha iyidir	Bai ve ark. (2013
Alınabilir K mg kg ⁻¹		141 - 370	Optimum daha iyidir	FAO (1990)
Üreaz mg kg ⁻¹ sa ⁻¹		30	Daha fazla daha iyidir	Ghorai ve ark.. 2023
BGEA mg kg ⁻¹ sa ⁻¹		120	Daha fazla daha iyidir	Alves de Castro Lopes ve ark. (2013)

Doğrusal skorlamada aşağıdaki eşitlikler kullanılarak her bir gösterge ayrı ayrı skorlanmıştır (Eşitlik 3 “daha fazla daha iyidir” ve Eşitlik 4 “daha az daha iyidir”

$$S_L = \left(\frac{x-1}{h-1}\right) \dots \dots \dots 3$$

$$S_L = 1 - \left(\frac{x-1}{h-1}\right) \dots \dots \dots 4$$

Burada; S_L : Linear skor (0-1 arasında), x: gösterge değeri, l: minimum gösterge değeri, h = maksimum gösterge değeri

Çalışmanın **üçüncü adımı** skorların bir indeks içerisinde birleştirme işleminden oluşmaktadır. Bu adımda, **toprak kalitesi indeksi belirlenmiştir**. Fiziksel, kimyasal ve biyo-kimyasal özelliklerin toprak verimlilik fonksiyonu ile olan ilişkileri göz önünde bulundurularak elde edilen skorlar eşitlik 5’in kullanımı ile tek bir indeks değerine dönüştürülmüştür (Askari ve Holden 2014; Cherubin ve ark., 2016).

$$TKİ = \sum_{i=1}^n Si / n \dots\dots\dots 5$$

Burada; TKİ; toprak kalite indeksini; Si; her bir toprak özelliğine ait skoru ve n; Si sayısını ifade etmektedir.

Guino ve ark., (2009), Cornell toprak sağlığı değerlendirmesinde toprak kalitesi indekslerini (TKİ) üretim kapasitesini yerine getirme durumuna göre 5 ayrı sınıfta değerlendirmiştir (Tablo 3.3). Çalışma kapsamında toprak sağlığı indeksi ve gösterge skorları bu sınıflamaya göre haritalanmış ve yorumlanmıştır.

Tablo 2.3. Toprak kalite indeks sınıflaması (Guino ve ark., 2009)

TKİ	<0,40 <%40	0,40 - 0,55 % 40 - %55	0,55 – 0,70 % 55 - %70	0,70 – 0,85 % 70 - %85	>0,85 > %85
Sınıflama	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek

3.6. Toprak Kalitesi Göstergelerine Ait Skorların ve Toprak Kalite İndeksinin Haritalanması

Toprak kalitesinin belirlenmesinde kullanılan her bir toprak özelliğine ait skorların ve toprak kalitesi indeksine (Rinot ve ark., 2019) ait mesafeye bağlı değişimlerinin belirlenmesi, karakterize edilmesi ve haritalanması, alandaki mevcut durumun ortaya konulması, yorumlanması ve uygun amenajman yöntemlerinin geliştirilip sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle toprak fiziksel, kimyasal ve biyo-kimyasal özelliklerine ait skorlar ile bu skorların kullanılması ile elde edilen toprak kalitesi indeksine ait mesafeye bağlı değişkenlikler ArcMap 10.8 paket programının spatial analiz modülü yardımı ile haritalanmıştır (Webster ve Oliver, 2007; Wang ve ark., 2020; Namr ve Bel-Lahbib, 2023).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Tanımlayıcı İstatistikler

Yüksekova ovasının bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri Tablo 4.1’te verilmiştir. Çalışma alanında kil içeriği %7,22 ile %73,9 (Ort. % 41,56), kum içeriği %3,09 ile %70,43 (ort. % 28,14) arasında değişim gösterirken silt içeriği % 10,9 ile %67,17 arasında değişmekte olup ortalama %30,421’dir. Yüksekova ovasında toprak tekstür bileşenleri oldukça değişken bir desen sergilemiştir. Zira veriler arasındaki değişkenliğin bir ifadesi olan % varyasyon katsayısına göre kil ve silt içeriği orta derecede (sırası ile %VK=31,88 ve 24,42) değişkenlik gösterirken kum içeriği yüksek derecede (%VK=52,09) değişkenlik göstermektedir (Wilding ve ark., 1994). Ovada farklı ana materyalin olması yanı sıra Nehil çayı ve birçok derenin zaman zaman taşıdıkları materyali ovaya bırakması tekstür bileşenlerinin değişken olmasına neden olmuştur.

Yarı kurak bir iklime sahip olan Yüksekova ovasının büyük çoğunluğu daha önceleri sulak alan niteliğinde idi. Ovada buluna Nehil sazlığı ve kenarlarında tespit edilen organik (histosol) topraklar bunun en önemli göstergelerindendir. Budak ve ark., (2023) tarafından TÜBİTAK projesi kapsamında yapılan çalışmalarda ovada organik maddece yüksek olan Molisol topraklar yanı sıra organik toprak olarak nitelendirilen Histosol toprakların var olduğu kayıt altına alınmıştır. Ovada organik madde içeriği % 1,50 ile %53,45 arasında değişmekte olup ortalama % 7,84’tür. Elde edilen bu veriler Yüksekova ovasındaki toprakların Türkiye ortalamasının çok üstünde bir organik madde içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Organik madde içeriğinin ovada değişken bir desen sergilemesi ana materyal ile beraber arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Gerek iklimsel değişimler gerekse antropojenik baskılardan dolayı sulak alanların vasıfları değişmiş ve tarım arazilerine dönüştürülmüştür.

Özellikle tarımsal üretimin yapıldığı alanlardaki organik madde içeriğinin mera/biçenek alanlarına göre çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Tarımsal üretimin yapıldığı ve yoğun bir şekilde toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı alanlarda toprakların önemli bir kalite göstergesi olan organik madde içeriğinde azalmalar olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Halvorson ve ark., 2002; Blanco-Canqui ve Lal, 2008; Gao ve ark., 2017). Zira yapılan çalışmalar sonucundan daha önce sulak alan nitelikte olup tarım arazilerine dönüştürülen Yüksekova Serisinde ortalama OM içeriği % 4,86 iken son 20 yılda gerçekleşen kuraklık ve alanda açılan drenaj kanalları

sonucu çayır/biçeneklere dönüştürülen arazilerde ise organik madde içeriği ortalama % 16,79'dur (Budak ve ark., 2023).

Organik madde içeriğine, agregat oluşumuna gözenek yapısına ve tarla içi uygulamalara bağlı olarak değişkenlik gösteren ve toprakta sıkışmanın önemli bir göstergesi olan hacim ağırlığı (Arshad ve ark., 1996) alanda 0,17-1,84 gr cm⁻³ arasında değişmektedir ve ortalama 1,22 gr cm⁻³'tür (Tablo 4.1). Ova genelinde hacim ağırlığının yer yer 0,17 gr cm³ organik toprakların varlığını ortaya koymaktadır. Özellikle de organik maddenin % 53,45'e çıktığı alanda hacim ağırlığının en düşük değeri alması bunun önemli bir göstergesidir. Zira toprakta organik madde miktarı arttıkça hacim ağırlığının düştüğü Lal (2020) tarafından da rapor edilmiştir.

Yarı kurak iklim bölgesinde yer alan çalışma alanında toprak pH'sı 6,37 – 8,28, elektriksel iletkenlik (EC) ise 0,11 dS m⁻¹ ile 1,29 dS m⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Tarımsal üretim açısından tuzsuz karakterde olan çalışma alanı toprakları oldukça değişken bir pH aralığına sahiptir (Tablo 4.1). İstatistiksel anlamda her ne kadar pH değerleri düşük derecede değişken (%VK=5.51) olarak kabul edilse de tarımsal üretim açısından oldukça değişken bir desen sergilemiştir. Usowicz ve Lipiec, (2017) pH değerlerinin arazide dar bir aralıkta değişim gösterdiğinden genel olarak diğer toprak özelliklerine göre istatistiksel olarak daha düşük bir varyasyon katsayısına sahip olduğunu rapor etmiştir.

Tablo 3.1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (Budak ve ark., 2023)

Toprak Özellği	Birim	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart Sapma	% Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık	Basıklık
Kil		7,22	73,9	41,56	13,25	31,88	0,08	-0,51
Silt	%	10,79	67,17	30,42	7,43	24,42	0,86	2,61
Kum		3,09	70,43	28,14	14,66	52,09	0,55	-0,16
Ha	gr cm ⁻³	0,17	1,84	1,22	0,34	28,20	-0,91	0,20
EC	dS m ⁻¹	0,11	1,29	0,32	0,15	47,82	1,71	6,89
pH		6,37	8,28	7,43	0,41	5,51	-0,60	-0,57
OM	%	1,50	53,45	7,84	7,65	97,63	2,87	10,09
Kireç		0,85	59,57	5,03	7,20	143,21	3,75	18,36
AP	mg kg ⁻¹	0,63	11,91	2,29	1,18	51,62	3,13	19,67
AK		1,25	119,33	32,06	21,10	65,81	1,39	2,50
Üreaz	mg kg ⁻¹	0,97	71,77	11,63	13,41	115,28	2,38	5,89
BetaG	saat	12,70	432,65	104,28	69,82	66,96	1,91	5,15

Gübrelemenin neredeyse hiç yapılmadığı Yüksekova ovasında alınabilir P içeriği 0,63 – 11,91 mg kg⁻¹ (ortalama 2,29 mg kg⁻¹), ekstrakte edilebilir K ise 1,25 – 119,33 mg kg⁻¹ (ortalama 32,06 mg kg⁻¹) arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.1.). Alanda ana materyal tekstür ve arazi kullanımındaki farklılıklar hem alınabilir P (%)

VK: 51,62) hem de ekstrakte edilebilir K'un (% VK: 65,81) çok yüksek düzeyde değişkenlik göstermesine neden olmuştur.

Toprağa karışan bitki ve hayvan artıklarının ayrışmasında ve bu ayrışma sonucu açığa çıkan besin elementlerinin hem döngülerinde hem de yarayışlı hale geçmesinde toprakta bulunan enzimler önemli bir rol oynamakta ve önemli birer toprak kalite göstergesi olarak kabul görmektedir (Adentuji ve ark., 2017; Doran ve Linn, 2018; Sheng ve ark., 2022). Zira Betaglikosidaz enzimi karbon döngüsünde önemli bir görev üstlenirken, Üreaz azot döngüsünde görev almaktadır (Adentuji ve ark., 2017). Özellikle toprakta bulunan bu enzimler diğer toprak özelliklerine göre toprak yönetimindeki değişikliklere daha hızlı yanıt verebilmekte ve bu nedenle de biyolojik değişikliklerin erken göstergeleri olarak kabul edilmektedir (Bandick ve Dick, 1999). Çalışma alanında üreaz enzim aktivitesi 0,97 -71,77 mg kg⁻¹ saat ve Beta Glikosidaz Enzim Aktivitesi 12.70- 432,65 mg kg⁻¹ saat arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.1). Varyasyon katsayısına göre her iki biyolojik gösterge arazide oldukça yüksek bir değişkenlik göstermiştir. Bu durum alanda tekstür bileşenleri değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Nitekim mera alanları ile tarım arazileri karşılaştırıldığında üreaz enzim aktivitesi mera alanlarında daha yüksek olmaktadır (Bandick ve Dick, 1999). Enzim aktivitesinin çok değişken olmasının diğer bir nedeni ise toprak örneklerinin alındığı dönemde toprak nem içeriğinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Sardans, Penuelas, 2010). Zira 232 toprak örneğinin ilk 50'si profil örnekleme zamanı olan 2020 yılı Ekim-Kasım ayları arasında diğerleri ise 2021 yılı Temmuz ayında alınmıştır. Sardans, Penuelas, (2010), Akdeniz ormanlarında kuraklığın enzim aktivitesi üzerine yaptığı çalışmada β-glukosidaz'ın yaz ve ilkbaharda, %25 ila 30 oranında azaldığını rapor etmiştir. Bunun temel nedeninin ise topraktaki nem ile beraber toprağa karışan ağaç atıklarına bağlı olarak değiştiğini rapor etmiştir.

Oldukça geniş bir alan kapsayan Yüksekova ovasında ana materyalin değişimi kireç içeriklerinde de önemli derecede değişkenliğe neden olmuştur. Kireç içeriği ovada % 0,85 gibi çok düşük ve % 59,57 gibi çok yüksek değerler almıştır (Tablo 4.1). Ortalama % 5.03 kireç içeriğine sahip ovada sadece bir noktada % 59,57'lik bir değer tespit edilmiştir. Bu nokta dışındaki tüm arazilerde kireç içeriği %36,81'in altındadır. Ovanın etrafındaki dağlarda kireççe zengin ana materyalin olması ve zaman zaman ovaya taşınıp birikmesi kireç içeriğinin çok yüksek derece (% VK=143,21) değişken olmasına neden olmuştur. Yüksek kireç içeriği özellikle fosfor, demir ve çinko gibi besin elementlerinin bitkilere yarayışlılığını azaltacağından bitkisel üretim için olumsuz

koşulların oluşmasına neden olacaktır. Bununla beraber agregatlaşma için önemli bir bağlayıcı ve çimentolayıcı madde olan kirecin % 4'ün altına düşmesi toprakların bozulmaya karşı direncinin azalmasına, dolayısıyla da toprak kalitesinin azalmasına neden olacaktır (ÇEM, 2017).

3.2. Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirmesinde Kullanılan Toprak Özellikleri ve Yersel Değişim Haritaları

Toprak kalitesi, toprağın genetik ve dinamik özelliklerinin (kalitelerinin) bir yansıması olarak, genel olarak toprağın fonksiyon gösterme potansiyelini tanımlayan bir kavramdır. Bu kavram toprağın hem genetiğinde olan ve müdahaleler ile değişmesi beklenmeyen genetik kalitesini hem de uygulamalar ile değişmesi muhtemel dinamik kalitesinin birleşik etkisi ile tanımlanmaktadır (Karlen ve ark., 2003). Bu nedenle bu tez çalışmasında genetik (kil içeriği) ve dinamik toprak özellikleri (hacim ağırlığı, pH, EC, OM, kireç içeriği, üreaz enzim aktivitesi, betaglikosidaz enzim aktivitesi, alınabilir P ve ekstrakte edilebilir K) doğrusal skorlama yöntemi ile skorlanmış ve toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu bağlamda Yüksekova ovasında arazilerin toprak kalite indeksinin belirlenmesinde kullanılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin aldığı skorlara ait tanımlayıcı istatistik verileri hazırlanmış ve tablo 4,1-4,5'de verilmiştir. Ayrıca her bir toprak özelliğine ait skorların ovadaki değişimlerini belirlemek için yersel değişim haritaları hazırlanmış ve yorumlanmıştır. Bu bölümde fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerine ait skorlar ayrı ayrı başlık altında verilmiş ve tartışılmıştır.

3.2.1 Fiziksel toprak özelliklerine ait skorlar ve değişim haritaları

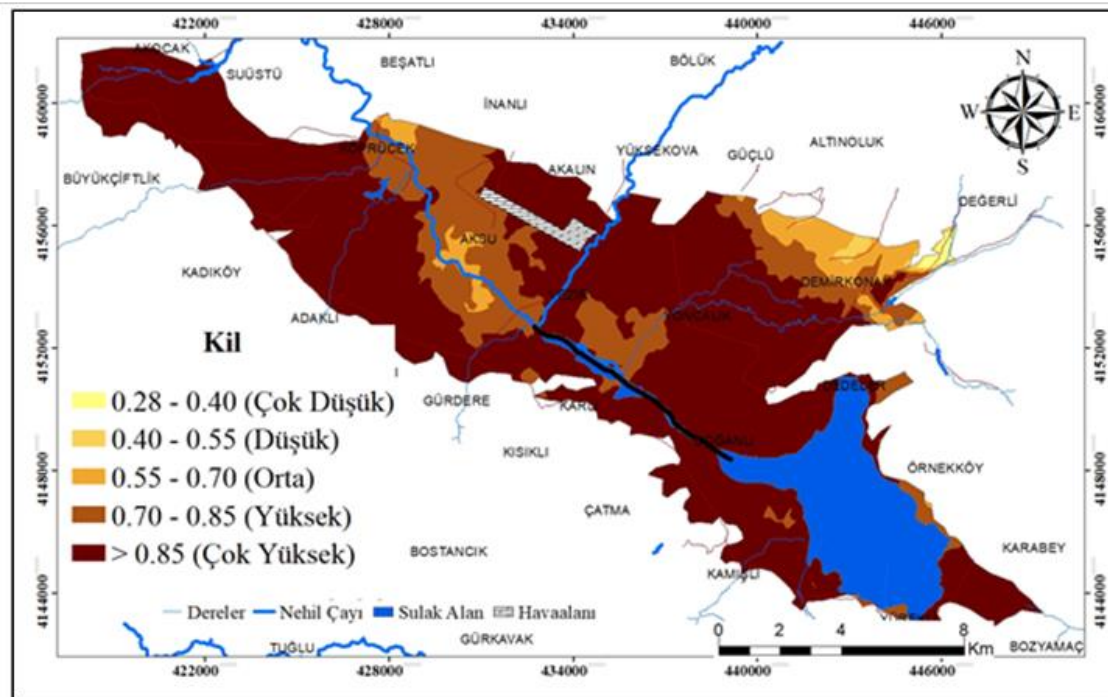
Toprak tekstürü çoğunlukla ana materyale bağlı olarak değişen genetik bir toprak özelliğidir (Mulla ve McBratney, 2001). Su tutma kapasitesi, gözeneklilik, hacim ağırlığı, agregatlaşma, strüktür gelişimi, sıkışma, katyon değişim kapasitesi, suyun infiltrasyonu ve filtrelenmesi, besin elementlerinin depolanması, vb birçok faktör toprak tekstür bileşenlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle toprak tekstürünün toprak kalitesi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Bugüne kadar yapılan toprak kalite çalışmalarında genetik bir özellik olan toprak tekstürü göz ardı edilmiş ve daha çok dinamik toprak özellikleri değerlendirmeye alınarak toprak kalite indeksi belirlenmiştir. Ancak son çalışmalarda toprak tekstür bileşenlerinin skorlanıp toprak kalite indeksi değerlendirmelerine alınmıştır (Calzolari ve ark., 2016; Nikseresh ve ark.,

2020; Thakur ve ark., 2022). Bu tez çalışması kapsamında da toprak tekstür bileşenlerinden kil içeriği farklı literatürler göz önünde bulundurularak skorlanmıştır. Skorlamada Armenise ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmadaki skorlar baz alınarak optimum değer daha iyidir yaklaşımı ile skorlanmıştır.

Bu bağlamda Yüksekova ovasındaki arazilerde kil içeriği %25-45 arasında olan topraklar 1 (bir) skorunu alırken bu aralığın altındaki veya üstündeki değerler 1'den daha düşük skorlar almıştır. Kil için elde edilen skor değerleri Tablo 4.2.'te verilmiştir. Çalışma alanında 0,29 ile 1 arasında değişen kil skorları ortalama 0,92 olup oldukça yüksek bir skor değerlerine sahiptirler. Bu durum kil skorları için hazırlanan yersel değişim haritası incelendiğinde arazinin Kuzey-Doğusunda yer alan Değerli, Güçlü ve Demirkonak köylerinin olduğu yerlerde derelerin taşıdığı malzemelerin birikmesi ile oluşan alüvyal arazilerde kil içeriğinin dere yatağına yakın noktalarda %25'in altında, uzak yerlerde ise kil içeriğinin % 45'in üzerinde olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.1). Ayrıca Aksu köyünün bulunduğu orta kısımlarında Doğu-Batı hatı boyunca Nehil çayı yatağına yakın arazilerde ince tekstürlü (kil içeriği % 45) toprakların var olması kil skorlarının daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Zira kil içeriğinin düşük skorlar alması toprak kalite indeksinin de diğer arazilere göre daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Budak ve ark. (2023) tarafından hazırlanan proje raporunda Aksu köyü civarlarında kil skorlarının düşük olduğu alanlarda kil içeriği % 45-70 arasına değiştiğini bildirmiştir. Bu alanlar dışında kil içeriğinin en yüksek skorları aldığı görülmektedir. Bu durum toprak kalite indeksine ait yersel değişim haritasına (şekil 4.1) da yansımıştır.

Tablo 4.2. Fiziksel toprak özelliklerinin ait skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

	En Küçük	En Büyük	Ortalama	S.Sapma	%VK	Basıklık	Çarpıklık
Kil	0,29	1,00	0,92	0,12	12,80	3,75	-1,80
Ha	0,60	1,00	0,88	0,12	13,28	-1,29	-0,30



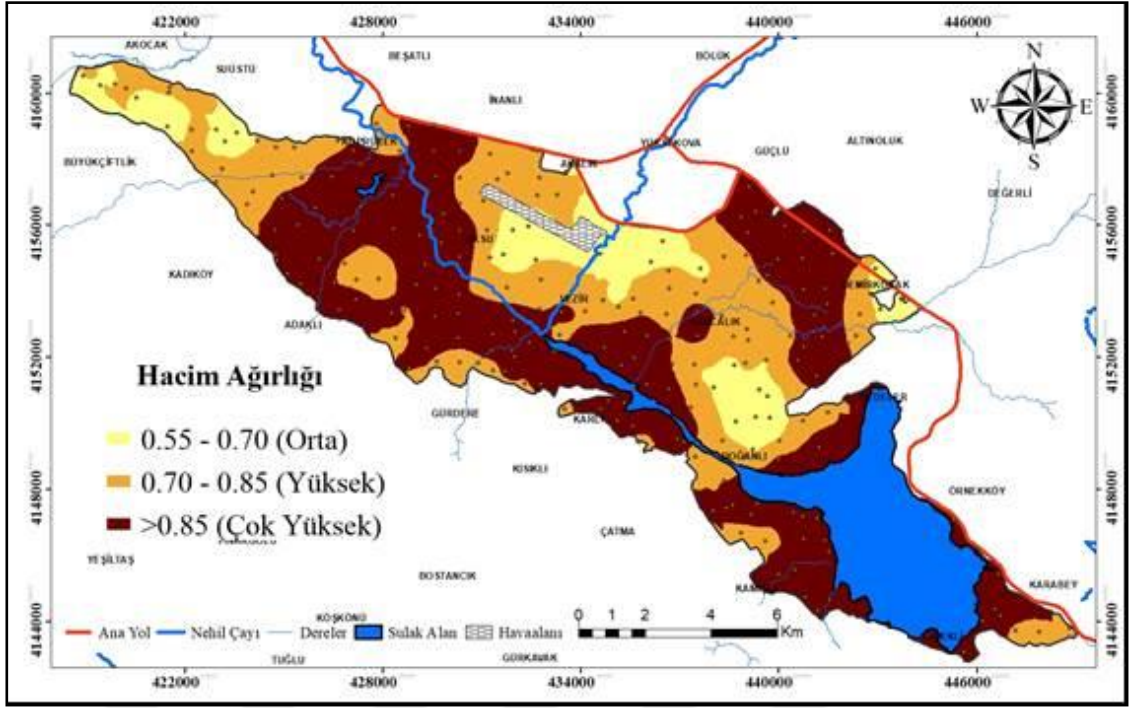
Şekil 4.1. Kil skorlarına ait yersel değişim haritası

Toprakta tekstür bileşenlerine, organik madde içeriğine ve gözenek yapısına bağlı olarak değişkenlik gösteren hacim ağırlığı toprak işleme yöntemlerinden önemli derecede etkilenmektedir. Toprakta, karbon depolama oranına, su hareketine ve hidrolik iletkenlik özelliklerine doğrudan etki eden hacim ağırlığının bitkilerin kök büyümesi ve dolayısı ile de ürün verimi üzerinde dolaylı etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle toprak kalite çalışmalarında göz önünde bulundurululan önemli bir fiziksel toprak kalite göstergesidir (Ahmad Bhat ve ark., 2022). Alanda 0.6 ile 1 arasında skorlar alan hacim ağırlığının ovadaki ortalama skoru 0,88'dir (Tablo 4.2). Andrews ve ark. (2004) tarafından toprak kalitesi üzerine yaptığı çalışmalarda tekstür bileşenlerinin arazideki içeriklerine bağlı olarak hacim ağırlığının farklı skorlar alabildiği rapor edilmiştir.

Araştırmacılar hacim ağırlığı için daha az daha iyidir yaklaşımı ile yaptığı skorlamada killi topraklarda hacim ağırlığının $1,1 \text{ gr cm}^{-3}$ ve daha düşük, siltli topraklarda $1,2 \text{ gr cm}^{-3}$ ve daha düşük ve kumlu topraklarda ise $1,4 \text{ gr cm}^{-3}$ ve daha düşük değerlerde 1 skoru alması gerektiği bu eşik değerlerin üstünde ise hacim ağırlığının 1'den daha düşük skorlar alması gerektiğini bildirmiştir. Hacim ağırlığı skorlama için hazırlanan yersel değişim haritası Şekil 4.2'te verilmiştir. Alanda daha önce sulak alan karakterde olan ve hali hazırda çayır biçenek veya mera olarak kullanılan alanlar ile Nehil sazlığının (sulak alan) etrafında yer alan arazilerde hacim

ağırlığının en yüksek skorları aldığı gözlemlenmiştir. Bunun temel nedeni bu arazilerde organik madde içeriğinin %6 ve üzerinde (yer yer % 54) olmasıdır. Zira organik maddenin % 54'lere çıktığı ve Histosol olarak tanımlanan toprak serisinde hacim ağırlığının 0,16 gr cm³'e kadar düştüğü rapor edilmiştir (Budak ve ark., 2023). Çalışma alanında Havaalanının etrafında bulunan araziler ile Doğanlı köyünün kuzeyi yüksek kil içeriğine sahip olup bu arazilerde tarımsal üretim yapılmakta ve sürekli pulluk ile toprak işleme yapıldığından ilk 10 cm'den sonra pulluk katmanına rastlanılmıştır. Zira bu alanlarda hacim ağırlığının yer yer yer yer 1,83 gr cm⁻³'e kadar çıkması düşük kalite skorlarını almasına neden olmuştur. Mulat ve ark., (2018) aynı tesktüre sahip farklı arazi kullanımları altında yaptıkları çalışmada arazi kullanım türü ve derinliğe bağlı olarak toprak hacim ağırlığının önemli derecede değiştiğini bildirmiştir. Araştırmacılar mera alanlarında 3 farklı derinlikte (0-20, 20-40 ve 40-60 cm) hacim ağırlığını sırası ile ortalama 1,18, 1,21 ve 1,32 Mg kg⁻¹, tarım arazilerinde ise aynı derinliklerde sırası ile ortalama 1,30, 1,32 ve 1,38 Mg kg⁻¹ olarak tespit etmiş ve tarım arazilerinde hacim ağırlığının yüksek çıkmasının nedenlerinin toprak işlemeden dolayı toprak bozulmasının fazla ve organik maddenin az olmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

Ayrıca Celik ve ark. (2021) aynı tekstüre sahip bir tarım arazisinde 6 farklı toprak işleme yöntemi kullanarak yüzey (0-10 cm) ve yüzey altı (10-20 and 20-30 cm) toprakların hacim ağırlığındaki değişimi incelemişlerdir. Araştırmacılar, tüm toprak işleme yöntemlerinde yüzey altı katmanlarda sıkışmanın arttığını ve buna bağlı olarak hacim ağırlığının arttığını bildirmişlerdir.



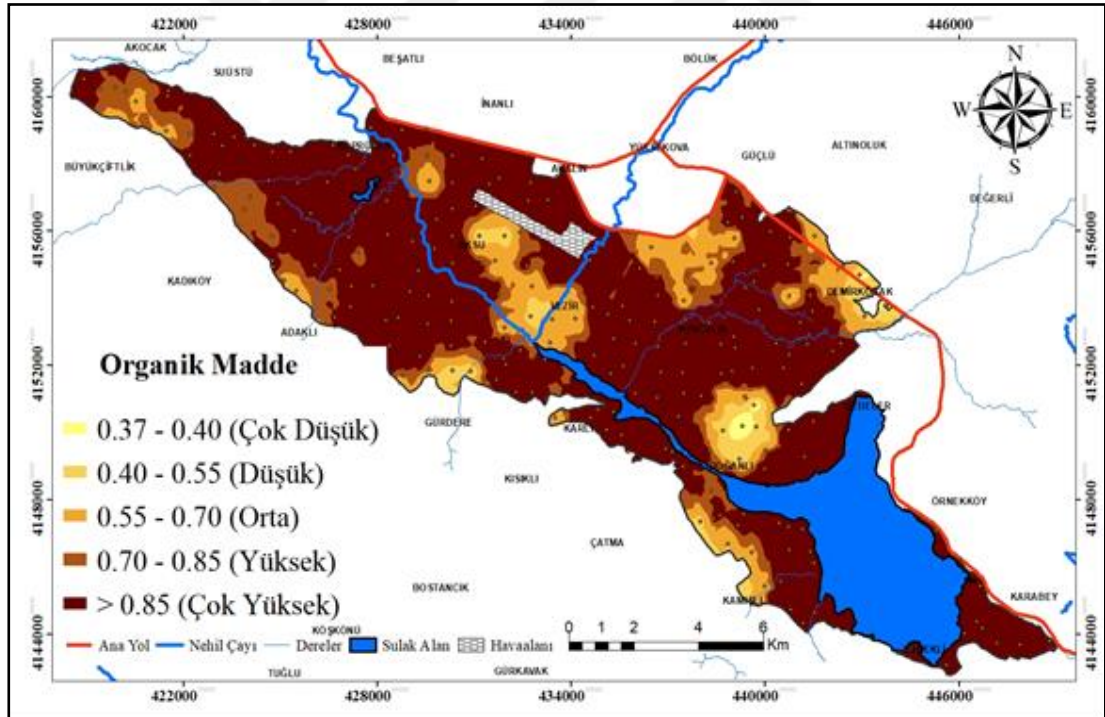
Şekil 4.2. Hacim ağırlığı skorlarına ait yersel değişim haritası

3.2.2. Kimyasal toprak özelliklerine ait skorlar ve değişim haritaları

Toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğini etkilemesi dolayısı ile organik madde toprakların üretkenlik fonksiyonlarını yerine getirmesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca organik maddenin %58'i organik karbona denk geldiğinden toprakta organik maddenin artması toprakta karbon tutumunu artırarak biyo-jeokimyasal döngünün sağlanmasında dolayısıyla da olumsuz iklim etkilerini hafifletmede önem arz etmektedir (Hooper ve ark., 2000). Bu nedenle günümüze kadar toprak kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda organik madde önemli bir gösterge olarak kabul edilmiştir (Mukherjee ve Lal 2014; Calzolari ve ark., 2016; Thakur ve ark., 2022). Farklı arazi kullanımlarının bulunduğu Yüksekova ovasında organik maddenin skorlanmasında “daha fazla daha iyidir” yaklaşımı uygulanmıştır. Ancak alanda histosol toprakların varlığı nedeni ile organik maddenin yer yer % 54'e çıkması eşik değerlerin kullanımını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle organik madde içerikleri % 4 ve daha fazla olan (ÇEM, 2017) arazilerde organik madde skoru 1 olarak kabul edilmiştir.

Eşik değerin altındaki organik madde içeriğine sahip araziler ise 1'den daha düşük skorlar almıştır. Elde edilen verilere göre ovada organik madde 0,38 gibi çok düşük ile 1,0 çok yüksek arasında skorlar almış olup ortalama skoru 0,92'dir (Tablo 4.3). Organik madde skorlarının ovadaki yersel değişimini veren harita şekil 4.3'da verilmiştir. Çalışma alanının büyük kısmı organik madde içeriği bakımından yüksek

skorlar alırken Vezirli, Demirkonak, Yoncalık köyleri ile çalışma alanının Güneyinde yer alan ve yoğunlukla işlemeli tarımsal üretimin yapıldığı arazilerde organik madde en düşük skorları almıştır. Özellikle Doğanlı köyünün kuzeyinde yer alan tarım arazileri daha önce sulak alan niteliğinde iken drenaj kanallarının açılması ile sulak alan kurutulmuş ve tarım arazilerine dönüştürülmüştür. Bu alanda yoğun toprak işleme ile beraber organik madde içeriği de hızla azalmıştır. Tarım arazilerinde toprak işleme ile beraber organik maddenin hızla ayrıştığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Yu ve ark., 2020; Çelik ve ark., 2021). Zira geleneksel toprak işleme yöntemleri toprak yapısını bozarak nem ve sıcaklık koşullarını değiştirmektedir (de Oliveira Silva et al., 2019). Özellikle de nem içeriğinin azalıp oksijenli ortamın oluşması OM'nin aerob mikroorganizmalarca hızlı bir şekilde parçalanmasına ve organik karbonun CO₂ şeklinde atmosfere salınmasına neden olmaktadır. Ayrıca Reddy ve ark., (2010) drene edilmiş koşullarda organik toprakların ayrışma hızının su altındakilere kıyasla 50 kat yüksek olduğu bildirilmiştir.



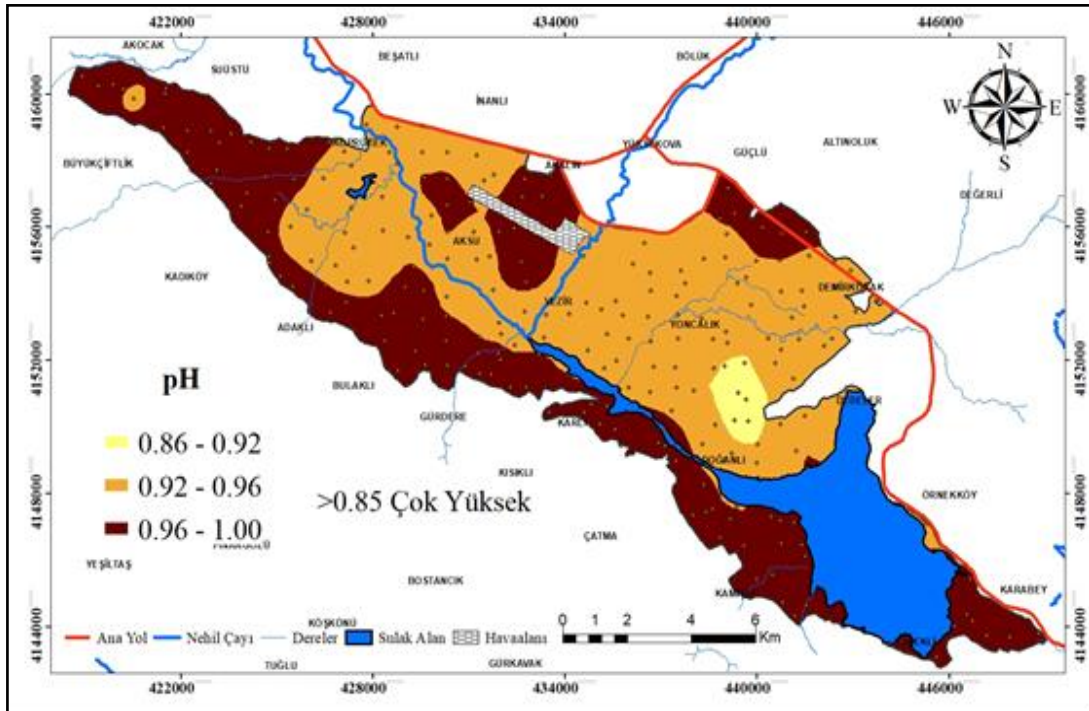
Şekil 4.3. Organik madde skorlarına ait yersel değişim haritası

Bitki besin elementlerinin yayayışlılığı başta olmak üzere toprak içerisindeki mikroorganizmaların yaşam koşulları gibi birçok sürece ve özelliğe dolaylı ve direk etkide toprak pH'sı (Neina, 2019) toprakların üretkenlik kapasitesinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Glaser ve Lehr, (2019) bitki besin elementlerinin yayayışlılığı açısından en uygun pH aralığının 6,5 ile 7,5 arası olduğunu rapor etmiştir.

Mukherjee ve Lal (2014), toprak kalite indeksinin belirlenmesinde pH parametresinin skorlanmasında “optimum daha iyidir” yaklaşımı ile eşik değerler belirlemiş ve en yüksek skor olan 1 değeri için optimum pH aralığının 5.5 ile 7.2 arasında olduğunu ifade etmiştir. Çalışma alanında pH skorları 0,87 ile 1,0 arasında değişmekte olup ortalama 0,96’dır. Gübrelemenin nerede ise hiç yapılmadığı Yüksekova ovasında toprakların üretkenlik kapasitesi açısından pH değerleri ovanın tamamında yüksek skorlar almıştır. pH skorları için hazırlanan yersel değişim haritası Şekil 4.4’de verilmiştir. Ovanın tamamında pH skorları yüksek skor alt sınırı olarak tanımlanan 0.85’in üzerinde değerler almıştır. Ovanın Güney kısmı ile Nehil sazlığının çevresi en iyi (yüksek) pH skorlarını (0,96 -1,00 arasında) alırken tarımsal üretimin yapıldığı ve diğer arazilere göre nispetten organik maddenin düşük olduğu alanlarda pH skorunun en düşük skorları (0.86-0.92) aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.3).

Tablo 4.3. Kimyasal toprak özelliklerinin ait skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

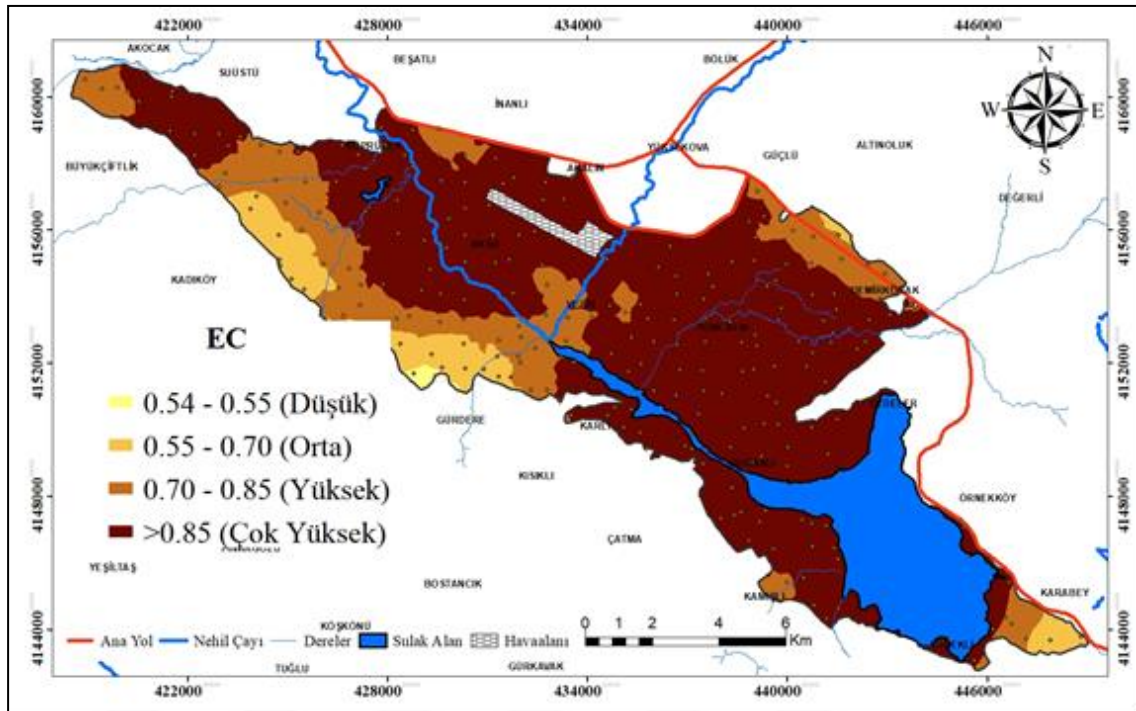
	En Küçük	En Büyük	Ortalama	S.Sapma	%VK	Basıklık	Çarpıklık
EC	0,54	1,00	0,95	0,11	11,49	3,01	-2,07
pH	0,87	1,00	0,96	0,03	3,63	-1,32	-0,12
Kireç	0,13	1,00	0,58	0,26	45,50	-1,20	0,53
OM	0,38	1,00	0,92	0,14	15,25	2,49	-1,87
AP	0,13	1,00	0,45	0,19	42,18	0,76	0,93
AK	0,04	1,00	0,73	0,28	38,67	-0,84	-0,64



Şekil 4.4. pH skorlarına ait yersel değişim haritası

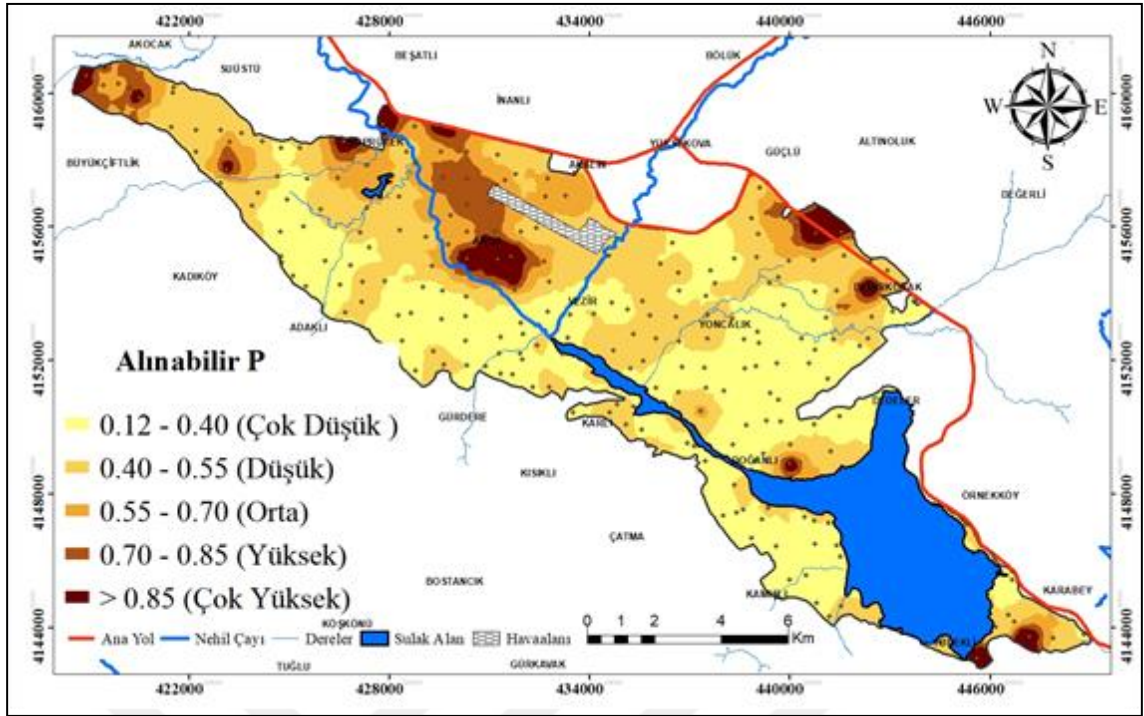
Elektriksel iletkenlik, toprak tuzluluğunu belirlenmesi ve sınıflamasında kullanılan en önemli parametredir. Tuzlu topraklar genellikle drenaj sistemi kurulmamış ve yağışın buharlaşmadan daha düşük olduğu alanlarda meydana gelmektedir. Bu gibi alanların etrafındaki yüksek arazilerden sızan sular, arazinin daha düşük rakımlı yerlerinde toplanmakta ve taban suyu seviyesini yükseltmektedir. Böyle koşullar altında tuzlu taban suyunun yukarıya doğru hareketi veya toprak yüzeyinde suyun buharlaşması sonucunda tuz yüzeyde birikmekte ve toprak tuzluluğuna deneden olmaktadır (Budak, 2012). Yüksekova ovasında EC skorları 0,54 ile 1,0 arasında skorlar almış olup ortalama 0,95'tir (Tablo 4.3). Çalışma alanında Nehil Sazlığı çevresindeki araziler orta kısımlarındaki arazilerin tamamı EC bakımından yüksek ($>0,85$) skorlar alırken ovanın güney ve kuzey kısımlarına çalışma alanının sınırlarında EC değerlerinin diğer arazilere göre daha düşük skorlar aldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.5). Budak ve ark., (2023) tarafından TÜBİTAK projesi kapsamında EC için hazırlanan mesafeye bağlı değişim haritalarına göre EC skorlarının en düşük olduğu bu araziler $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ 'den daha düşük tuz içeriğine sahip arazilerden oluşmaktadır. Elektriksel iletkenliğe neden olan iyonlar aynı zamanda bitkiler için önemli besin elementleri olduğundan toprakta EC değerlerinin $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ 'den yüksek olması istenir. Zira Mukherjee ve Lal (2014), tarımsal üretimde sorun teşkil etmeyecek ve toprak kalitesinin sürdürülebilirliği adına EC değerlerinin $0,2-0,8 \text{ dS m}^{-1}$ aralığında olması gerektiğini rapor etmiştir. Araştırmacılara göre bu aralıkta EC değerleri 1 skorunu alırken $<0,2$ ve $>0,8 \text{ dS m}^{-1}$ olan EC değerlerinin toprak kalitesi açısından daha düşük değerler alması gerektiğini rapor etmiştir.

Yüksekova ovasında yağışların fazla olması ve buharlaşmanın az olması tuzların toprak profilinin alt kısımlarına doğru yıkanmasını sağlamaktadır. Bu durum toprakta tuzluluk oluşmasını engellemektedir. Toprak tuzluluğunun diğer önemli sebeplerinden biriside tarımsal üretimde kimyasal gübrelerin aşırı kullanılmasıdır. Yüksekova ovasında tarımsal üretimin az olması ve kimyasal gübrelemenin neredeyse hiç yapılmaması arazilerde tuzluluk oluşmamasının önemli bir nedeni olarak kabul edilebilir.



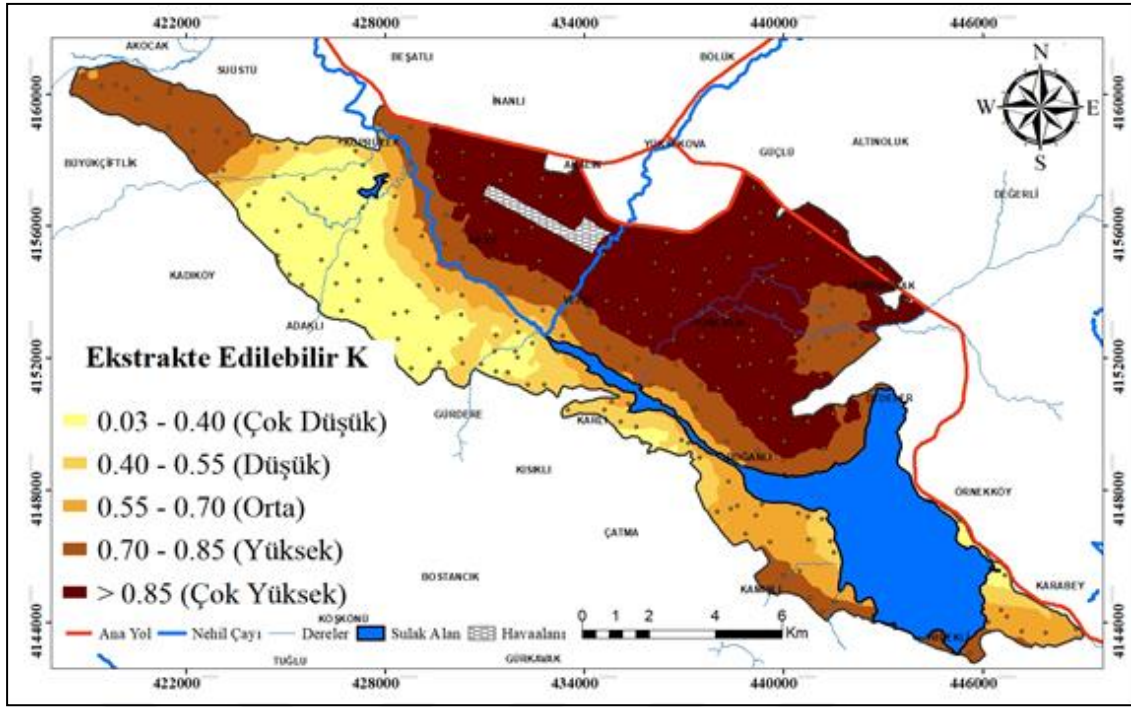
Kireç içeriği, besin elementlerinin yarayışlılığı, toprak reaksiyonu, agregatlaşma, mikroorganizma aktivitesi ve toprakta suyun taşıma süreçlerine etki ettiğinden önemli bir toprak kalite göstergesi olarak kabul görmektedir (Mitran ve ark., 2021). Kireç içeriği toprakta çimentolayıcı görev görerek agregatlaşmanın artmasına katkı sunarken (Yin ve ark.,(2021), yüksek pH değerlerine (7 ve üzeri) sahip kireçli topraklarda fosforun bitkiler için alınamaz formda olan kalsiyum/magenzyum tri fosfatlar şeklinde çözünemez bileşiklere dönüşmesine yol açmaktadır (Akıncı, 2011).Toprakların üretkenlik kapasitesinin yeterli düzeyde olması bakımından toprakta kireç içeriğinin % 4 ile %8 arasında olması arzu edilir (ÇEM, 2017). Zira toprakta kireç içeriği % 4 ile %8 arasında alan araziler en iyi (1) skoru alırken bu aralık dışındaki değerler daha düşük kalite skorları almıştır. Bu değerlendirme sonucunda Yüksekova ovasında toprak kalitesi bakımından kireç içeriği 0,13 gibi çok düşük skorlar ile 1,0 çok yüksek skorlar arasında değerler almış olup ortalama kalite skoru 0,58'dir (Tablo 4.3).

Ovanın tamamında ortalama kalite skorları en düşük olan üreaz enzim aktivitesi (ort. 0,33) ve alınabilir P (ort. 0,45)'dan sonra kireç içeriği gelmektedir. Çalışma alanında farklı ana materyallerin bulunması kireç içeriği skorlarının yüksek bir değişkenlik göstermesine neden olmuştur (Şekil 4.6). Ovanın büyük çoğunluğunda kireç içeriğinin düşük ve çok düşük skorlar aldığı belirlenmiştir. Bunun temel nedeni bu alanlarda kireç içeriğinin % 4'ün altında olmasıdır. Sadece Doğanlı köyünün



Şekil 4.7. Alınabilir P skorlarına ait yersel değişim haritası

Bitkilerde metabolik işlemler ve ürün kalitesi üzerinde potasyumun önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle de arazideki değişkenliğin belirlenmesi potasyumlu gübre dozu ve uygulama deseni açısından önemlidir. Bitkisel üretimde istenilen verim ve kaliteyi elde etmek için ekstrakte edilebilir K'un toprakta 141 ile 370 mg kg⁻¹ arasında olması tercih edilmektedir (Anonymous,1990). Bu eşik değerlere göre yapılan değerlendirmede ekstrakte edilebilir K alanda 0,04 (oldukça düşük) ve 1,0 (çok yüksek) arasında skorlar almış olup ortalama 0,73'tür. Ekstrakte edilebilir K skorları için hazırlanan yersel değişim haritası Şekil 4.8'de verilmiştir. Çalışma alanının Güney kısmında yer alan araziler ekstrakte edilebilir K açısından en düşük kalite skorlarını almıştır. Bu arazilerde kil içeriğinin diğer arazilere göre daha düşük olduğu rapor edilmiştir tarafından (Budak ve ark., 2023). Zira kil içeriğinin yüksek olduğu çalışma alanının kuzey kısımlarında ise ekstrakte edilebilir K en yüksek (>0.70) skorları almıştır. Çalışma alanında ekstrakte edilebilir K'un çok değişken aralıkta skor almasının ve arazide değişken bir desen sergilemesinin temel nedeni ana materyal ve toprak tekstüründeki değişkenliktir. Zira toprakta K'un temel kaynağını mikalar ve feldspatlar oluşturmaktadır (Huang,1989).



Şekil 4.8. Ekstrakte Edilebilir K skorlarına ait yersel değişim haritası

3.2.3 Biyolojik toprak özelliklerine ait skorlar ve değişim haritaları

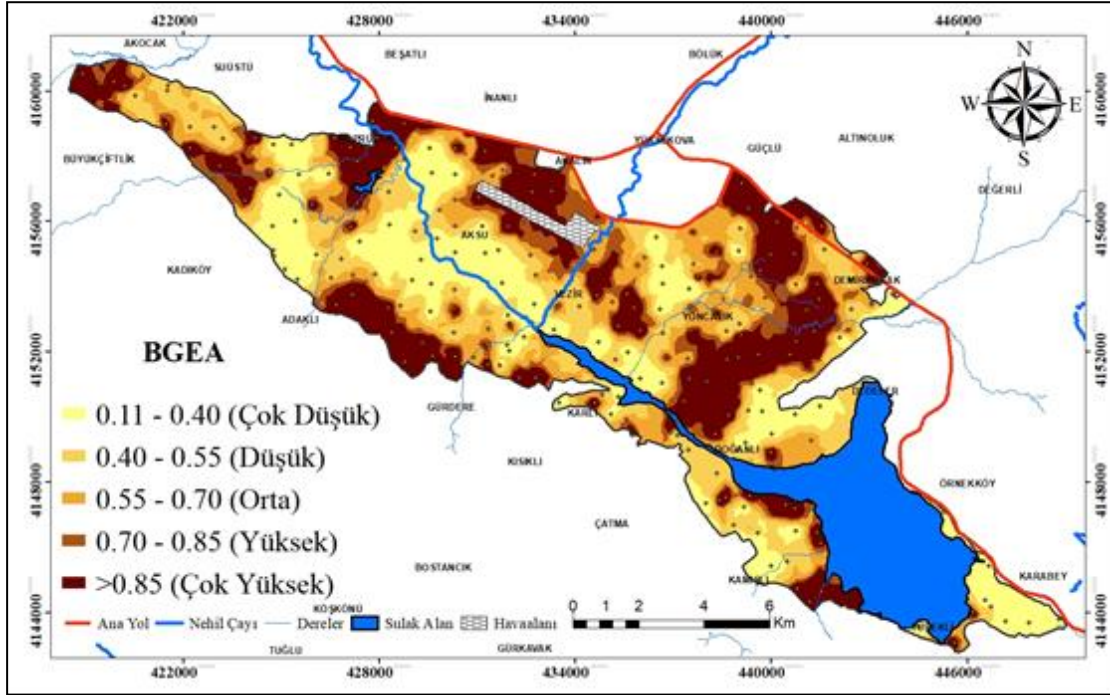
Beta-glukosidaz, karbonhidratların bitki ve mikroorganizmalar tarafından alınmaya uygun şeker monomerlerine ve oligomerlere hidrolize edilmesiyle toprak organik maddesinin dönüşümü ve ayrışması ile ilgilidir (Sotomayor-Ramírez ve ark., 2009). Ayrıca bu hidroliz sonucunda oluşan şekerler toprakta yaşayan mikroorganizmalar için önemli bir enerji kaynağını oluşturmaktadır. Zeng ve ark. (2022) β -glukosidaz enzimin, mikroorganizmalar tarafından selülozun hidrolizi yoluyla enerji sağlamak için salgılandığını ve küresel C döngüsünde ve tarımın sürdürülebilir kalkınmasında kritik bir rol oynayan topraktaki organik C birikiminin tahmin edilmesinde kullanılan önemli bir gösterge olduğunu bildirmiştir (Budak ve ark., 2023).

Alves de Castro Lopes Lopes ve ark., (2013) toprak kalitesi açısından BGEA değerlerinin $190 \text{ mg kg}^{-1} \text{ sa}^{-1}$ ve daha yüksek olması gerektiği rapor edilmiştir. Bu nedenle Yüksekova ovasında toprak kalite değerlendirmesinde BGEA göstergesinin skorlanmasında “daha fazla daha iyidir” yaklaşımı uygulanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda BGEA skorlarının alanda 0,11 ile 1,00 arasında değişen skorlar aldığı ve ortalama skorunun 0,70 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4). Çalışma alanında önemli bir değişim deseni sergileyen BGEA skorları (Şekil 4.9) organik maddenin düşük olduğu tarım arazilerinde en düşük skorları almıştır. Nehil sazlığının kenarlarında ve daha önce sulak alan olup biçenek olarak kullanılan arazilerde BGEA

değerleri en yüksek skorları almıştır. Bunun temel nedeni aynı noktaları bitki artıklarından oluşan organik maddenin yüksek olmasıdır.

Tablo 4.4. Biyolojik toprak özelliklerinin ait skorlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

	En Küçük	En Büyük	Ortalama	S.Sapma	%VK	Basıklık	Çarpıklık
BGEA	0,11	1,00	0,70	0,27	38,29	-1,34	-0,29
Üreaz	0,03	1,00	0,33	0,29	86,97	0,27	1,22



Şekil 4.9. Betaglikosidaz enzim aktivitesi skorlarına ait yersel değişim haritası

Doğada azot metabolizmasında, üreyi CO_2 ve NH_3 'e hidrolize etmede belirgin bir rol oynayan üreaz enzimi (Klose ve Tabatabai 2000) topraktaki mikrobiyal canlılığın ve toprak kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Biyoçeşitlilik (Adentuji ve ark., 2017), filtreleme, depolama ve besin döngüsü (Ezeokoli ve ark., 2020; Ghorai ve ark., 2023) fonksiyonları üzerinde önemli bir etkisi bulunan üreaz enzim aktivitesinin skorlanmasında daha fazla daha iyidir yaklaşımı kullanılmaktadır. Toprakların fonksiyonlarını yerine getirmesi için üreaz enzim aktivitesi eşik değeri toprakta $>30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ sa}^{-1}$ olması gerekmektedir (Ghorai ve ark., 2023). Üreaz enzim aktivitesinin bu eşik değere göre değerlendirildiğinde, çalışma alanında 0.03 ile 1.0 arasında skorlar almış olup ortalama skoru 0,33'tür. Daha öncede değinildiği gibi toprak kalitesi açısından üreaz enzim aktivitesi tüm veriler arasında en düşük ortalama kalite skorunu alan toprak özelliğidir. Bunun temel nedeni toprakta üreaz enzim aktivitesini etkileyen birçok

3.3. Yüksekova Ovasında Bulunan Arazilerin Toprak Kalite İndeksi ve Yersel Değişimleri

Toprak sağlığı, mekansal ve zamansal olarak etkileşim halinde olan karmaşık biyo-fiziksel ve biyo-kimyasal süreçlere bağlıdır (Abbot ve ark., 2015). Topraklar bu biyo-fiziksel ve biyo-kimyasal süreçler sayesinde su akışının kontrolü ve suyun tutulmasının desteklenmesi, toprak içerisinde çözünen maddelerin taşınması ve tutulması, bozulma ve parçalanmaya karşı fiziksel dayanıklılık ve destek sağlama, besin elementlerinin tutulması ve döngüsü, potansiyel olarak toksik olan maddelerin tamponlanması ve filtrelenmesi, sera gazlarının salınımı veya tutulması ve biyolojik çeşitliliğin ve dolayısı ile de habitatın korunması şeklindeki ekosistem hizmetlerini yerine getirirler. Çalışma alanında Toprak kalitesi indeksi (TKİ), bölgenin jeolojisi, iklimi, toprak yapısı, bitki örtüsü, hidrolojisi ve insan etkisini dikkate alan 10 göstergeye ait skorlar göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. Elde edilen TKİ'ne ait veriler Tablo 4.5'de indeks değerlerin oadaki yersel değişimleri ise Şekil 4.11'te verilmiştir. Aldan TKİ değerleri 0.53 (Düşük) ile 0.91 (Çok Yüksek) arasında değişim göstermiş olup ortalama 0.74 (yüksek) olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.5. Toprak kalite indeksine ait tanımlayıcı istatistik verileri

	En Küçük	En Büyük	Ortalama	S.Sapma	%VK	Basıklık	Çarpıklık
TKİ	0,53	0,91	0,74	0,07	9,39	-0,25	-0,21

Yüksekova ovasında kil içeriği, hacim ağırlığı, organik madde, pH, Ec, kireç içeriği, alınabilir P, ekstrakte edilebilir K, üreaz ve betaglikosidaz enzim aktivitelerinin doğrusal skorlanması ile elde edilen TKİ değerlerine göre Yüksekova ovasında yer alan arazilerin % 0,48'i düşük, % 27,58' orta %66,34'ü yüksek ve geriye kalan % 5,6'sı çok yüksek toprak kalite indeksine sahiptir (Tablo 4.6).

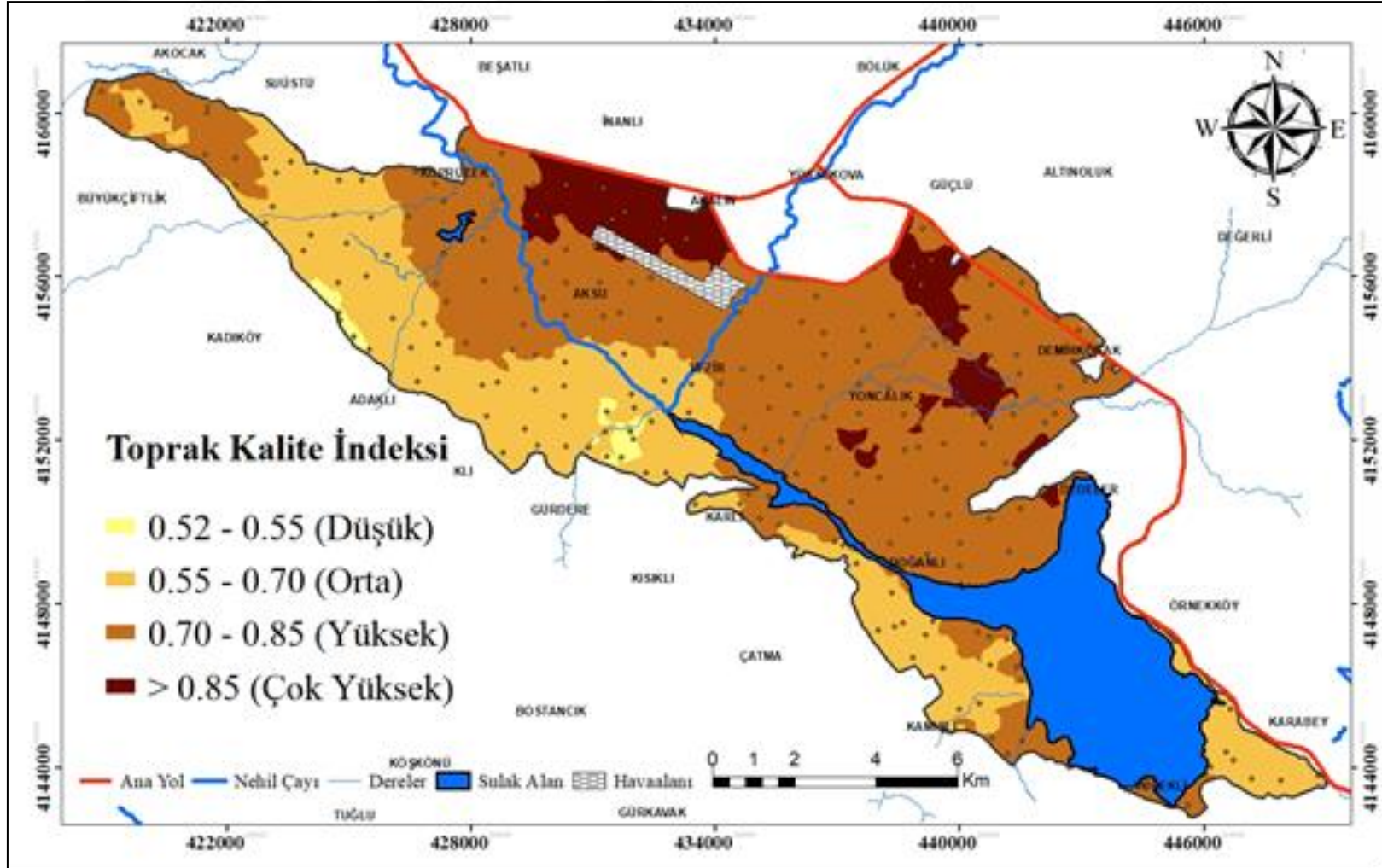
Tablo 4.6. Toprak Kalitesi İndeks değerlerinin çalışma alanındaki dağılım oranları

	Dağılım oranı %				
	Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
TKİ	0,00	0,48	27,58	66,34	5,60

Çalışma alanın güney kısmında yer alan araziler TKİ bakımından orta derecede bir kaliteye sahip iken alanın orta ve kuzey kısımlarındaki araziler çoğunlukla yüksek kalite skoruna sahiptirler. Çalışma alanının güney kısmında çoğunlukla işlemeli tarımın yapıldığı araziler yer almaktadır. Bu bölgede yoğun toprak işleme ile beraber aşırı sulama toprak kalite indeksinin düşmesine sebep olan faktörler olarak

değerlendirilmiştir. Zira toprak kalite değerlendirmesinde göz önünde bulundurulan EC, alınabilir P, ekstrakte edilebilir K ve kireç içeriği bu arazilerde en düşük kalite skorlarını almıştır. Bu nedenle bu alanlarda TKİ değerleri diğer arazilere göre nispetten daha düşük çıkmıştır.

Nunes ve ark. (2020), ABD'de yürütülen 302 araştırma sonucunu inceleyip hazırladıkları meta analiz niteliğindeki çalışmada, yoğun toprak işlemenin toprakta birçok biyo-fiziksel ve biyo-kimyasal süreci olumsuz etkilediğini, dolayısı ile de toprakların üretkenlik kapasitesinin azalttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar toprak işleme yoğunluğunun azaltılmasının biyolojik toprak sağlığını önemli ölçüde iyileştirdiğini ve sıfır toprak işleme altında çok yıllık sistemlerde veya sıraya ekim yapılan sistemlerde bu olumlu etkinin çok daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Toprağı alt üst ederek işleyen kulaklı pulluk kullanımı, toprakta substrat miktarının azalmasına, stabilizasyon için yüzey alanının azalmasına ve buna bağlı olarak enzim aktivitesinin azalması nedeniyle saprofit mantarların hiflerinden oluşan ağlarını bozarak topraktaki mikroorganizma topluluklarının olumsuz etkilenmesine neden olduğu bildirilmiştir (Lützow ve ark., 2006). Toprak işleme yoğunluğu, genellikle toprak organik karbon içeriğine etkisinden dolayı toprak mikrobiyolojik aktivitesi üzerine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Bununla birlikte, etkinin büyüklüğü ve yönü, toprak tipi ve tekstürü gibi doğal, uygulama süresi ve örnek alma derinliği gibi deneysel ve üretim sistemi ve anız yönetimi gibi tarımsal faktörlere bağlı olarak büyük değişkenlik gösterebilmektedir (Nunes ve ark, 2020).



Şekil 4.11. Toprak Kalite İndeksi değerlerine ait yersel değişim haritası

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 1190947 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında elde edilen bazı fiziksel (kil içeriği ve hacim ağırlığı), kimyasal (organik madde, kireç içeriği, EC, pH, alınabilir P ve ekstrakte edilebilir K) ve biyolojik (üreaz ve betaglikosidaz enzim aktiviteleri) toprak özellikleri kullanılarak Hakkâri iline Bağlı Yüksekova ilçesinde yer alan Yüksekova ovasındaki arazilerin toprak kalite indeksleri belirlenmiştir. Bulgular, Yüksekova ovası topraklarının büyük çoğunluğunun toprak fonksiyonlarını arzu edilen düzeyde yerine getirdiğini ancak özellikle tarım arazilerinde önlem alınmadığında arazi bozulmasına neden olacak düzeye kadar düşebileceğini göstermiştir.

Tarımsal üretim yapılan alanlarda kulaklı pulluk ile uygun olmayan nem içeriğinde toprak işleme yapılması, kil içeriği yüksek olan arazilerde pulluk katmanı oluşumuna neden olmuştur. Sert ve geçirimsiz bir katman olan pulluk katmanı bitkilerin kök gelişimini, suyun ve havanın hareketini olumsuz etkilemektedir. Bahar döneminde yüksek arazilerden gelen taşkın sularının veya arazi yüzeyindeki karların erimesi sonucu ortaya çıkan suyun toprak profilinin derinliklerine inmesini engelleyen bu pulluk katmanı, arazilerin çok daha uzun süre su altında kalmasına da neden olmaktadır. Bu bağlamda, uzun zamandır toprak işleme yapılan alanlarda öncelikle yaklaşık 60 cm derinlikte bir dip kazan veya çizel ile pulluk katmanının ortadan kaldırılması sağlanmalıdır. Ayrıca, bitkisel üretim yapılan arazilerde pulluğun yer aldığı yoğun toprak işleme yöntemleri yerine toprağı devirmeden işleyen ve bitki atıklarının bir kısmını arazi yüzeyinde bırakan diskaro, goble veya çizel gibi azaltılmış toprak işleme aletlerinin tercih edilmesi de sağlanmalıdır. Bu bağlamda, bölgede uygulanan kırsal kalkınma desteklerinde azaltılmış toprak işlemeyi sağlayan makine/ekipmanlara yer verilmesi TKİ'nin korunması ve iyileştirilmesi adına önemli olacaktır.

Yüksekova ovasında yapılan incelemeler ve gözlemler, bölgenin en verimli topraklarının bu ovada yer aldığını göstermektedir. Çok uzun zaman önce, büyük çoğunluğu sulak (bataklık) alan olan ovanın önemli bir bölümü, zamanla yağışların azalması, sıcaklıkların artması ve tarım arazisine olan ihtiyacın artması gibi nedenlerle, sulak alan özelliğini kaybetmiştir. Daha önceleri sulak olan alanlar, çoğunlukla önce biçenek, çayır/mera ve sonrasında işlenen tarım arazilerine dönüştürülmüştür. Ova topraklarında organik madde içeriğinin yer yer %53.40'lara kadar çıkması ve ortalama organik maddenin %7.84 olması bu arazilerin verimlilik düzeylerinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Ülke geneli topraklarının ortalama organik madde içeriğinin sadece

%1 civarında olduğu unutulmamalıdır. Ancak, doğru olmayan tarımsal uygulamalar nedeni ile bu arazilerde kendi kapasitelerinin çok altında verim alınmaktadır. Zira yapılan değerlendirmelerde bir kısım arazilerin üretim potansiyellerini yitirme tehdidi ile karşı karşıya kaldığı tespit edilmiştir.



6. KAYNAKLAR

- Abbott, L.K. and Manning, D.A., 2015. Soil health and related ecosystem services in organic agriculture, *Sustainable Agriculture Research*, 4, (526-2016-37946).
- AbdelRahman, M. A., Tahoun, S., 2019. GIS model-builder based on comprehensive geostatistical approach to assess soil quality, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13, 204-214.
- Acir, N., 2014. Kurak ve Yarı-Kurak Bölge Topraklarının Toprak Kalitesinin Belirlenmesinde Kullanılacak Minimum Veri Setlerinin Hazırlanması, Doktora Tezi, *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı*, Tokat.
- Adetunji, A. T., Lewu, F. B., Mulidzi, R., Ncube, B. 2017. The biological activities of β -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17(3), 794-807.
- Ahmad, Z., Khan, S. M., Abd_Allah, E. F., Alqarawi, A. A., Hashem, A. 2016. Weed species composition and distribution pattern in the maize crop under the influence of edaphic factors and farming practices: A case study from Mardan, Pakistan, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(6), 741-748.
- Akıncı, Ş., 2011. Hüyük Asitler, Bitki büyümesi ve besleyici alımı, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 46-56.
- Alaboz, P., Dengiz, O., Demir, S. 2021. Barley yield estimation performed by ANN integrated with the soil quality index modified by biogas waste application, *Zemdirbyste-Agriculture*, 108(3).
- Allison, L.E. and Moodie C.D. 1965. Carbonate. In: C.A. Black vd (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Series*, Am. Soc. Of Argon., Inc., U.S.A., 9, 1379-1400
- Alves de Castro Lopes, A., Gomes de Sousa, D. M., Chaer, G. M., Bueno dos Reis Junior, F., Goedert, W. J., de Carvalho Mendes, I. 2013. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon, *Soil Science Society of America Journal*, 77(2), 461-472.
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., Cambardella, C. A. 2004. The soil management assessment framework: A quantitative soil quality evaluation method, *Soil Science Society of America Journal*, 68(6), 1945-1962.
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., Mitchell, J. P. 2002. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90, 25-45.
- Anonymous, 2019. Department of Primary Industries and Regional Development Measuring and reporting soil organic carbon.
- Armenise, E., Redmile-Gordon, M. A., Stellacci, A. M., Ciccicarese, A., Rubino, P. 2013. Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment, *Soil and Tillage Research*, 130, 91-98.
- Arshad, M. A., Lowery B., Grossman B. 1996. Physical tests for monitoring soil quality, *Methods for Assessing Soil Quality, (methodsforasses)*, 123-141.

- Askari, M. S. and Holden, N.M. 2014. Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management, *Geoderma*, 230, 131-142.
- Askari, M. S. and Holden, N.M. 2015a. Indices for quantitative evaluation of soil quality under grassland management, *Geoderma*, 230, 131-142.
- Askari, M. S., and Holden, N. M. 2015b. Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems, *Soil and Tillage Research*, 150, 57-67.
- Azid, A., Juahir H., Toriman M.E., Kamarudin M. K. A., Saudi A.S. M., Hasnam C.N.C., Abdul Aziz N. A, Azaman F., Latif M. T., Zainuddin S. F. M., Osman M. R., Yamin M. 2014. Prediction of the level of air pollution using principal component analysis and artificial neural network techniques: A case study in Malaysia, *Water, Air & Soil Pollution*, 225(8), 2063.
- Bai, Z., Li, H., Yang, X., Zhou, B., Shi, X., Wang, B., 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.
- Bandick, A. K.,A and Dick, R. P. 1999. Field management effects on soil enzyme activities, *Soil Biology and Biochemistry*, 31(11), 1471-1479.
- Bandyopadhyay, S., and Maiti, S.K. 2021. Application of statistical and machine learning approach for prediction of soil quality index formulated to evaluate trajectory of ecosystem recovery in coal mine degraded land, *Ecological Engineering*, 170, 106351.
- Barik, K., Aksakal E.L., Islam K.R., Sari S., Angin I. 2014. Spatial variability in soil compaction properties associated with field traffic operations, *Catena*, 120, 122-133.
- Blake, G.R., Hardge, 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.
- Blanco-Canqui, H., and Lal, R. 2008. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: An on-farm assessment, *Soil Science Society of America Journal*, 72(3), 693-701.
- Bouma, J., Van Ittersum, M.K., Stoorvogel, J. J., Batjes, N. H., Droogers, P., Pulleman, M. M. 2017. Soil capability: exploring the functional potentials of soils, In *Global soil security* (pp. 27-44), *Springer*, Cham.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1, *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
- Budak, M. 2012. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeoistatistik yöntemlerle haritalanması, Doktora Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat.
- Budak, M., Gunal, H., Celik, I., 2018. Soil quality assesment of upper Tigris basin, *Carpathian Journal Earth Environment* 13, 301-316.
- Budak, M., Çelik, İ., Acir, N., Yıldız, H., Farooq, S., Günel, E. Sırrı, M., Köroğlu, F., Yüksekova Havzasında İklim ve Arazi Kullanımı Değişimlerinin Ekosistem Servisleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesinde Toprak Fonksiyonlarının Kullanılması, TÜBİTAK 1001 (TOVAG-119947), 2023.

- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E. 1994. Field-Scale Variability Soil Properties in Central Iowa Soils, *Soil Science Society America Journal*, 58,1501-1511.
- Cao, S., Lu A., Wang J., Huo L. 2017. Modeling and mapping of cadmium in soils based on qualitative and quantitative auxiliary variables in a cadmium contaminated area, *Science of the Total Environment*, 580, 430-439.
- 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*, 70,25-433.
- Cherubin, M. R., Karlen, D. L., Cerri, C. E., Franco, A. L., Tormena, C. A., Davies, C. A., Cerri, C. C. 2016. Soil quality indexing strategies for evaluating sugarcane expansion in Brazil, *PloS one*, 11(3), e0150860.
- Çelik, I., Günal, H., Acir, N., Barut, Z. B., Budak, M. 2021. Soil quality assessment to compare tillage systems in Cukurova Plain, Turkey, *Soil and Tillage Research*, 208, 104892.
- ÇEM 2017. Türkiye Çölleşme Modeli, “Teknik Özet”, Çölleşme ve erozyonla mücadele genel müdürlüğü, *Ankara, Türkiye*.
- 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.
- Denton, O. A., Aduramigba-Modupe V. O., Ojo A. O., Adeoyolanu O. D., Are K. S., Adelana A. O., Oke A. O. 2017. Assessment of spatial variability and mapping of soil properties for sustainable agricultural production using geographic information system techniques (GIS), *Cogent Food and Agriculture*, 3(1), 1-12.
- Doran, J.W., and Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality, In, Doran JW et al (org) Defining soil quality for a sustainable environment, *SSSA Madison* 3-21.
- Doran, J. W., and Linn, D. M., 2018. Microbial Ecology of Conservation Management Systems, In *Soil Biology: Effects on Soil Quality*, s, 1-28.
- Erdel, E., Şimşek, U., Kesimci, T. G. 2023. Effects of Fungi on Soil Organic Carbon and Soil Enzyme Activity under Agricultural and Pasture Land of Eastern Türkiye, *Sustainability*, 15(3), 1765.
- Erdem, H., Budak M., Acir N., Gökmen F. 2012. Micronutrient variability in a lacustrine environment of calcic haplosalids, *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(3), 553-562.
- Field, A., 2000. Discovering Statistics using SPSS for Windows Sage Publications, London, 2, 44-322.
- Foley, J.A., R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S.R. Carpenter, et al. 2005. Global consequences of land use, *Science* 309, 570-574.
- Fu, B., L. Zhang, Z. Xu, Y. Zhao, Y. Wei, D. Skinner. 2015. Ecosystem services in changing land use, *Journal Soils Sediments*, 15, 833-843.

- Gao, L., Becker, E., Liang, G., Houssou, A.A., Wu, H., Wu, X., Degré, A., 2017. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon, *Geoderma* 288, 97-104.
- Ghorai, P. S., Biswas, S., Purakayastha, T. J., Ahmed, N., Das, T. K., Prasanna, R., Das, S. 2023. Indicators of soil quality and crop productivity assessment at a long-term experiment site in the lower Indo-Gangetic plains, *Soil Use and Management*, 39(1), 503-520.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, C., Leiros M.C., Seoane, S., 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties, *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 877-887.
- Glaser, B. and Lehr, V. I. 2019. Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis, *Scientific reports*, 9(1), 9338.
- Glendell, M., Granger S. J., Bol R., Brazier R. E. 2014. Quantifying the spatial variability of soil physical and chemical properties in relation to mitigation of diffuse water pollution, *Geoderma*, 214, 25-41.
- Gomiero, T. 2016. Soil degradation, land scarcity and food security, Reviewing a complex challenge, *Sustainability*, 8(3), 281.
- Goovaerts, P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties, *Biology and fertility of soils*, 27(4), 315-334.
- Govaerts, B., Sayre, K. D. Deckers, J. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico, *Soil and Tillage Research*, 87(2), 163-174.
- Guo, L., Sun, Z., Ouyang, Z., Han, D., Li, F. 2017. A comparison of soil quality evaluation methods for Fluvisol along the lower Yellow River, *Catena*, 152, 135-143.
- Guino, B. K., Abawi, G. S., Idowu, O. J., Schindelbeck, R. R., Smith, L. L., Thies, J. E., Wolfe, D.W., Van Es, H. M., 2009. Cornell soil health assessment training manual, *Cornell University College of Agriculture and Life Sciences*.
- Günel, H., Acir N., Budak M. 2012. Heavy metal variability of a native saline pasture in arid regions of Central Anatolia, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(2), 183-193.
- Halvorson, A. D., Wienhold B. J., Black A. L. 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration, *Soil science society of America Journal*, 66(3), 906-912.
- Hernández, Á., Arellano, E. C., Morales-Moraga, D., Miranda, M. D. 2016. Understanding the effect of three decades of land use change on soil quality and biomass productivity in a Mediterranean landscape in Chile, *Catena*, 140, 195-204.
- Hooper, D. U., Bignell, D. E., Brown, V. K., Brussard, L., Dangerfield, J. M., Wall, D. H., Wardle D.A., Coleman, D.C., Giller, K.E., Lavelle, P., Van Der Putten, W.H., De Ruiter, P.C., Rusek, J., Silver, W.L., Tiedje, J.M., Wolters, V. 2000. Interactions between Aboveground and Belowground Biodiversity in Terrestrial Ecosystems: Patterns, Mechanisms, and Feedbacks: We assess the evidence for correlation between aboveground and belowground diversity and conclude that a

variety of mechanisms could lead to positive, negative, or no relationship depending on the strength and type of interactions among species, *Bioscience*, 50(12), 1049-1061.

- Huang, P.M., 1989. Feldspars, olivines, pyroxenes, and amphiboles, p.975-1050. In J.B. Dixon and S.B. Weed (ed.) *Minerals in soil environments*, 2nd ed. SSSa Book Ser. 1. SSSA, *Madison*, WI.
- Ibno Namr, K., and Bel-Lahbib, S., 2023. Use of spatial variability of soil quality index models and soil properties for soil quality evaluation in the irrigated perimeter, semi-arid region of Morocco, *Earth Systems and Environment*, 7(4), 857-879.
- Imaz, M.J., Virto, I., Bescansa, P., Enrique, A., Fernandez-Ugalde, O., Karlen, D.L., 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland, *Soil Tillage Research*, 107, 17-25.
- Jansen, H. H. 1993. Soluble salts in soil sampling and methods of analysis, Carter M.R. (ed) Canadian Society of Soil Science, CRC Pres Inc. Boca Raton, *Florida*. USA.
- Kalivas, D. P., Triantakostas D. P., Kollias V. J. 2002. Spatial prediction of two soil properties using topographic information, *Global Nest: the Int. J*, 4(1), 41-49.
- Karaca, S., Dengiz, O., Turan, İ. D., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., Sargın, B., Demirkaya, S., Ay, A. 2021. An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem, *Ecological Indicators*, 121, 107001.
- Karlen, D.L., Stott, D.E. 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, SSSA, *Madison*, WI, pp. 53-72.
- Karlen, D. L., Mausbach M. J., Doran J. W., Cline R. G., Harris R. F., Schuman. G. E. 1997. Soil quality, A concept, definition, and framework for evaluation, *Soil Sciences*, 61, 4-10
- Karlen, D. L., Ditzler, C. A., Andrews, S. S. 2003. Soil quality: why and how? *Geoderma*, 114(3-4), 145-156.
- Karlen, D. L., Cambardella, C. A., Kovar, J. L., Colvin, T. S. 2013. Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practices, *Soil and Tillage Research*, 133, 54-64.
- Klose S, Tabatabai, M. A. 2000. Urease activity of microbial biomass in soils as affected by cropping systems, *Biology and Fertility of Soils*, 31, 191-199.
- Kooch, Y., Amani, M., Abedi, M., 2022. Vegetation degradation threatens soil health in a mountainous semi-arid region, *Science Total Environmental*, 830, 154827.
- Kosmas, C., Kairis Or., Karavitis Ch., Ritsema C., Salvati L., Acikalin S., Alcalá M., Alfama P., Atthopheng J., Barrera J., Belgacem A., Sole'-Benet A., Brito J., Chaker M., Chanda R., Coelho C., Darkoh M., Diamantis I., Ermolaeva O., Fassouli V., Fei W., Feng J., Fernandez F., Ferreira A., Gokceoglu C., Gonzalez D., Gungor H., Hessel R., Juying J., Khatteli H., Khitrov N., Kounalaki A., Laouina A., Lollino P., Lopes M., Magole L., Medina L., Mendoza M., Morais P., Mulale K., Ocakoglu F., Ouessar M., Ovalle C., Perez C., Perkins J., Pliakas

- F., Polemio M., Pozo A., Prat C., Qinke Y., Ramos A., Ramos J., Riquelme J., Romanenkov V., Rui L., Santaloia F., Sebego R., Sghaier M., Silva N., Sizemskaya M., Soares J., Sonmez H., Taamallah H., Tezcan L., Torri D., Ungaro F., Valente S., De Vente J., Zagal E., Zeiliger A., Zhonging W., Ziogas A. 2014. Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Methodological Approach, *Environmental Management* DOI 10.1007/s00267-013-0109-6.
- Lal, R. 2020. Soil organic matter and water retention, *Agronomy Journal*, 112(5), 3265-3277.
- Larson, W. E., and Pierce, F. J., 1991. Conservation and enhancement of soil quality, In Evaluation for sustainable land management in the developing World, proceedings of the International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai, Thailand, 15-21 September 1991, Bangkok, Thailand, *International Board for Soil Research and Management*, 1991.
- Liebig, M. A., Varvel, G., Doran, J., 2001. A simple performance-based index for assessing multiple agroecosystem functions, *Agronomy Journal*, 93(2), 313-318.
- Lima, A. C. R., Brussaard, L., Totola, M. R., Hoogmoed, W. B., De Goede, R. G. M. 2013. A functional evaluation of three indicator sets for assessing soil quality, *Applied Soil Ecology*, 64, 194-200.
- Mahajan, G. R., Das, B., Morajkar, S., Desai, A., Murgaokar, D., Patel, K. P., Kulkarni, R. M. 2021. Comparison of soil quality indexing methods for salt-affected soils of Indian coastal region, *Environmental Earth Sciences*, 80(21), 1-19.
- Mali, S. S., Naik S. K., Bhatt B. P. 2016. Spatial variability in soil properties of Mango Orchards in Eastern Plateau and Hill Region of India, *Vegetos-An International Journal of Plant Research*, 29(3), 74-79.
- Mandal, U. K., Warrington D. N., Bhardwaj A. K., Bar-Tal A., Kautsky L., Minz D., Levy G. J. 2008. Evaluating impact of irrigation water quality on a calcareous clay soil using principal component analysis, *Geoderma*, 144(1-2), 189-197.
- Marzaioli, R., D'Ascoli, R., De Pascale, R. A., 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.
- Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Purakayastha, T. J., Patra, A. K., Singh, D. 2008. Soil quality indices for evaluation of long-term land use and soil management practices in semi-arid sub-tropical India, *Land degradation & development*, 19(5), 516-529.
- Metwally, M. S., Shaddad, S. M., Liu, M., Yao, R. J., Abdo, A. I., Li, P., Jiao, J., Chen, X. 2019. Soil properties spatial variability and delineation of site-specific management zones based on soil fertility using fuzzy clustering in a hilly field in Jianyang, Sichuan, China, *Sustainability*, 11(24), 7084.
- Mitran, T., Sreenivas, K., Janakirama Suresh, K. G., Sujatha, G., Ravisankar, T. 2021. Spatial prediction of calcium carbonate and clay content in soils using airborne hyperspectral data, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49, 2611-2622.

- Mukherjee, A., and Lal, R. 2014. Comparison of soil quality index using three methods, *PloS one*, 9(8), e105981.
- Mulat. Y., Kibret. K., Bedadi. B., Mohammed. M. 2018. Soil organic carbon stock under different land use types in Kersa Sub Watershed, Eastern Ethiopia, *African Journal of Agricultural Research*, 13(24), 1248-1256.
- Mulla, D.J., McBratney, A.B. 2001. Soil spatial variability, pp. 343-374. In A.W. Warrick (ed.), *Soil Physics Companion*, CRC Press, USA.
- Nabiollahi, K., Golmohamadi, F., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., Davari, M. 2018. Assessing the effects of slope gradient and land use change on soil quality degradation through digital mapping of soil quality indices and soil loss rate, *Geoderma*, 318, 16-28.
- Negaresh, H., Rakhshani, Z., Firoozi, F., 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.
- Neina, D. 2019. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation, *Applied and Environmental Soil Science*, 1-9.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (Ed) 2nd Ed. SSS of Am. Inc. Pub, *Madison*, Wisconsin.
- Norgaard, R. B. 1994. Ecology, politics, and economics, finding the common ground for decision making in conservation. In: Meffe, G.K., Carroll, C.R. Eds.), *Principles of Conservation Biology*, Sinauer Associates, *Sunderland*, MA, pp. 439- 465.
- Nunes, M. R., Karlen, D. L., Veum, K. S., Moorman, T. B., and Cambardella, C. A. 2020. Biological soil health indicators respond to tillage intensity, A US meta-analysis, *Geoderma*, 369, 114335.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate US Dept. *Agric. Cric.* 939.
- Pal, D. K., Sarkar, D., Bhattacharyya, T., Datta, S. C., Chandran, P., Ray, S. K. 2013. Impact of climate change in soils of semi-arid tropics (SAT), In: *Climate Change and Agriculture* (eds. Bhattacharyya, T., Pal, D.K. & Wani, S.P) Studium Press, *New Delhi*, pp.113-121.
- Paz-Ferreiro, J., and Fu, S. 2016. Biological indices for soil quality evaluation: Raiesi ve Kabiri, 2016; perspectives and limitations, *Land Degradation and Development*, 27(1), 14-25.
- Raiesi, F., and Kabiri, V. 2016. Identification of soil quality indicators for assessing the effect of different tillage practices through a soil quality index in a semi-arid environment, *Ecological Indicators*, 71, 198-207.
- Reddy, K. R., R. DeLaune, C. B., Craft. 2010. Nutrients in wetlands: Implications to water quality under changing climatic conditions, Final Report submitted to U. S. *Environmental Protection Agency*, EPA Contract No. EP-C-09-001.
- Riches, D., Porter, I. J., Oliver, D. P., Bramley, R. G. V., Rawnsley, B., Edwards, J., White, R. E. 2013. Soil biological properties as indicators of soil quality in A

- ustralian viticulture, *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(3), 311-323.
- Rinot, O., Levy, G. J., Steinberger, Y., Svoray, T., Eshel, G. 2019. Soil health assessment: A critical review of current methodologies and a proposed new approach, *Science of the total environment*, 648, 1484-1491.
- Sabeti, H., Moradzadeh A., Ardejani F. D., Azevedo L., Soares A., Pereira P., Nunes R. 2017. Geostatistical seismic inversion for non-stationary patterns using direct sequential simulation and co-simulation, *Geophysical Prospecting*, 65(1), 25-48.
- Sançar, T. 2018. Investigation of Uplift Rate History of the Yüksekova Basin (Southeast Turkey), *Türkiye jeoloji bülteni/Geological bulletin of Turkey*, 61(2), 207-240.
- Sanz-Cobena, A., Misselbrook, T. H., Arce, A., Mingot, J. I., Diez, J. A., Vallejo, A. 2008. An inhibitor of urease activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with urea under Mediterranean conditions, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126(3-4), 243-249.
- Sardans, J., Peñuelas, J. 2010. Soil enzyme activity in a Mediterranean forest after six years of drought, *Soil Science Society of America Journal*, 74(3), 838-851.
- Sharma, K. L., Grace, J. K., Chandrika, M. S., Vittal, K. P. R., Singh, S. P., Nema, A. K., Chauhan, S.P.S., Maruthi Sankar, G., Mandal, U.K., Korwar, G.R., Venkateswarlu, B., Ramesh, G., Ravindra Chary, G., Madhavi, M., Gajbhiye, P.G., Lal, M., Kumar, T.S., Rani, K. U. 2014. Effects of Soil Management Practices on Key Soil Quality Indicators and Indices in Pearl Millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke)–Based System in Hot Semi-arid Inceptisols, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(6), 785-809.
- Sheng, Y., Dong, H., Coffin, E., Myrold, D., Kleber, M. 2022. The Important Role of Enzyme Adsorbing Capacity of Soil Minerals in Regulating β -Glucosidase Activity, *Geophysical Research Letters*, 49(6), e2021GL097556.
- Shukla, M. K., Lal, R., Ebinger, M. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis, *Soil and Tillage Research*, 87(2), 194-204.
- Solgi, A., Pourhaghi, A., Bahmani, R., Zarei, H. 2017. Improving SVR and ANFIS performance using wavelet transform and PCA algorithm for modeling and predicting biochemical oxygen demand (BOD), *Ecohydrology and Hydrobiology*, 17(2), 164-175.
- Sotomayor-Ramírez, D., Espinoza, Y., Acosta-Martínez, V. 2009. Land use effects on microbial biomass C, β -glucosidase and β -glucosaminidase activities, and availability, storage, and age of organic C in soil, *Biology and Fertility of Soils*, 45(5), 487-497.
- Şahinoğlu, A., Özdemir A. 2019. Yüksekova (Hakkari) Turba Yatağının Jeolojik ve jeofizik yöntemlerle incelenmesi, *III. International Scientific And Vocational Studies Congress – Engineering* (Bilmes En 2019) Full Paper Book September 2019.
- Tabatabai, M. A. 1982. Soil enzymes. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, American Society of Agronomy*, 903-948.

- Tabatabai, M.A., 1994, Soil enzymes, In: Weaver RW, Angle JS, Bottomley PS (eds) *Methods of soil analysis, part 2. Microbiological and biochemical properties*. SSSA Book Series No. 5. Soil Sci Soc Am, *Madison, Wis.*, pp 775-833
- Thakur, P., Paliyal, S. S., Dev, P., Datt, N. 2022, Methods and Approaches-Soil Quality Indexing, Minimum Data Set Selection and Interpretation-A Critical Review, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(15), 1849-1864.
- Thomas, G. W. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Page, A.L., Miller, R.H. Keeney, D.R. (ed) 2nd edition, S.S.S. of America Inc. Publisher, *Madison, Wisconsin* pp159-164.
- Tian, J., Ge, F., Zhang, D., Deng, S., Liu, X. 2021. Roles of phosphate solubilizing microorganisms from managing soil phosphorus deficiency to mediating biogeochemical P cycle, *Biology*, 10(2), 158.
- Tripathi, R., Nayak A. K., Shahid M., Raja R., Panda B. B., Mohanty S., Kumar H., Lal B., Gautam P., Sahoo R. N., 2015. Characterizing spatial variability of soil properties in salt affected coastal India using geostatistics and kriging, *Arabian Journal of Geosciences*, 8(12), 10693-10703.
- Usowicz, B., and Lipiec J. 2017. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil, *Soil and Tillage Research*, 174, 241-250.
- Qi, Y., Darilek, J. L., Huang, B., Zhao, Y., Sun, W., Gu, Z. 2009, Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China, *Geoderma*, 149(3-4), 325-334.
- Van Leeuwen, J. P., Creamer, R. E., Cluzeau, D., Debeljak, M., Gatti, F., Henriksen, C.B., Kuzmanovski, V., Mentas, C., Peres, G., Picaud, C., Saby, N.P.A., Trajanov, A., Trinsoutrot-Gattin, I., Visioli, G., Rutgers, M. 2019. Modeling of soil functions for assessing soil quality: Soil biodiversity and habitat provisioning, *Frontiers in Environmental Science*, 7, 113.
- Vasu, D., Singh, S. K., Ray, S. K., Duraisami, V. P., Tiwary, P., Chandran, P. 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., Singh S. K., Sahu N., Tiwary P., Chandran P., Duraisami V. P., Ramamurthy V., Lalitha M., Kalaiselvi B. 2017. Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management, *Soil and Tillage Research*, 169: 25-34.
- Wang, Y., Duan, X., Wang, L. 2020. Spatial distribution and source analysis of heavy metals in soils influenced by industrial enterprise distribution: Case study in Jiangsu Province, *Science of the Total Environment*, 710, 134953.
- Warkentin, B.P. and Fletcher, H. F. 1977. Soil quality for intensive agriculture, In *Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture*.
- Webster, R., Oliver, M.A., 2007. *Geostatistics for Environmental Scientists*, John Wiley and Sons Ltd, the Atrium, Southern Gate, Chichester, *England*, 330 pp.
- Weindorf, D. C., Zhu Y., 2010. Spatial variability of soil properties at Capulin Volcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy, *Pedosphere*, 20(2), 185-197.

- Wilding, L.P., Bouma, J., Goss, D.W., 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling, 65-75, In: Quantitative Modelling of Soil Forming Processes. R.B. Bryant and Arnold R.W. (eds) Soil Sci. Soc. Am. J Special Publication Number 39, Madison Wisconsin, USA.
- Wu, C., Liu, G., Huang, C., Liu, Q. 2019. Soil quality assessment in Yellow River Delta: Establishing a minimum data set and fuzzy logic model, *Geoderma*, 334, pp.82-89.
- Xue, R., Wang, C., Liu, M., Zhang, D., Li, K., Li, N. 2019. A new method for soil health assessment based on Analytic Hierarchy Process and metaanalysis *Science of The Total Environment*, 650, 2771-2777.
- Yang, T., Siddique, K. H., and Liu, K. 2020. Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review, *Global Ecology and Conservation*, 23, e01118.
- Yakowitz, D. S., Stone, J. J., Lane, L. J., Heilman, P., Masterson, J., Abolt, J., Imam, B. 1993. A decision support system for evaluating the effect of alternative farm management systems on water quality and economics, *Water Science Tech*, 28 (3-5), 47-54.
- Yin, Y., Liang, C. H., Xi, F. M., Du, L. Y., Li, J. Y., Liu, L. 2021. Micro-aggregate stability in greenhouse management system in Northeast China, *Eurasian Soil Science*, 54, 1350-1358.
- Yu, P., Han, D., Liu, S., Wen, X., Huang, Y., Jia, H. 2018b. Soil quality assessment under different land uses in an alpine grassland, *Catena*, 171, 280-287.
- Yu, P., Liu, S., Zhang, L., Li, Q., Zhou, D. 2018a. 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, 564-571.
- Yu, Q., Hu, X., Ma, J., Ye, J., Sun, W., Wang, Q., Lin, H. 2020. Effects of long-term organic material applications on soil carbon and nitrogen fractions in paddy fields, *Soil and Tillage Research*, 196, 104483.
- Zeng, Q., Mei, T., Wang, M., Tan, W. 2022. Intensive citrus plantations suppress the microbial profiles of the β -glucosidase gene. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 323, 107687.
- Zhang, G., Bai, J., Xi, M., Zhao, Q., Lu, Q., Jia, J. 2016. Soil quality assessment of coastal wetlands in the Yellow River Delta of China based on the minimum data set, *Ecological indicators*, 66, pp.458-466.
- Zornoza, R., J.A. Acosta, F. Bastida, S.G. Domínguez, D.M. Toledo, and A. Faz. 2015. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health, *Soil*, 1, 173-185.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı Fatma KÖROĞLU

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Borsa İstanbul Anadolu Lisesi Kahta / Adıyaman	2014
Üniversite	: Çukurova Üniversitesi Merkez/ Adana	2019

Yayımları

1-Is Removal of Organic Matter Necessary in Soil Texture Analysis?.
M Budak, E KGünel, F Köroğlu
3rd International Çukurova Agriculture and Veterinary Congress, 1 (1), 1064-1071

2-Sürdürülebilir Toprak Üretkenliğinde Biyoçar Kullanımı
M Budak, H Bektaş, K Polat, F Köroğlu
Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi 4 (1), 40-57