



**Araştırma/Research**

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 36 (2021)

ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)

doi: 10.7161/omuanajas.883999

## Van Havzası İçerisinde Yer Alan Mera Arazilerinde SMAF Modeli Kullanılarak Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesi

● Sena Pacci<sup>a</sup>, ● Nursaç Serda Kaya<sup>a</sup>, ● Orhan Dengiz<sup>a</sup>, ● İnci Demirağ Turan<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Bölümü, Samsun, Türkiye

<sup>b</sup>Samsun Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu yazar/corresponding author: dmrginci@gmail.com

Geliş/Received 21/02/2021

Kabul/Accepted 24/05/2021

### ÖZET

Toprağın karasal ekosistem için çok önemli olan üretkenlik fonksiyonunu sürdürülebilir bir şekilde yerine getirebilmesi, kalitesinin doğru anlaşılması ve izlenmesi ile mümkündür. Bu çalışmanın amacı, yarı kurak karasal ekosisteme sahip olan ve Van havzası içerisinde yer alan mera arazilerinde dağılım gösteren toprakların SMAF modeli kullanılarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite indeks değerleri ile toplam toprak kalite özelliklerini belirlemektir. Bu amaçla, 6024 ha büyüklüğündeki araştırma alanını temsil eden 150 adet yüzey (0-30 cm) toprak örnekleme yapılmıştır. SMAF modeli toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörleri kapsamında; yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, toprak organik karbon içeriği, toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik, sodyum adsorpsiyon oranı, bitkiye yarayışlı fosfor ve potasyum, potansiyel mineralize olabilir azot, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi indikatörleri olmak üzere toplam 13 indikatör içermektedir. Bu çalışma kapsamında potansiyel mineralize olabilir azot ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi dışında on bir adet indikatör kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mera topraklarının kimyasal kalite indeksinin düşük sınıfta, biyolojik kalite indeksinin ise yüksek sınıfta olduğu belirlenmiştir. Fiziksel toprak kalite ve toplam kalite indeks değerlerinin ise orta düzeyde oldukları belirlenmiştir. Özellikle biyolojik kalite indeksi olmak üzere; tüm kalite sınıfları, alan içerisindeki dağılımları bakımından yüksek değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanının orta kesimlerinin tüm kalite sınıfları için düşük düzeyde olduğu belirlenmiş olup, bu durumun özellikle eğimin fazla ve erozyonun yüksek olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Toprak kalitesi  
Mera toprakları  
SMAF  
Van Havzası

### Soil Quality Assessment using SMAF Model in Pasture Land located in Van Basin

#### ABSTRACT

It is possible that the soil can sustainably perform the productivity function, which is very important for the terrestrial ecosystem, with the correct understanding and monitoring of its quality. The purpose of this study is to determine the distribution of physical, chemical, biological and total soil quality indexes or pasture soils located in Van Basin which has semi-arid terrestrial ecosystems. For this purpose, 150 soil samples were collected from surface soil (0-30 cm) in the study area which covers about 6024 ha. SMAF models includes 13 indicators such as aggregate stability, available water content, water-filled pore volume, total organic carbon, pH, electrical conductivity, the sodium adsorption ratio (SAR), microbial biomass carbon, available phosphorus, beta-Glukosidaz enzyme activity, potential mineralizable nitrogen and available potassium as physical, chemical and biological indicators. In this present study, 11 indicators were used in SMAF model except for beta-Glukosidaz enzyme activity, potential mineralizable nitrogen. According to obtained results, it is determined that while the chemical quality index of the meadow soils was in the low class, biological quality of them was found in high quality class. Apart from that, physical and total soil quality indexes were found as moderate quality class. Additionally, the distribution of biological soil quality index shows higher variation in the research area when it is compared with the other quality indexes. It is determined that the middle parts

Keywords:

Soil Quality  
Pasture soil  
SMAF  
Van Basin

© OMU ANAJAS 2021

of the research area is in a low class for all quality indexes and the reason of this situation is that the highness of slope and soil erosion.

## 1. Giriş

Toprak; insanlara, birçok bitki ve hayvana yaşam alanı sunan biyosferin bir parçası, gezegenimizin yaşayan, nefes alan, önemli ve yenilenemeyen doğal kaynaklarından (Doran ve Zeiss, 2000). Giderek artan dünya nüfusu, birim alandan maksimum verimliliği elde etmeyi acil bir gereklilik haline getirdiğinden küresel bir gıda güvenliği sorununa yol açmaktadır (Doran, 2002). Gelişmekte olan ülkelerde hızlı bir ekonomik kalkınmanın sağlanmasına yönelik arazilerin yoğun bir şekilde kullanımı toprakların sürdürülebilirliği konusunda ciddi kısıtlamalara neden olmuş ve toprak kalitesinde büyük bozulmalara yol açmıştır (Arshad ve Martin, 2002). Ayrıca arazilerin yoğun kullanımı; çevre ve gıda güvenliği, tarımsal verimlilik ve yaşam kalitesi üzerinde yarattığı olumsuz etkileri ile küresel bir sorun haline gelmiştir. Tarım arazilerinin miktarının artırılması, gıda talebini karşılamaya yönelik bir çözüm olarak görünebilir, ancak hem gıda talebini karşılamak hem de toprakların sürdürülebilir kullanımının devamlılığını sağlamak için ekilebilir arazi miktarını arttırmaktan ziyade, toprak kalitesini iyileştirmeye odaklanmak çok daha önem arz etmektedir (Rasheed ve ark., 1996; Yemefack ve ark., 2006).

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA), toprak kalitesini doğal ve işleyen bir ekosistem içerisindeki bir toprağın; bitkisel ve hayvansal üretimini sürdürebilme, su ve hava kalitesini arttırabilme ve insan sağlığı için en uygun yaşam ortamını oluşturma kriterlerinin tamamını sağlayabilme kapasitesi olarak tanımlamıştır (Johnson ve ark., 1997). Bu kapasite toprağın kendi doğasında var olan karakteristik bir özellik olup (Karlen ve ark., 1998); toprak kalite parametrelerinden olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere bağlı olarak topraktan toprağa farklılık göstermektedir (Obade ve Lal, 2016).

Toprak kalitesi, toprağın özellikleri ve dinamik değişkenlikleri ile belirlenmektedir. Bu değişiklikler agroklimatik faktörler, hidrojeoloji ve üretim tekniklerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Toprak derinliği, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, alınabilir besin maddesi miktarı, organik madde miktarı, mikrobiyal kütle, karbon ve azot içeriği, tekstür ve infiltrasyon hızı gibi toprak kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Toprağın dinamik özelliklerinden olan organik madde ve mikrobiyal faaliyetler; tarımsal faaliyetler, arazi kullanım değişiklikleri (Carter, 2002) ve bu arazi kullanım değişikliklerinin toprak işlevi üzerinde yapacağı herhangi olumsuz bir etkiye karşı oldukça duyarlıdır (Emadi ve ark., 2009). Buna ek olarak, toprak özellikleri birbirleriyle ilişkilidir ancak farklı tarım uygulamaları toprak kalitesi ve verimliliğine etki ederek toprakların birbirinden farklı tepki vermesine neden olabilir. Bu da farklı yönetim faaliyetleri altındaki toprakların yorumlanmasında karışıklığa neden olabilmektedir (Raiesi, 2017).

Sürdürülebilir bir tarım için toprak kalite parametrelerinin belirlenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Ülkemizde toprak kalitesinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Karaca ve ark., 2021; Dengiz ve ark., 2020; Everest ve ark., 2020; Gülnar ve Barik, 2019; Özdemir ve Atalay, 2019; Demirağ Turan ve ark., 2018a; Türkmen ve ark., 2013; Özbek, 2004; Bayramin, 2003; Dengiz ve Sarıoğlu, 2013). Nitekim Demirağ Turan ve ark., (2018b) 371 farklı noktadan 0-20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre Trabzon ili tarım arazilerinin toprak kalite sınıfları belirlenmiş vetoplam tarım alanlarının %49.2'si düşük ve çok düşük düzeyde toprak kalitesine sahipken, % 50.8'inin orta ve yüksek toprak kalitesine sahip olduğunu bildirmiştir.

Toprak kalitesine etki eden değişik seviyelerde birçok parametre olmasına rağmen bu parametrelerin tümünün arazi kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılması neredeyse imkansızdır. Bunun için arazi kalitesinin belirlenmesine yönelik en uygun parametrelerin seçilmesi işlemi büyük bir titizlik gerektirmektedir (Negiş ve Şeker, 2019). Son 20 yıllık süre içerisinde, arazi kalite skorlarının belirlenmesi amacıyla; arazi kullanım kabiliyet sınıfları (Klingebiel ve Montgomery, 1961), arazi kalitesi indeks metodu (Doran ve Parkin, 1994; Doran ve Jones, 1996), dinamik çok değişkenli arazi kalitesi metodu (Larson ve Pierce, 1994), arazi kalite kartları ve test kitleri (Ditzler ve Tugel, 2002), SMAF (Soil Management Assessment Framework-Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi) (Andrews ve ark., 2004) ve CSHA (Cornell Soil Health Assessment-Cornell Toprak Sağlığı Değerlendirmesi) (Gugino ve ark., 2009) metodları geliştirilmiştir. Bunlardan SMAF, ABD'de geliştirilmiş ve gerek o bölgede gerekse de dünyanın başka yerlerinde arazi kullanımları ve tarım uygulamaları tarafından tetiklenen toprak kalitesi-toprak sağlığındaki değişiklikleri değerlendirmek ve ölçmek için bir araç olarak kullanılmıştır. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörlerini kullanan SMAF; indikatör seçimi, indikatörlerin skorlanması ve indikatörlerin bir indeks içerisinde birleştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Meralar, dünya üzerindeki tüm tarım arazilerinin %67'sini oluşturmaktadır. Sığır üretimi, küresel gıda sisteminin önemli bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Aşırı otlama, toprak bozulmasına ve su kalitesinin düşmesine neden olmakta ve bu da uzun vadedeki sığır üretiminin sürdürülebilirliğini bozabilmektedir (Chaubey ve ark., 2010; Lal, 2015). Özellikle, yoğun otlama faaliyetleri toprak yapısına zarar vererek (Çetiner ve ark., 2012; Pulido ve ark., 2018; Vasques ve ark., 2019) toprak erozyonuna ve yüzey akışına sebep olarak (Pilon ve ark., 2017) su

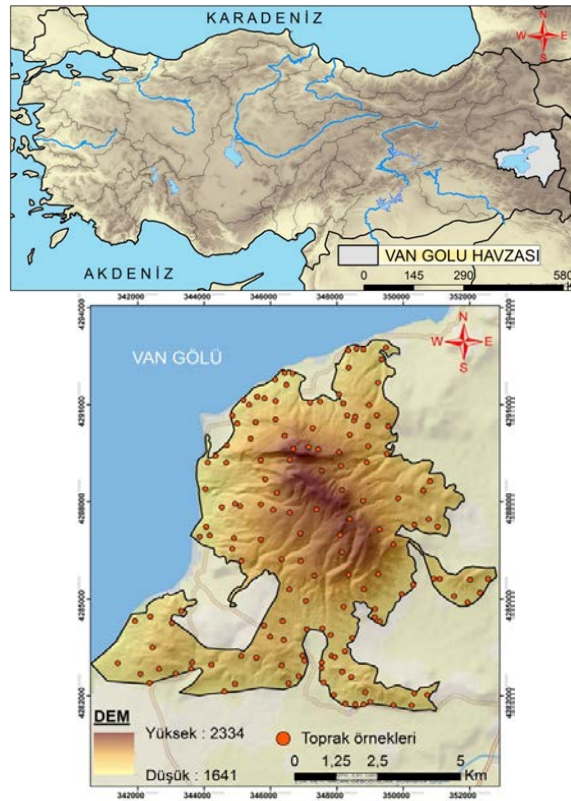
kaynaklarının kirlenmesine yol açmaktadır. Yoğun otlatma faaliyetlerinin tersine sürdürülebilir bir mera yönetimini esas alan otlatma uygulamaları ile, aşırı otlatmanın toprak ve su kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir (Machmuller ve ark., 2015). Örneğin rotasyonel otlatma, sürekli otlatılmış alanlara kıyasla daha fazla bitki örtüsünün geri kazanımına izin vererek (Bilotta ve ark., 2007); toprak yapısının iyileştirilmesine, suyun iyi infiltre edilmesine ve besin döngüsüne olumlu yönde katkıda bulunmaktadır (Proffitt ve ark., 1995; Drewry, 2006; Byrnes ve ark., 2018). Andrews ve ark., (2004) tarafından geliştirilen SMAF, uzun vadeli otlatma yönetimi uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmak ve toprak kalitesi ile su kalitesi arasındaki bağlantıları değerlendirmek için de kullanılmaktadır. Amorim ve ark., (2020) uzun vadede (15 yıllık) mera alanlarını korumaya yönelik yönetim uygulamalarında toprak kalite indeks değerlerini SMAF modeli kullanarak değerlendirmiş ve arazi kalite indeksleri arasındaki farklılıkların çoğunlukla pH, elektriksel iletkenlik, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarındaki değişikliklerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Araştırma sonucu kullanılan modellerin, sırasıyla fosfor ve toplam organik karbon akış yüklerindeki değişimin %34 ve %28'inin SMAF yöntemi ile açıklanabildiği ve SMAF yöntemi kullanılarak uzun vadeli mera yönetimi uygulamalarının arazi kalitesi üzerindeki etkilerine ve potansiyel faydalarına yönelik projeksiyonlar geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, yarı kurak karasal ekosisteme sahip olan ve Van havzası içerisinde yer alan mera arazilerinde dağılım gösteren toprakların SMAF modeli kullanılarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik kalite indeks değerleri ile toplam toprak kalite özelliklerini belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

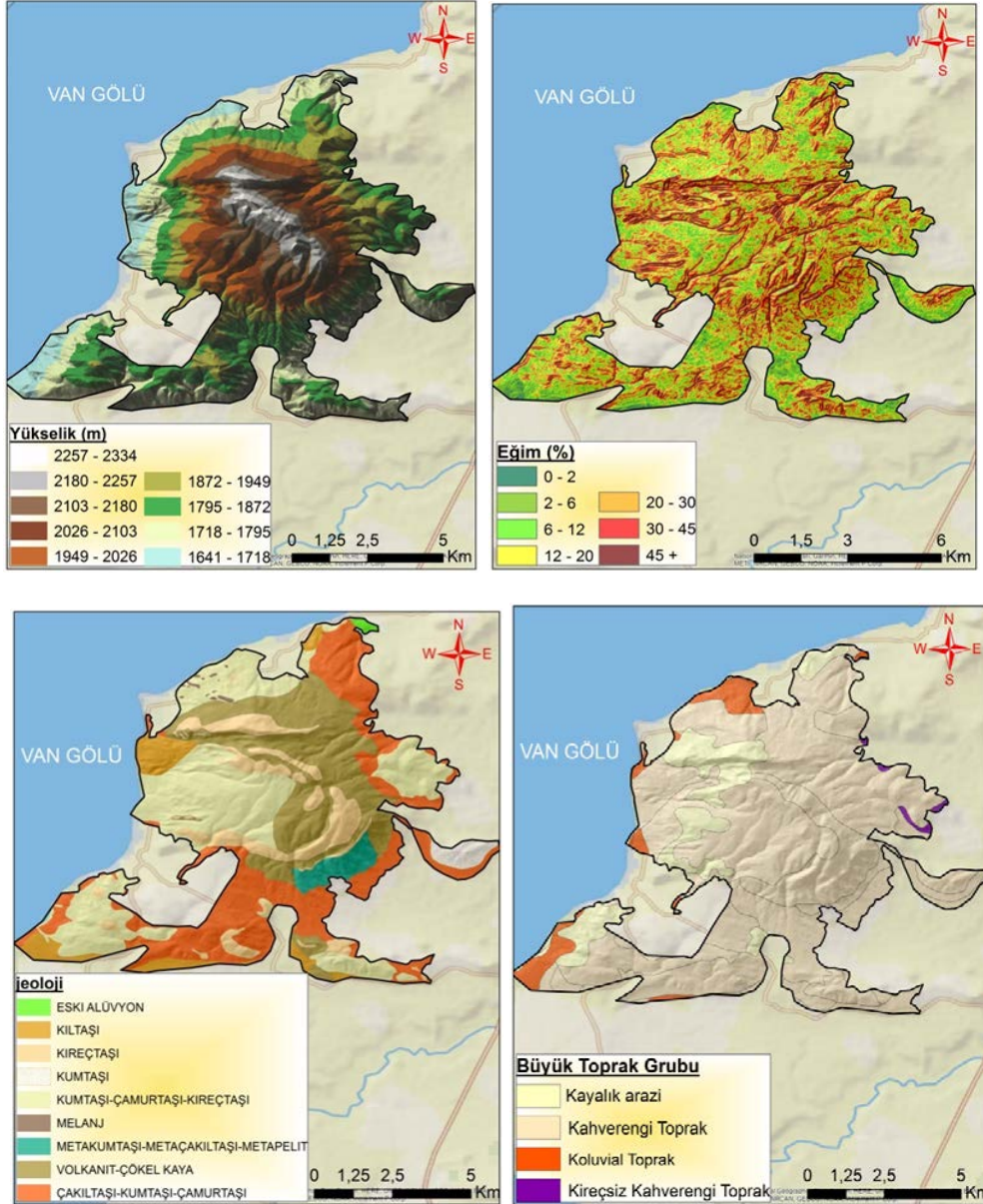
### 2.1. Araştırma alanı genel özellikleri

Çalışma alanı Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Van Gölü havzası içerisinde ve Türkiye'nin en büyük gölü olan Van gölünün doğu kıyısında bulunmaktadır (Şekil 1). Araştırma sahası 4282000-4292000K ve 340000-354000D (WGS-84, UTM-m, 38 Zone) koordinatları arasındadır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon ve toprak örnekleri haritası  
Figure 1. Study area location and soil samples map

Çalışma alanına ait yükseklik, eğim, jeoloji ve toprak haritaları Şekil 2’ de verilmiştir. Çalışma alanı yaklaşık 6024 ha alan kaplamakta olup deniz seviyesinden 1641 m ile 2334 m yükseklikte bulunmaktadır. Çalışılan mera arazilerinin çoğunlukla orta ve doğu kısımlarında eğim artışı olduğu görülmektedir. Alana ait jeoloji haritasına göre alanda baskın olan Tersiyer ve Kuaterner dönemlerine ait konglomeratik alüvyon materyaller, kumtaşı, çamur taşı kireç taşları ile volkanik çökeller yer almaktadır (Stockhecke ve ark., 2014). Ayrıca alanda yaygın olarak kahverengi, kireçsiz kahverengi ve kolüvyal topraklar yayılım göstermektedir. Van gölüne yakın bazı küçük alanlarda ise alüvyal topraklar yer almaktadır (Karaca ve ark., 2021). Uzun yıllar (1939-2019) meteorolojik verilere göre (MGM, 2021), yıllık ortalama sıcaklık 9.4 oC ve yıllık ortalama yağış miktarı ise 396 mm’ dir. Newhall simülasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000) toprak nem rejimi mesic ve sıcaklık rejimi xeric (dry xeric) olarak belirlenmiştir (Karaca ve ark., 2021).



Şekil 2. Çalışma alanına ait eğim, yükseklik, jeoloji ve toprak haritaları  
Figure 2. Slope, elevation, geology and soil maps of the study area

Çalışma alanı, Türkiye'nin en büyük üç flora bölgesinden biri olan İran-Turan fito-coğrafik bölgesinde yer almaktadır (Ünal ve Behçet 2007). Bununla birlikte, araştırma alanının doğal florası; antropojenik faktörler, özellikle erken ve aşırı otlama, toprak sıkışması, erozyon vb. nedenlerden dolayı zarar görmüştür. Araştırma alanında orman vejetasyonu bulunmamaktadır. Bölge; bozkır, çayır ve subalpin-Alp olmak üzere üç bitki örtüsü türünü içerir. Bölgenin en büyük kısmı step alanlarla kaplıdır. Toprak örneklemesinin yapıldığı yerlerde gözlemlenen yaygın mera bitki türleri şunlardır: Bromus sp., Festuca sp., Poa sp., Astragalus sp., Salvia sp., Lolium Sp., Achillea sp., Artemisia sp., Carex acuta sp., Ranunculus sp., Alyssum sp., Taraxacum sp., Dactylis sp., Onobrychis sp., Phleum sp., Plantago sp.

## 2.2. Yöntem

Mera topraklarının kalite çalışmasında, Amerika Tarım Bakanlığı personeli tarafından geliştirilmiş "Toprak Amenajmanı Değerlendirme Çerçevesi" (SMAF) modelinden yararlanılmıştır (Andrews ve ark., 2004). Modelin temel yaklaşımı, toprakların tarımsal üretkenlik ve ekolojik fonksiyonlarını karşılama yeteneklerinin değerlendirmesidir. Bu nedenle model, toprağın oluşumsal özelliklerine yönelik kalitesinden daha çok mevcut ve geçmişteki toprak yönetim uygulamalarının etkisini yansıtan dinamik toprak kalitesini göz önünde bulundurmaktadır. SMAF modeli toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik indikatörleri kapsamında; yarıyışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, toprak organik karbon içeriği, toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik, sodyum adsorpsiyon oranı, bitkiye yarıyışlı fosfor ve potasyum, potansiyel mineralize olabilir azot, mikrobiyal biyokütle karbonu ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi indikatörleri olmak üzere 13 indikatör içermektedir. Bu çalışma kapsamında potansiyel mineralize olabilir azot ve beta-Glukosidaz enzim aktivitesi dışında on bir indikatör kullanılmıştır.

Model içerisinde skorlamada doğrusal olmayan skorlama fonksiyonları kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bu kavram, ilk defa Karlen ve Stott (1994) tarafından toprak indikatörlerinin gerek yorumlamalarında gerekse de skorlama işlemlerinde kullanılmıştır. Bu amaçla araştırmacılar üç ana skorlama eğrisi kullanmışlardır. Bu skorlama eğrileri "daha fazla daha iyidir", "daha az daha iyidir" ve "orta nokta optimumdur" şeklinde tanımlanmaktadır. Her SMAF skorlama eğrisinin bir algoritması veya alternatif algoritma ile mantıksal bir ifadesi bulunmaktadır. Model içerisinde algoritmalar, ölçülen indikatörlerin ampirik değerleri ile normalize edilmiş skorlar arasındaki kantitatif ilişkilerdir. Model içerisinde mera dahil olmak üzere yaklaşık 150 ürün çeşidi bulunmaktadır. Dolayısıyla, yetiştirilen ürün çeşidine bağlı olarak indikatörlerin skorlama değerleri değişebilmektedir.

SMAF modeli kullanılarak indikatörlerin skor hesaplamalarında, toprakların taksonomik sınıfları, iklim, çalışmanın yapıldığı sahada yetiştirilen ürünün çeşidi ve sezonu yanı sıra; nem rejimi, toprak sınıfına göre demir oksit sınıfı, ayrışma sınıfı, toprağın içerdiği mineral çeşidi vb. gibi çalışma yapılan alanın bazı pedogenetik özelliklerine ait bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Andrews ve ark. (2004) toprak kalitesi için belirledikleri indikatörler için en önemlilerinin seçilmesi amacıyla uyguladıkları minimum veri seti ve sonrasında SMAF modeli için kullanılan indikatörlerin skorlanması için kullanılan fonksiyonel eşitlikler Çizelge 1' de verilmiştir.



Çizelge 1. İndikatörlerin yorumlanmasında kullanılan algoritmalar (Andrews ve ark., 2004)  
 Table 1. Algorithms used in the interpretation of indicators (Andrews et al., 2004)

İndikatör	Skorlama Algoritması	Sabit Parametreler	Bölgeye Özgü Parametreler
AGG	Eğer $AGG > 50$ ve $[y=a+b*\cos(c*AGG-d)] < 1$ ise $y=1$ 'dir. Değil ise $y=a+b*\cos(c*AGG-d)$	$a=-0.8, b=1.799, c=0.0196$	$d=f(iOM\#, \text{tekstür}\dagger\dagger, Fe_2O_3\dagger\dagger)$
AWC	Eğer bölge kuraksa $y=(a*b+c*AWC^d)/(b+AWC^d)$ , Değil ise $y=a+b*\cos(c*AWC+d)$	$a=0.0114; c=1.088;$ $d=2.182 a=0.477; b=0.527;$ $c=6.878$	bölge§§, $b=f(\text{tekstür}, iOM)$ ; $d=f(\text{tekstür})$
Db	Eğer tekstür $> \%35$ 'den fazla kil içeriyorsa, $y=a-b*e^{(-c*Db)}$ , Aksi halde $y=a-b*e^{(-c*Db)}$	$a=0.994$ $a=0.994$	$b, c, d=f(\text{tekstür}, \text{mineraloji}\ \ \ )$ ; $b, c, d=f(\text{tekstür})$
EC	Eğer $EC \leq 0.3$ ise $y=EC*3.33$ Eğer $0.3 < EC < T$ ise, $y=1$ Eğer $EC \geq T$ ise, $y=a+b*EC$	$a=1-bT$	$T\#\# = f(\text{metot}\dagger\dagger\dagger, \text{ürün}\dagger\dagger\dagger, \text{tekstür})$ ; $b=f(T)$
MBC	$y=a/[1+b*e^{(-c*MBC)}]$	$a=1.0; b=40.478$	$c=f(iOM, \text{tekstür}, \text{mevsim}\§§§)$
pH	$y=a*e^{[-(pH-b)/(2*c^2)]}$	$a=1.0$	$b, c=f(\text{ürün})$
PMN	$y=a/[1+b*e^{(-c*PMN)}]$	$a=1; b=50.1;$	$c=f(iOM, \text{tekstür}, \text{iklim}\ \ \ )$
SAR	Eğer $EC \leq 0.2$ ise, $y=1/[a+b(SAR^c)]$ ;  Eğer $0.2 < EC \leq 0.55$ ise, $y=a+b*SAR+c*SAR^2+d*SAR^3+e*SAR^4+f*SAR^5+g*SAR^6$ ;  Eğer $EC > 0.55$ ise $y=a+b*SAR+c*SAR^2+d*SAR^3+e*SAR^4$	$a=4.06; b=0.79; c=3.05$ $a=0.8; b=0.013; c=0.07;$ $d=0.03; e=0.005$ $f=5.5*10^{-4}; g=-2.1*10^{-5}$ $a=1.0; b=-0.07; c=0.012;$ $d=-6.8*10^{-4};$ $e=-2.39*10^{-5}$	EC  EC  EC
P	Eğer $P \leq \max$ (ürün ve metot için) ise, $y=(a*b+c*P^d)/(b+P^d)$ ;	$a=9.26*10^6; c=1.0; d=3.06$ $a=1; b=4.5; d=-2$	$b=f(\text{ürün}, TOC, \text{tekstür}, \text{metot}\dagger\dagger\dagger)$ $c=f(\text{eğim}\###, TOC, \text{tekstür}, \text{metot})$
TOC	$y=a/[1+b*e^{(-c*TOC)}]$	$a=1, b=50.1$	$c=f(iOM, \text{tekstür}, \text{iklim})$

Makroagregat Stabilitesi (AGG-%), Yarıyıllı Su Kapasitesi (AWC-g g<sup>-1</sup>), Hacim Ağırlığı (Db-g cm<sup>-3</sup>), Elektriksel iletkenlik (EC-dS m<sup>-1</sup>), Mikrobiyal Biyomas Karbon (MBC) (mg kg<sup>-1</sup>), pH (-log H<sup>+</sup>), Mineralize Edilebilir Azot (PMN-mg kg<sup>-1</sup>), Sodyum Absorpsiyon Oranı (SAR), Fosfor (P-mg kg<sup>-1</sup>), Total Organik Karbon (TOC-%) ve her göstergenin bulunduğu örnek çalışmaların minimum veri kümesi (MDS).

† Puanlama algoritmaları, verileri toprak fonksiyonunun performansına göre dönüştürür; burada gösterge kısaltması gözlemlenen ölçü (x) ve y gösterge puanıdır. Bu algoritmalarındaki diğer değişkenler, bitişik sütunlarda sabit parametreler veya bölgeye özgü parametreler olarak tanımlanmaktadır.

‡ Skorlama algoritmasındaki sabit değişkenler.

§ Skorlama algoritmasındaki araziye bağlı değişkenler ve bu değişkenlere bağlı olarak değişen toprak tipleri veya iklim.

‖ Minimum veri kümesinde (MDS) belirtilen göstergeleri içeren örnek çalışmaların listesi.

#iOM= Toprak alt sınıflarına göre gruplandırılmış doğal organik madde seviyeleri.

†† Tekstür= Toprak tekstürü beş sınıfa ayrılır.

‡‡ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= Sınıf; ultik alt grup ve Ultisollerini içerir.

§§ Bölge= Ana arazi kaynakları; kurak ve kurak olmayan veya Kuzey ve Güney olarak gruplandırılmıştır.

‖‖ Kil mineralojisi smektetik, camsı ve diğer olarak gruplandırılmıştır.

##T= Ürüne ve EC metoduna dayalı eşik değeri seviyesi, bu seviyenin üzerine çıktığında verim düşüşlerinin gerçekleşmesi beklenir.

††† Metot= Belirtilen uygulama için kullanılan metodoloji

‡‡‡ Ürün= Mevcut ürün için gereksinimler ya da, EC için, bir rotasyondaki ürünlerden en düşük eşik değerine sahip ürün.

§§§ Mevsim= İklimle bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen mevsimsel değişiklikler.

‖‖‖ İklim= Yıllık ortalama yağışa ve donma derecesinin üzerinde sıcaklığa sahip günlere bağlı olarak sınıflandırılmış ana arazi kaynak alanları.

### Eğim= fonksiyonun eğimi.

İndikatörlerin aldığı değerlerin tek indeks içine dâhil edilmesi işlemi, toprak kalitesinin bir bütün olarak değerlendirilmesini ve toprak fonksiyonları üzerine uygulanan amanjman uygulamalarının etkilerini anlamamızı mümkün kılacaktır. Bu amaçla SMAF modeli eklemeli indeks yöntemini kullanılmaktadır. Eklemeli indeks hesabında her bir indikatörden gelen değer toplanmakta ve indikatör sayısına bölünmektedir. Sonuç 100 ile çarpıldığında ise toprağın belirlenen fonksiyonu gösterme kapasitesi olarak ifade edilen toprak kalitesi yüzde olarak belirlenmektedir. Toprak kalite indeksi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$TKI = \left[ \frac{\sum_i^n Xi}{n} \right] \times 100$$

TKİ: Toprak kalite indeksi, Xi: skorumaya yapılan indikatör değeri, n: indikatör sayısı

Toprak kalite skorlamasına yönelik sınıflarda ise eğer sonuçlar 40'ın altında ise çok düşük, 40-55 arasında ise düşük, 55-70 arasında ise orta, 70-85 arasında yüksek ve > 85 ise çok yüksek olarak değerlendirilmiştir (Gugino ve ark., 2009).

2018 yılının Nisan-Mayıs ayları arasında gerçekleştirilen arazi çalışmasında mera arazilerinden 0-30 cm derinlikten toplam 150 toprak örnekleme yapılmıştır (Şekil 1). Her bir toprak örneği, biyolojik parametrelerin analiz edilmesinden önce 4 °C'de analiz yapılmaya kadar saklanmıştır. Geriye kalan numuneler laboratuvar şartlarında havayla kurutulmuş, 2 mm elekten geçirilmek üzere öğütülmüş, iyice karıştırılmış ve analiz için saklanmıştır. Toprak örneklerinde hacim ağırlığı Blake ve Hartge, (1986) tarafından bildirilen yöntemle, tarla kapasitesi ve solma noktası Klute (1986)'a göre, toprakların yarıyışlı su içeriği ise tarla kapasitesindeki toprağın nem içeriğinin solma noktasındaki nem içeriğinden çıkarılması ile hesaplanmıştır (Klute, 1986). Agregat stabilitesi Kemper ve Rosenau (1986)'a göre, organik madde Nelson ve Sommers (1982) tarafından belirtilen modifiye edilmiş Walkey-Black metoduna göre yapılmıştır. Yarıyışlı fosfor, Olsen ve ark. (1954) tarafından bildirilen yöntemle hesaplanırken, ekstrakte edilebilir potasyum ise 1 N amonyum asetat çözeltisi kullanılarak belirlenmiştir (Thomas, 1982). Toprakların pH ve Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, doygunluk çamurunda pH-EC metreyle ölçülmüştür (Rhoades ve ark., 1999). SAR değeri ise, saturasyon çamurundan elde edilen süzüklerden hesaplanan Na, Ca ve Mg konsantrasyonları ile aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1996).

$$SAR = ([Na]) / \sqrt{([Ca] + [Mg]) / 2}$$

Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı parametreler en küçük, en büyük, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri SPSS programı (SPSS 23) yardımı ile hesaplanmıştır. Dağılım haritalarının oluşturulmasında ise ArcGIS 10.5v programı kullanılmış ve en uygun dağılım modelinin seçilmesinde ise en düşük karekök ortalama hata değerini veren (RMSE) yöntem, en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. Karekök ortalama hatanın hesaplanmasında aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_i)^2}{n}}$$

Zi: tahmin edilen değer, Zi\*: ölçülen değer ve n: örnek sayısını ifade etmektedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ve kalite skorları arasındaki korelasyon

Çalışma alanından alınan 150 toprak örneğinde on yedi fizikokimyasal ve biyolojik kalite faktörleri incelenmiştir. Faktörlere ait değerler, simetrik bir dağılım göstermeleri durumunda normal dağılım olarak nitelendirilmektedir. Fakat normal dağılımda simetrikliğin bozulma derecesi çarpıklık (skewness) olarak adlandırılmaktadır. Bu dağılım sağa uzun kuyruklu durumda sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu durumda ise sola (negatif) çarpık olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca, normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesi de basıklık (kurtosis) olarak adlandırılmaktadır (Yıldız ve ark., 1998). Çalışmada indikatörlerin değişkenlik katsayılarına da bakılmıştır. Dengiz ve ark., (2015) ve Wilding'e (1985) göre, toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısı, aldığı değerlere göre düşük (< %15), orta (% 15-35) ve yüksek (> %35) olarak sınıflandırılmaktadır.

Tanımsal istatistik sonuçlarına göre Çizelge 2 incelendiğinde çarpıklık katsayıları pH, silt, kum, YS, P, K, fiziksel, kimyasal, biyolojik kalite skoru ve toprak kalite indeksi skoru normal dağılım sergilerken, diğer özellikler ise normal dağılımdan uzak olarak belirlenmiştir. Normal dağılımdan uzak hacim ağırlığı (HA), pH, kum, P, fiziksel kalite skoru negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer normal dağılmayan özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. Değişkenlik katsayısı ise çalışma alanı topraklarında pH, EC, HA, yarıyışlı su (YS), fosfor (P), toprak organik karbon (TOK), organik madde (OM) için düşük silt, kum, kil, mikrobiyal biomas karbon, fiziksel kalite skoru, kimyasal kalite skoru ve toprak kalite skoru orta değişkenlikte, diğer toprak özellikleri ise yüksek değişkenliktedir. Mera topraklarında pH 7.74-8.91 arasında değişirken EC değerleri ise 0.08-0.90 dS m<sup>-1</sup> arasında değişmekte ve ortalama EC değeri ise 0.21 dS m<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Kil miktarı % 11.60- 40.00, silt % 7.60-28.00 ve kum % 44.00-76.40 arasında değişmekte olup, EC, OM, kil ve silt sağa çarpık; buna karşın pH, kum, HA ve fosforun ise

sola çarpık dağılım gösterdiği görülmektedir. Çalışma alanındaki mera topraklarının hacim ağırlığı değerleri 1.46 ile 1.61 g cm<sup>-3</sup> arasında değişmekte olup, ortalama hacim ağırlığı, killi topraklar için beklenen daha yüksek olarak belirlenmiştir. Toprakların kimyasal kalite skoru ortalama 51.55 iken biyolojik kalite skor ortalama değeri 72.32 olarak belirlenmiştir. Tüm toprakların ortalama toprak kalite indeks değerleri ise 46.62-67.62 arasında değişmektedir.

Çizelge 2. Toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ile fiziksel, kimyasal, biyolojik kalite skoru ve toprak kalite skoru değerlerine ait tanımsal istatistik değerleri

Table 2. Descriptive statistical values for physico-chemical properties of soils and physical, chemical, biological quality score and soil quality score values

Tanımlayıcı İstatistikler	Ort.	S.S	D.K*	Varyans	E.D.D	E.Y.D	Çar.**	Bas.
pH	8.33	0.20	1.17	0.04	7.74	8.91	-0.09	0.22
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.21	0.09	0.82	0.00	0.08	0.90	3.32	18.30
Silt (%)	18.74	4.00	20.40	16.07	7.60	28.00	0.17	-0.39
Kum (%)	59.29	5.64	32.40	31.87	44.00	76.40	-0.04	-0.06
Kil (%)	21.63	3.50	28.40	12.27	11.60	40.00	0.86	4.95
HA gr/cm <sup>3</sup>	1.55	0.02	0.15	0.00	1.46	1.61	-0.87	0.82
YS (%)	0.09	0.01	0.07	0.00	0.07	0.14	0.31	0.84
AS (%)	42.60	14.68	74.72	215.65	14.70	89.42	0.73	0.69
P (mg/kg)	3.86	1.40	6.07	1.98	1.15	7.22	-0.08	-0.70
MBK	12.60	6.33	33.20	40.12	2.80	36.00	1.10	1.19
TOK (%)	0.80	0.36	1.78	0.13	0.21	1.99	0.81	0.50
K (mg/kg)	396.48	117.84	564.78	13886.59	153.89	718.67	0.30	-0.29
OM (%)	1.41	0.63	3.11	0.40	0.38	3.49	0.81	0.51
FKS	55.84	5.49	27.66	30.20	41.48	69.14	0.05	-0.31
KKS	51.55	5.95	31.17	35.47	39.12	70.29	0.30	-0.20
BKS	72.32	8.77	39.21	76.96	55.64	94.85	0.42	-0.37
TKI	55.12	4.09	21.00	16.78	46.62	67.62	0.17	-0.44

Ort.: Ortalama. S.S.: Standart sapma. DK.: Değişkenlik katsayısı. EDD: En Düşük Değer. EYD: En Yüksek Değer. Çar: Çarpıklık. Bas: Basıklık. TOK: Toprak Organik Karbon. MBK: Mikrobiyal Biyomas Karbon. HA: Hacim Ağırlığı. FSK: Fiziksel Kalite Skoru. KKS: Kimyasal Kalite Skoru. BKS: Biyolojik Kalite Skoru. TKI: Toprak Kalite İndeksi

\*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik. 15-35 = Orta Değişkenlik. >35 = Yüksek Değişkenlik

\*\*Çarpıklık: < | $\bar{F}$ 0.5 | = Normal Dağılım. 0.5- 1.0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1.0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

Ayrıca yapılan Spearman korelasyon analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Buna göre kimyasal kalite skoru ile toprak özelliklerinden 8 adedi, fiziksel kalite skoru ile toprak özellikleri arasında 7 adedi, biyolojik kalite skoru ile toprak özellikleri arasında 6 adedi ve mera topraklarının toprak kalite skoru ile indikatörler arasında 8 adedi istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05; p<0.01) bulunmuştur.

Fiziksel kalite skoru ile silt (0.417\*\*), kil (0.364\*\*), YS (0.592\*\*), AS (0.780\*\*) TOK (0.312\*\*) ve OM (0.310\*\*) %1 düzeyinde pozitif bir ilişki varken, kum (-0.519\*\*) ve HA (-0.383\*\*) ile %1 düzeyinde negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Kimyasal kalite skorunun toprak özellikleri arasındaki ilişkide ise pH (-0.413\*\*) ve BD (-0.460\*\*) ile %1 düzeyinde negatif bir ilişki söz konusu iken AS (0.222\*\*), MBK (0.305\*\*), TOK (0.762\*\*), K (0.351\*\*) ve OM (0.763\*\*) ile %1 düzeyinde pozitif bir ilişki söz konusudur. Biyolojik kalite skoru ile toprak özellikleri arasında pH (-0.487\*\*) ve BD (-0.403\*\*) ile % 1 düzeyinde negatif bir ilişki, kil (-0.194\*) ile % 5 düzeyinde negatif bir ilişki varken, kum (0.216\*\*), MBK (1.00\*\*) ve K (0.418\*\*) arasında % 1 düzeyinde pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Mera toprak kalite değerleri ve indikatörler arasındaki ilişkide pH (-0.421\*\*) ve BD (-0.440\*\*) ile % 1 düzeyinde negatif bir ilişki varken, AS (0.527\*\*), P (0.219\*\*), MBK (0.400\*\*), TOK (0.722\*\*), K (0.341\*\*) ve OM (0.722\*\*) % 1 düzeyinde pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.



Çizelge 3. Fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toprak kalite skorları ile indikatör ve toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları

Table 3. Results of correlation analysis between physical, chemical, biological and soil quality scores, indicator and soil properties.

İndikatörler	FKS	KKS	BKS	TKI
pH	-0.056	-0.413**	-0.487**	-0.421**
EC dS m <sup>-1</sup>	-0.059	0.050	0.093	0.057
Silt %	0.417**	-0.119	-0.154	-0.127
Kum %	-0.519**	0.127	0.216**	0.139
Kil %	0.364**	-0.100	-0.194*	-0.096
HA gr/cm <sup>3</sup>	-0.383**	-0.460**	-0.403**	-0.440**
YS %	0.592**	-0.029	-0.089	-0.048
AS %	0.780**	0.222**	-0.071	0.527**
P mg / kg	0.121	0.160	0.147	0.219**
MBK	-0.065	0.305**	1.000**	0.400**
TOK %	0.312**	0.762**	0.024	0.722**
K mg/kg	-0.119	0.351**	0.418**	0.341**
OM %	0.310**	0.763**	0.024	0.722**

\*: p<0.05; \*\*: p<0.01

MBK: Mikrobiyal Biyomas Karbon. HA: Hacim Ağırlığı. TOK: Toprak Organik Karbon. FSK: Fiziksel Kalite Skoru. KKS: Kimyasal Kalite Skoru. BKS: Biyolojik Kalite Skoru. TKI: Toprak Kalite İndeksi

### 3.2. Toprak kalite indeksi ve konumsal dağılımı

Toprak parametreleri; toprakların fonksiyonel durumlarını sağlıklı bir şekilde yerine getirmelerinde, çok sayıda ve farklı katkı oranlarında etkide bulunmaktadır. Fakat çok iyi bilinmemektedir ki, bu parametrelerin tümünün toprak kalite değerlendirme çalışmalarında göz önünde bulundurulması, imkân, zaman, maliyet gibi hususlardan dolayı mümkün olmadığı gibi gerekli de değildir. Bu nedenle uygun indikatörlerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Çalışmada mera toprak kalitesine yönelik ele alınan indikatörlerin, birçok farklı toprak kalite çalışmalarında da ele alındığı görülmektedir (Arshad ve Martin, 2002; Qi ve ark., 2009; Swanepoel ve ark., 2014; Mukhopadhyay ve ark., 2014; Rahmanipour ve ark., 2014; Ahmed ve ark., 2014, 2016; Sanchez-Navarro ve ark., 2015; Chen ve ark., 2013; Linlin ve ark., 2017; Nabiollahi ve ark., 2017; Demirağ Turan ve ark; 2019; Dengiz 2020; Karaca ve ark., 2021). İndikatörlerin toprak fonksiyonuna katkısı göz önüne alındığında, model içerisinde skorlama eğrilerinde toprak organik

karbon içeriği, agregat stabilitesi, yarayışlı su içeriği, su dolu gözenek hacmi, bitkiye yarayışlı fosfor ve potasyum, mikrobiyal biyomas karbonu “daha fazla daha iyidir”, elektriksel iletkenlik, sodyum adsorpsiyon oranı ve hacim ağırlığı “daha az daha iyidir” ve toprak pH’sı ise “orta nokta optimumdur” şeklinde ele alınmıştır. Toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplam kalite skorlarına yönelik sınıflamada Gugino ve ark., (2009) belirlediği skor değerlerinin sınıflandırılması yöntemi ele alınmıştır. Ayrıca alan içerisinde, konumsal dağılım alanlarının belirlenmesinde kullanılan on beş adet enterpolasyon modellerinden en uygun olanları belirlenerek Çizelge 4’de sunulmuş, dağılım haritaları ise Şekil 3’de verilmiştir. Kalite skorlarına ait dağılım haritalarının oluşturulmasında fiziksel ve kimyasal kalite skor dağılımı için Kriking’in basit semivariogramına ait Gaussian en uygun model olarak belirlenirken, biyolojik kalite skor dağılımı için ise yine aynı semivariogramına ait Exponential modelde en düşük RMSE değeri elde edilmiştir. Toplam mera toprak kalite skor dağılımında ise yine Kriking’e ait universal semivariogramına ait Gaussian modeli en uygun model olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Fiziksel kimyasal, biyolojik ve toplam kalite skorlarına ait en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri

Table 4. RMSE values of the most suitable semivariogram models for physical, chemical, biological and total quality scores

Modeller	Semivariogramlar	RMSE değerleri			
		FKS	KKS	BKS	TKI
Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW)	1	5.589	5.393	7.383	3.759
	2	6.059	5.638	7.605	3.855
	3	6.570	5.990	7.925	4.071
Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF)	Thin Plate Spline	8.750	7.071	8.784	4.939
	Completely Regularized Spline	5.822	5.470	7.326	3.751
	Spline with Tension	5.748	5.434	7.306	3.739
Kriging	Ordinary				
	Gaussian	5.466	5.320	7.562	3.708
	Exponential	5.475	5.369	7.304	3.744
	Spherical	5.484	5.343	7.398	3.727
	Simple				
	Gaussian	<b>5.403</b>	<b>5.297</b>	7.395	3.680
	Exponential	5.444	5.378	<b>7.235</b>	3.722
	Spherical	5.416	5.319	7.314	3.698
	Universal				
	Gaussian	5.466	5.320	7.562	<b>3.708</b>
	Exponential	5.475	5.369	7.304	3.744
	Spherical	5.484	5.343	7.398	3.727

Toprakların fiziksel kalite skor değeri dağılımına bakıldığında 41.48 ile 69.14 arasında değişmekte olup, ortalama 55.84 ile orta sınıfa girmektedir. Alan içerisindeki dağılımı ise Şekil 3’de görüldüğü üzere özellikle çalışma alanının orta ve güneydoğu kesimlerinde fiziksel kalite skorunun en düşük düzeylerde dağılım sergilerken, kuzey ve güneybatı kesimlere doğru fiziksel kalite skorunda artış olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle topoğrafik değişimle de yakınlık göstermekte olup, eğimin dikleştiği ve bitki örtüsünce zayıf sığ toprakların dağılım gösterdiği alanlardır. Mera topraklarının agregat stabilite skoru 5.84 ile 77.30 arasında değişmekte ve ortalama agregat stabilite skoru 40.1 ile düşük sınıfta yer almaktadır. Bunun nedeni, mera toprak örneklerinin yaklaşık %77’sinin düşük ve çok düşük agregat stabilite skoruna sahip olmasıdır. Çünkü, bu topraklar genellikle eğimli, su erozyonu etkisi altında kalan, sığ derinliğe sahip konumlarda bulunmaktadır. Toprakların kum içeriği yüksek ve organik madde kapsamı düşüktür. Ayrıca; alanın yağış miktarının düşük, yarı kurak iklim özelliğine sahip olması sonucu vejetasyon yoğunluğunun az ve toprakların agregatlaşmasını sağlayacak kadar zamanın geçmemesi gibi nedenler sıralanabilir. Bu nedenle, alanda özellikle aşırı otlatmanın azaltılması ve otlatma periyotlarının ve kapasitesinin belirlenmesinin yanı sıra mera ıslah çalışmaları yapılması gerekmektedir. Diğer bir fiziksel kalite indikatörü olan toprakların yarayışlı su kapasitesi skorunun ortalama 50.8 ile düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, agregat stabilitesinde olduğu gibi toprakların su tutma kapasiteleri üzerine özellikle organik madde ve kil çeşidi miktarının önemli oranda etki etmesidir. Düşük organik madde ve kil miktarı ayrıca, toprakların hacim ağırlığı değerinin artışına da neden olmaktadır ve 47.2 skor değeri ile düşük sınıf içerisinde olduğu belirlenmiştir. Çok iyi bilinmektedir ki; toprakların hacim ağırlığının düşürülmesi, su tutma kapasitesinin, infiltrasyon oranının ve agregat stabilitesinin iyileştirilmesi, su ve toprak kaybını önlemek için ana faktörlerdir. Bu nedenle, toprakların yarayışlı su kapasitesi değeri ve dolayısıyla skorunun artırılması, özellikle su kısıntısının yaşandığı yarı kurak-kurak bölgelerde toprakların daha fazla su depolayacağı anlamına gelmesi nedeniyle son derece önemlidir. Toprakların fiziksel toprak kalitelerinin artırılmasına yönelik olarak toprak strüktür gelişimi ve organik madde artışı sağlayacak mera ıslah çalışmalarına yer verilmesi gerekmektedir.

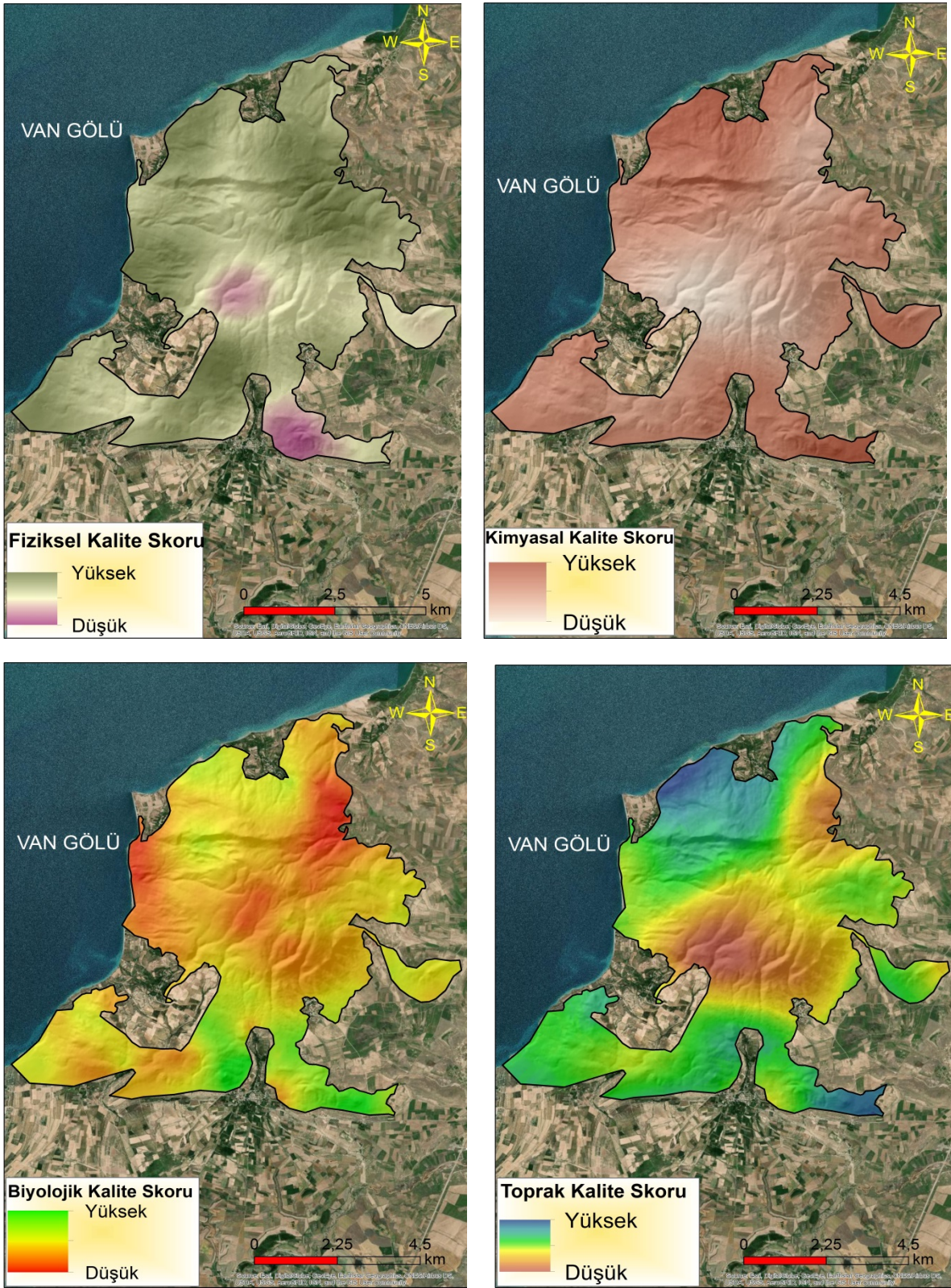
Toprakların kimyasal kalite skorlarının belirlenmesinde mera topraklarına ait EC, pH, yarayışlı fosfor, potasyum, SAR ve OM skorları değerlendirilmiştir. Fakat birçok toprak özelliği ile doğrudan veya dolaylı etkileşime sahip olan toprak organik maddesi, bazı çalışmalarda biyolojik toprak kalite faktörleri arasında değerlendirilmektedir (Doran ve Parkin, 1996; Martinez-Salgado ve ark. (2010). Toprakların kimyasal kalite indeks değerleri 39.12 ile 70.29 arasında değişmekte olup ortalama 51.55 ile düşük sınıf içerisinde yer almaktadır. Kimyasal kalite indeks skor değerlerinin alan içerisinde göstermiş olduğu desenin fiziksel toprak kalite dağılımına paralellik göstermekte olduğu görülmektedir (Şekil 3). Özellikle erozyona maruz kalmış, eğimli, organik madde içeriği az ve genellikle kaba bünyeli olan orta kesimlerin kimyasal kalite indeks değerleri de düşük olarak belirlenmiştir. Kimyasal kalite indeksi

için ele alınan indikatörlerden toprakların yarıyıllık fosfor içeriği 31.1 ile (çok düşük) en düşük skor değerine sahip iken, EC ve SAR ise en yüksek skor değerlerine sahiptir. Toprak organik karbon skor değerinin ise 40.3 ile düşük sınıfta olduğu belirlenmiştir. Meralarda bilinçsiz otlatma toprakların organik madde kaynaklarının azalmasına neden olabileceği gibi özellikle toprağın sıkışması, agregatların zayıflaması sonucu olarak da toprağın su ve hava sirkülasyonunu azaltmakta, bitki kök gelişimine olumsuz etki yapmaktadır. Toprakların tuz içeriklerinin düşük ve pH özelliklerinin ise hafif alkali-alkali arasında değişmekte olması nedeniyle problem gözükmemesine karşın özellikle fosfor içerikleri dolayısıyla, kalite skor değerlerinin düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Bunun en büyük sebebi ise mera topraklarının besin elementlerinin özellikle de fosforun, erozyonla ortamdaki uzaklaşmasıdır.

Toprak erozyonunun en önemli etkisi, toprağın organik madde içeriği ve biyolojik bakımından en zengin üst toprağın kaybına neden olduğu çok iyi bilinmektedir. Pimentel ve Kounang (1998), erozyonla taşınan toprağın geride kalan topraktan 1.3-5 kat daha fazla organik madde içerdiğini ve toprak organik maddesinin bitki gelişiminde hayati önemi olan azotun %95'ini, fosforun %25-50'sini ve toprak mikroorganizmalarının büyük bölümünü oluşturduğunu belirtmişlerdir. Yüksek oranda besin içeren bu katmanın kaybı topraktaki organik madde miktarının azalmasına yanı sıra, besin elementlerinin özellikle fosfor içeriklerinin de ciddi şekilde düşmesine neden olur.

Mera arazilerinde biyolojik göstergeler, aşırı otlatma, erozyon, amaç dışı kullanımlar gibi olaylardan dolayı hızlı bir şekilde olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Çünkü bu olaylar, daha fazla substrat sağlayarak mikrobiyal gelişim için tercih edilen toprak durumunu kolayca değiştirebilir. Bu nedenle, biyolojik özellikler, herhangi bir yönetim uygulamasına veya diğer tarımsal faaliyetlere duyarlıdır (Franchini ve ark., 2007; Filip, 2002) ve toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değiştirilmesi için uzun vadeli ve yoğun aktiviteye ihtiyacı olması nedeniyle, toprak kalitesi üzerindeki etkilerinin biyolojik özelliklerden daha az olduğunu belirtmiştir. Biyolojik kalite skor indikatörü olarak özellikle ele alınan mikrobiyal biyomas karbon skor değeri 55.64 ile 94.85 arasında olup, ortalama 72.32 ile fiziksel ve kimyasal kalite indeks skor değerleri ile karşılaştırıldığında yüksek sınıf içerisinde olduğu belirlenmiştir. Fakat bu durum alan içerisinde homojen olarak dağılım göstermeyip, Çizelge 2'de de görüleceği üzere değişkenliği oldukça yüksektir. Fiziksel ve kimyasal kalite indekslerinde olduğu gibi çalışma alanının orta kesimlerinde düşük skor değerleri yer alırken özellikle alanın kuzeydoğu ve batı kesimlerinde de düşük biyoloji kalite indeks değerleri olduğu görülmektedir (Şekil 3).

Çalışma alanında dağılım gösteren mera topraklarının ortalama toprak kalite indeks skoru 55.12 ile orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toprak kalite indeks skor değerleri, alan içerisindeki mekansal dağılımlarına bakıldığında (Şekil 3), diğer kalite indeks skorlarında olduğu gibi merkez alanda oldukça düşük iken, özellikle kuzey ve batıya doğru artış gösterdiği görülmektedir. Benzer şekilde güneybatı ve güneydoğu kesimlerde az da olsa skor değerinde artış olabilmektedir. Nitekim Karaca ve ark., (2021) yarı kurak ekosistemde mera topraklarının çok kriterli ağırlıklandırma yaklaşımına dayalı kalite değerlendirmesi sonucunda elde edilen dağılım haritalarına göre, alanın orta kesimlerinde toprak kalite değerinin en düşük seviyede olduğu ve bu çalışma ile benzer bir desen sergilemiş olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda mera toprak kalite skoru ile Mayıs ve Haziran aylarındaki REOSAVI biyokütle değerleri arasında istatistiksel olarak kayda değer bir ilişki bulunduğu bildirilmiştir.



Şekil 3. Mera topraklarına ait fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toprak kalite skorlarına ait dağılım haritaları  
Figure 3. Distribution maps of the physical, chemical, biological and soil quality scores of pasture soils



#### 4. Sonuç

Çalışma alanında SMAF modeline göre kalite skorlaması yapılan 150 adet toprak örneğinin kimyasal toprak kalite indeksi değeri düşük sınıfta belirlenmiş iken biyolojik toprak kalite indeksi yüksek sınıf içerisine girmektedir. Fiziksel toprak kalite sınıfı ve toplam toprak kalite sınıfının ise orta kalite sınıfında oldukları belirlenmiştir. Kalite indekslerinin alan içerisindeki dağılımlarına bakıldığında özellikle biyolojik toprak kalite sınıfı yüksek sınıf içerisinde yer almasına karşın, yüksek değişkenliğe sahip olması nedeniyle alan içerisinde homojen olarak dağılım göstermemektedir. Alan içerisinde özellikle tüm kalite sınıfları için orta kesimler düşük kalite sınıflarının olduğu yer olarak belirlenmiştir. Kısıtlı yağış rejimine bağlı vejetasyonun az olması doğal nedeninin yanında, özellikle uzun yıllardır mera olarak kullanılan alanların aşırı ve plansız otlatma ile erozyona maruz kalmaları sonucu toprakların üretkenlik fonksiyonlarını yitirmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bu nedenle özellikle bozunuma uğramış bu alanlarda mera ıslah çalışmalarının bir an önce hayata geçirilmesi ve çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren mera arazilerinin sürdürülebilir kullanımın sağlanması amacıyla mera arazi planlama çalışmalarının yapılması önerilmiştir.

#### Kaynaklar

- Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N. A., Latif, M. S. Z. ve Randhawa, M. A., 2014. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: A review. *Journal of Agricultural Science*, 152(3), 349–369. doi:10.1017/S0021859613000166.
- Ahmed, G.B., Shariff, A.R.M., Balasundram, S.K., Fikri bin Abdullah, A., 2016. Agriculture land suitability analysis evaluation based multi criteria and GIS approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 37, 012044, doi:10.1088/1755-1315/37/1/012044.
- Amorim H.C.S., Ashworth A.J., Moore P., Wienhold B.J., Savin M.C., Owens P.R., Jagadamma S., Carvalho T.S., Xu S., 2020. Soil quality indices following long-term conservation pasture management practices. *Agriculture Ecosystems & Environment* 301(12):107060. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107060>.
- Andrews, S.S., Karlen, D., Cambardella, C.A., 2004. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68: 1945–1962.
- Arshad, M., Martin, S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 88(2):153-160. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00252-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3).
- Arshad, M.A., Martin, S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Ecosystems & Environment*. 88, 153-160. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00252-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3).
- Bayramin, İ., 2003. Beypazarı Topraklarının Medulus Metoduna Göre Toprak Kalite Toprak Kalite İndekslerinin Belirlenmesi *Harran Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 7 (3-4):29.
- Bilotta, G.S., Brazier, R.E., Haygarth, P.M., 2007. The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Adv. Agron.* 237–280. doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)94006-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94006-1).
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Particle density. In *Physical and Mineralogical Methods*, Edited by: Klute, A. 377–382. Madison: Soil Science Society of America.
- Byrnes, R.C., Eastburn, D.J., Tate, K.W., Roche, L.M., 2018. A global meta-analysis of grazing impacts on soil health indicators. *J. Environ. Qual.* 47, 758–765. doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2017.08.0313>.
- Carter, M.R., 2002. Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and 442 Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions. *Agronomy* 94, 38-47.
- Chaubey, I., Chiang, L., Gitau, M.W., Mohamed, S., 2010. Effectiveness of best management practices in improving water quality in a pasture-dominated watershed. *J. Soil Water Conserv.* 65, 424–437. doi: <https://doi.org/10.2489/jswc.65.6.424>.
- Chen, Y.D., Wang, H.Y., Zhou, J.M., Xing, L., Zhu, B.S., Zha, Y.C., Chen, X.Q., 2013. Minimum data set for assessing soil quality in farmland of Northeast China, *Pedosphere*, 23(5), 564–576.
- Çetiner, M., Gökkuş, A., Parlak, M., 2012. Yapay bir merada otlatmanın bitki örtüsü ve toprak özelliklerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 27(2): 80-88.
- Demirağ Turan, İ., Dengiz O., Özyazıcı M.A., 2018a. Land Quality Assessment For Agricultural Activities In Sinop Province. *International Asian Congress On Contemporary ScienceS*. April 15-24, 2019, Mecca – SAUDI ARABIA. Congress Proceedings Book, Pages 56-71.
- Demirağ Turan, İ., Dengiz O., Özyazıcı M.A., 2018b. Trabzon İli Tarım Topraklarının Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi. *TUCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM* October 3-6, 2018, Ankara. Proceedings Book, Pages 651-661.



- Demirag, Turan, I., Dengiz, O., Özkan, B., 2019. Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semiarid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164, 104933. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104933>.
- 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. doi: <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>.
- Dengiz, O., İç, S., Saygın, F., İmamoğlu, A., 2020. Assessment of Soil Quality Index for Tea Cultivated Soils in Ortaçay Micro Catchment in Black Sea Region. *Journal of Agricultural Sciences* 26; 42-53.
- Dengiz, O., M.A. Özyazıcı., Sağlam, M. 2015. Multi-Criteria assessment and geostatistical approach for determination of rice growing suitability sites in Gokirmak Catchment. *Paddy Water Environment*, 13; 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10333-013-0400-4>.
- Dengiz, O., Sarioğlu, F. E. 2013. Parametric Approach with Linear Combination Technique in Land Evaluation Studies. *Journal of Agricultural Sciences*, 19; 101-112
- Ditzler, C.A., Tugel. A.J., 2002. Soil Quality Field Tools: Experiences of USDA-NRCS Soil Quality Institute. *Agronomy Journal* 94: 33-38.
- Doran, J, Parkin, T.P., 1996. Quantitative Indicators of soil quality: A minimum data set. In: Doran J, Jones, A., editor. *Methods for assessing soil quality*. Wisconsin: Soil Science Society of America; 1996. p. Chapter 2.
- Doran J.W., 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 (2002) 119–127.
- Doran J.W., Zeiss M., 2000. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15(1):3-11.
- Doran, J. W., Jones, A. J. (Eds.) 1996. *Methods for Assessing Soil Quality*. SSSA Special Publication No. 49. Soil Sci. Soc. America. Madison, Wisc.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and Assessing Soil Quality. *Defining Soil 451 Quality for a Sustainable Environment*, 3-21.
- Drewry, J.J., 2006. Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: a review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 114, 159–169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.028>.
- Emadi, M., Baghernejad, M., Memarian, H.R., 2009. Effect of land-use change on soil 453 fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern 454 Iran. *Land Use Policy* 26, 452-457.
- Everest T., Sungur A., Özcan H., 2020. MEDALUS Yöntemi Kullanılarak Karacabey Tarım İşletmesi Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(1): 120–131. doi: <https://doi.org/10.30910/turkjans.680030>.
- Filip, Z., 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88, 169-174.
- Franchini, J.C., Crispino, C.C., Souza, R.A., Torres, E., Hungria, M., 2007. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 92:18-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.12.010>.
- Gugino 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.
- Gülner, M., Barik, K., 2019. Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Podzolik Toprakların Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 50 (2): 128-135. doi: [10.17097/ataunizfd.480971](https://doi.org/10.17097/ataunizfd.480971).
- Johnson, P. N., S. K. Misra, R. T. Ervin. 1997. A Qualitative Choice Analysis of Factors Influencing Post-CRP Land Use Decisions. *Journal of Agriculture and Applied Economics* 29:163-173, July.
- Karaca, S., Dengiz, O., Turan, İ.D., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., Sargin, 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. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107001>.
- Karlen, D.L., Gardner, J.C., Rosek. M.J., 1998. A soil quality framework for evaluating the impact of CRP. *J. Prod. Agric.* 11:56–60.
- Karlen, D.L., Stott, D.E., 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. Pages 53-72, In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A. (Editors) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication no.35, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Kemper, W.R., Rosenau. R.C., 1986. Aggregate stability and sized distribution. p. 425–442. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, SSSA, CSSA, Madison, WI.
- Klingebiel, A.A., Montgomery, P.H., 1961. *Land Capability Classification*. US Department of Agriculture Handbook 210, Government Printer, Washington DC, US.

- Klute, A., 1986. Water retention: Laboratory methods. p. 635-662. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part I. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Lal, R., 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability* 7, 5875–5895. doi: <https://doi.org/10.3390/su7055875>.
- Larson, W. E., Pierce, F. J., 1994. The Dynamics of Soil Quality as a Measure of Sustainable Management, In *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication 35, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 37-51.
- Linlin, J., Guangming, H., Lan, Y., Liu, S., Gao, J., Yang, X., 2017. Corn con biochar increasing soil culturable bacterial abundance without enhancing their capacities in utilizing carbon source in Biolog Eco-plates. *J. Integr. Agric.* 16(3), 713-724
- Machmuller, M.B., Kramer, M.G., Cyle, T.K., Hill, N., Hancock, D., Thompson, A., 2015. Emerging land use practices rapidly increase soil organic matter. *Nat. Commun.* 6, 1–5. <https://doi.org/10.1038/ncomms7995>.
- Martinez-Salgado, M.M., Gutiérrez-Romero, V., Janssens, M., Ortega-Blu, R., 2010. Biological soil quality indicators: a review. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology A. Méndez-Vilas (Ed.)*, p319-328.
- MGM. 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN> (Erişim tarihi Ocak 2021)
- Mukhopadhyaya, S., Maiti, S.K., Masto, R.E., 2014. Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success. A Chrono-sequence study. *Eco Eng.* 71, 10–20.
- Nabiollahi, K., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., Moradian, S., 2017. Assessment of soil quality indices for salt-affected agricultural land in Kurdistan Province, Iran, *Ecological Indicators*, 83, 482-494.
- Negiş, H., Şeker, C., 2019. Improving Soil Quality Card For Soil Sustainability in Konya, Turkey. 6th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment October 3-5, 2019, City of KONYA – TURKEY. *Proceedings Book*, Pages 183-185.
- Nelson, D.W., Sommers L. E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties* (Ed. A, Klute). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Obade V.P., Lal R., 2016. Towards a standard technique for soil quality assessment . *Geoderma* 265 (2016) 96–102.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circular no. 939. Washington D.C.
- Özbek, A.K., 2004. Aşağı Pasinler Ovası Topraklarının Toprak Kalite İndeks Parametreleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Ekoloji*, 2004, Issue 51, Pages: 39-44.
- Özdemir, N., Atalay, T., 2019. Konvansiyonel ve organik çay tarımı uygulamalarının bazı toprak kalite parametreleri ve erozyona duyarlılık üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilim. Dergisi*, 34, 397-405. doi: <https://doi.org/10.7161/omuanajas.557976>.
- Pilon, C., Moore, P.A., Pote, D.H., Martin, J.W., DeLaune, P.B., 2017. Effects of grazing management and buffer strips on metal runoff from pastures fertilized with poultry litter. *J. Environ. Qual.* 46, 402–410. doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0379>.
- Pimentel, D., Kounang, N., 1998. Ecology of Soil Erosion in Ecosystems, *Ecosystems* 1, (1998): 416–426.
- Proffitt, A.P.B., Bendotti, S., McGarry, D., 1995. A comparison between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. I. Effects on soil physical characteristics. *Soil Tillage Res.* 35, 199–210. doi: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00486-6](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00486-6).
- Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contador, J.F., Lozano-Parra, J., González, F., 2018. The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. *Land Degrad. Dev.* 29, 219–230. doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2501>.
- 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, 325-334.
- Raiesi, F., 2017. A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land 504 use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and 505 semiarid regions. *Ecological Indicators* 75, 307-320.
- Rahmanipour, F., Marzaioli, R., Bahrami, H.A., Fereidouni, Z., Bandarabadi, S.R., 2014. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecol. Indicators* 40, 19–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.12.003>.
- Rasheed, S.A., Prabhu, N.T., Munshi, A.K., 1996. Electromyographic and ultrasonographic observations of masseter and anterior temporalis muscles in children. *J. Clin. Pediatr. Dent.* 20: 127–132.
- Rhoades, J., Chandavi, D., Lesch, S. F., 1999. *Soil Salinity Assessment Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurement* FAO Irrigation and Drainage, Paper 57, Rome.

- Sanchez-Navarro, A., Gil-Vazquez, J.M., Delgado-Iniesta, M.J., Marin-Sanleandro, P., Blanco-Bernardeau, A., Ortiz-Silla, R., 2015. Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems. *Catena*, 131, 35–45.
- Soil Survey Staff. 1996. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, Agriculture Handbook, 436, Soil Conservation Service, US Department of Agriculture, Washington DC.
- Stockheche, M., Kwiecien, O., Vigliotti, L., Anselmetti, S.F., Beer, J., Çağatay, M.N., Channell, E.T.J., Kipfer, R., Lachner, J., Litt, T., Pickarski, N., Sturm, M., 2014. Chronostratigraphy of the 600,000 year old continental record of Lake Van (Turkey). *Quaternary Science Reviews*, 104, 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.04.008>.
- Swanepoel, P.A., Preez, C.C., Botha, P.R., Snyman, H.A., Habig, J., 2014. Soil quality characteristics of kikuyuryegrass pastures in South Africa. *Geoderma* 232, 589–599. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.06.018>.
- 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.
- Türkmen C., Müftüoğlu N.M., Kavdır Y., 2013. Değişik Yöntemlerle Islah Edilen Meralarda Bazı Toprak Kalite Özelliklerinin Değişimi (Change of Some Soil Quality Characteristics under Different Pasture Reclamation Methods of Rangelands). *Tarım Bilimleri Dergisi – Journal of Agricultural Sciences* 19 (2013) 245-255.
- Ünal, M., Behçet, L., 2007. Flora of Pirreşit Mountain (Van, Turkey). *Turkish Journal of Botany*. 31: 193-223.
- Vasques, I.C.F., Souza, A.A., Morais, E.G., Benevenuto, P.A.N., Silva, L., de C.M. d., Homem, B.G.C., Casagrande, D.R., Silva, B.M., 2019. Improved management increases carrying capacity of Brazilian pastures. *Agric. Ecosyst. Environ.* 282, 30–39. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.05.017>.
- Van Wambeke, A.R., 2000. The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y. Washington, DC.
- Yemefack, M., Jetten, V.G., Rossiter, D.G., 2006. Developing a minimum data set for characterizing soil dynamics in shifting cultivation systems. *Soil and Tillage Research*. Volume 86, Issue 1, March 2006, Pages 84-98.