



Doğrusal Kombinasyon Tekniğiyle Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitü Topraklarının Kalite İndeksinin Belirlenmesi

Hüseyin ŞENOL^{1*}, Fatih KIZILASLAN²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Isparta-Türkiye

²Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye

*Sorumlu yazar: huseyinsenol@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 02/08/2021

Kabul tarihi: 07/09/2021

Anahtar Kelimeler: Toprak kalitesi, analitik hiyerarşik proses, toprak özellikleri

ÖZET

Toprak dünya üzerinde canlılığı barındıran biyosferin en önemli bileşenidir. Gıda güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından toprak kalitesinin değerlendirilmesi önem arz eder. Bu çalışmada Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü merkez yerleşkesi topraklarının kalite indeksinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, çalışma alanı 100m X 100 m olacak şekilde gridlere ayrılmış ve 242 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde tekstür, HA, TK, SN, AS, OM, EC, pH, kireç, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Fe ve Mn olmak üzere 20 farklı özellik analiz edilmiş ve belirlenen kriterler analitik hiyerarşik süreci kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen verilerden toprak kalite indeksi hesaplanmış, konumsal dağılım haritası Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (TMAE) yöntemi kullanılarak üretilmiştir. Hafif alkaline reaksiyonlu olan topraklarda tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Toprakların %19.01'inde kireç içerikleri fazla kireçli olarak sınıflandırılırken, %70.25'lik kısmında organik madde içeriği az olarak belirlenmiştir. Topraklar genellikle ince bünyeli olup %69.84'ü killi tekstür sınıfında belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı değerleri 1.07 g/cm³ ile 1.59 gr/cm³ arasında iken tarla kapasitesi ve solma noktası sırasıyla %14.85-46.17, %9.53-%37.18 aralıklarında değişim göstermiştir. Agregat stabilitesi artan kil içeriğine bağlı olarak yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çalışma alanının %6.6'sı çok düşük, %68.6'sı düşük, %24.8'i iyi toprak kalite sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Determination of Quality Index of Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute Soils using Linear Combination Technique

ARTICLE INFO

Received: 02/08/2021

Accepted: 07/09/2021

Keywords: Soil quality, analytical hierarchy process, soil properties

ABSTRACT

Soil is the most important component of the biosphere that hosts life on earth. Evaluation of soil quality is important for the sustainability of food security. In this study, it was aimed to determine the soil quality index of the soils in the central campus of the Eskişehir Transition Zone Agricultural Research Institute. In the study, the study area was divided into grids of 100 m X 100 m and 242 soil samples were taken. Twenty different properties including texture, HA, TK, SN, AS, OM, EC, pH, lime, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Fe and Mn were analyzed in soil samples. The determined criteria were weighted using the analytical hierarchy process. Soil quality index was calculated from the obtained data, and the spatial distribution map was obtained using the Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW) method. There is no salinity problem in soils with slightly alkaline reaction. While the lime content of 19.01% of the soils was classified as too calcareous, the organic matter content was determined to be low in 70.25% of the soil. Soils are generally fine-textured and 69.84% of them are determined in clay texture class. While the bulk density values of the soils were between 1.07 g/cm³ and 1.59 g/cm³, the field capacity and wilting point varied between 14.85-46.17%, 9.53%-37.18%, respectively. As a result of the study, it was determined that 6.6% of the study area is very low, 68.6% is low, 24.8% is in the good soil quality class.

1. Giriş

Toprak tarımsal üretimin en temel ögesidir. Birim alan verimi ve kalitesi, toprak verimlilik düzeyiyle doğru orantılıdır. Yeterli miktarda besin elementlerinin toprakta bulunması ve muhafaza edilmesi, toprak fiziksel özelliklerinin optimum durumda bulunması; toprak verimliliğinin de yüksek olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle toprak verimliliği birçok faktöre ve tarımsal uygulamayla doğrudan ilişkilidir (Başar, 2001). Birim alandan yapılan üretimin artırılması ve yüksek gelir elde edilebilmesinde en önemli etkenlerden birisi de toprak

verimliliğidir. Toprak verimliliğinin yüksek veya düşük olması birçok farklı etmenin etkileşimine bağlıdır (Dengiz & Başkan, 2004). Bir toprağın verimliliği toprak kalitesinin de bir göstergesidir ve verimin azalmadan devam ettirilebilmesi yönünden toprak kalitesinin önemi büyüktür. Toprak kalitesinin en basit tanımı işleyiş kapasitesidir. Diğer bir ifade ile “doğal ya da yönetilen ekosistem sınırları dahilinde, bitki ve hayvan verimliliğini sürdürmek için uygun olması, su ve hava kalitesini sürdürme veya artırma ve insan sağlığını ve yaşam alanını destekleme özelliğine sahip belirli bir toprak türünün

kapasitesi” olarak tanımlanmaktadır (Karlen & Stott, 1994; Dengiz & Özcan, 2006).

Toprak dünya sağlığında, ekonomilerde ve çevresel sürdürülebilirlikte önemli bir rol oynadığı için korunmalı ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmalıdır (Acton vd., 1995). Son yıllarda gerek yanlış kullanımlar gerekse çevresel faktörler nedeniyle tarım toprakları tükenmekte, kalitesi bozulmaktadır. Üründe ve ürün kalitesindeki azalma, üretim girdilerinin artması toprak kalitesinin azaldığının bir işaretidir. Toprak kalitesi direk olarak ölçülememekte, ancak sürdürülebilir tarım ve çevresel sistemler için önemli olan ve ölçülen bir kısım fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerle göstergelerin sayılaşdırılması şeklinde değerlendirilebilmektedir (Karlen vd., 1997).

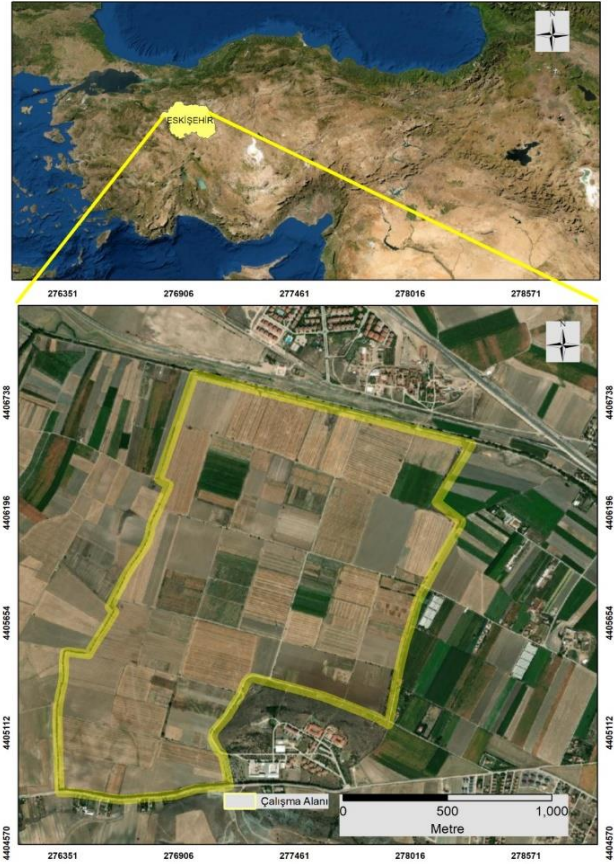
Toprak kalitesi ile ilgili yapılan çalışmaların noktasal bazlı olarak değerlendirilmesinde konumsal dağılım sonuçlarının elde edilmesi, karar vericiler veya üretici adına oldukça önemlidir. Bu amaçla, noktasal bazlı verilerin mekansal dağılımlarının değerlendirildiği jeostatistiksel yaklaşımlar arazilerin değerlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Aydın & Dengiz 2019). Koca vd. (2019) standart skorlama fonksiyonları ve analitik hiyerarşi süreci ile ağırlık verilerek Çukurova bölgesinde toprak kalitesini belirledikleri çalışmada; alanın %68.3’ünü orta kaliteli olarak bildirmişlerdir. Toprak oldukça dinamik bir özellikte olup, çevresel birçok faktörün etkisi altındadır. Bu yüzden bir toprağın bir özelliği incelenirken, birçok kriterin birlikte ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, etkileyen kriterlerin aynı önem derecelerinde bulunmaması nedeniyle ağırlıklarının ve alt kriterlerin puanlarının belirlenmesi istenen özelliğin tahmininde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşik süreç’in kullanılması çalışmalarda konu edinilmiştir (Turan & Dengiz, 2017; Dedeoğlu & Dengiz, 2018).

Bu çalışmanın amacı; Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nün merkez yerleşkesine ait araştırma ve üretme parsellerinde toprak kalitesinin analitik hiyerarşik süreç ve standart skorlama fonksiyonu yarımıyla belirlenmesi ve dağılım haritasının oluşturulmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

Araştırma, Eskişehir merkeze 6 km. mesafede bulunan Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Sultan önu yerleşkesi arazilerinde yürütülmüştür. Çalışma alanında buğday ve arpa (kuru), şekerpancarı baklagil gibi tek yıllık bitkiler (sulu) olarak yetiştirilmektedir. Deneme yeri 39° 46’ kuzey enlemi, 30° 36’ doğu boylamında olup denizden yüksekliği 780 m’dir. Eskişehir iklimi Batı Anadolu ve İç Anadolu iklimleri arasında geçiş iklimi gösterse de genellikle sert karasal iklim görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 272.9 mm, ortalama sıcaklık ise 11.3 °C’dir. Çalışma alanı Şekil 1.’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Study area

2.2. Toprak örnekleme ve analizleri

Çalışmada grid yöntemi kullanılmış ve 100x100 m şeklinde oluşturulan grid sisteminden yüzey (0-30 cm) derinlikten 242 adet bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri daha sonra 2 mm’lik elekten elenerek ve analize hazır hale getirilerek aşağıdaki analizler yapılmıştır. Toprak örneklerinde tekstür (Bouyoucous, 1951), hacim ağırlığı (HA) (Richards 1954), agregat stabilitesi (AS) (Tüzüner 1990), kireç (Tüzüner 1990), pH ve EC Saturasyon çamurunda (Tüzüner 1990), organik madde (OM) (Tüzüner 1990), makro (K, Ca, Mg ve Na) (Tüzüner 1990) ve mikro besin elementler (Fe, Mn, Cu ve Zn) (Lindsay & Norvell, 1978), yarıyıllık fosfor (Olsen, 1954), tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) (Tüzüner 1990) analizleri yapılmıştır.

2.3. Toprak kalite indeksi

Toprak kalite indikatörlerinin etki düzeylerini belirlemek amacıyla Saaty (1980) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşik süreç (AHS) ile göstergeler ağırlıklandırılmıştır. İlk aşamada, toprak kalite göstergeleri, standart skorlama fonksiyonları kullanılarak birbiri ile kıyaslanabilir olması için 0.1 ile 1.0 arasında birimsiz skorlara dönüştürülmüştür (Andrewsvd, 2002). Genel olarak “daha fazla daha iyidir (more is better)”, “daha az daha iyidir (less is better)” ve “orta nokta optimumdur” olmak üzere 3 farklı skorlama fonksiyonu (SSF) kullanılmıştır (Masto vd., 2008). Standart skorlama fonksiyonları ve toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Standart skorumla fonksiyonları ve toprak özellikleri

Table 1. Standard scoring functions and soil properties

Özellikler	Fonksiyon	SSF denklemleri		
Kum	LB	$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq L \end{cases}$		
Silt	LB			
EC	LB			
CaCO ₃	LB			
Hacim Ağırlığı	LB			
pH	LB			
Na	LB			
Solma Noktası	LB			
Organik madde	MB			
P, K, Ca, Mg	MB			
Fe, Cu, Zn, Mn	MB	$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} + 0.1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq U \end{cases}$		
Tarla kapasitesi	MB			
Agregat stabilitesi	MB			
Kil	OR		$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L1 \text{ or } x \leq U \\ 0.9 \times \frac{x-L1}{L2-L1} + 0.1 & L \leq x \leq L2 \\ 1 & \end{cases}$	
				$f(x) = \begin{cases} 0.1 & L2 \leq x \leq U1 \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-U1}{U2-U1} & U1 \leq x \leq U2 \\ 1 & \end{cases}$

SSF:standard skorumla fonksiyonu, LB: en az eniyidir, MB:en fazla en iyidir, OR:optimum nokta, L: en düşük değer, U: en yüksek değer, x: toprak örneğinin değeri

Analitik hiyerarşik süreç yöntemi ile hem nitel hem de nicel faktörlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması, ağırlıklarının ve önceliklerinin belirlenmesi mümkün olabilmektedir (Saaty, 2008). Saaty (1977) 1'den 9'a kadar değişen önem derecesini değerlendiren bir karşılaştırma

önermiştir. Uzman görüşleri ve değerlendirmelere göre kriterler ve alt kriterlere ikili karşılaştırma uygulanır. Saaty ölçeğine göre birbirlerine göre nispi önemini belirten sayısal değerler Çizelge 2.verilmiştir.

Çizelge 2. Saaty ölçeği

Table 2. Saaty scale

Önem Düzeyi	Açıklama	Tanımlama
1	Eşit derecede önemli	İki öge eşit derecede öneme sahiptir
3	Biri diğerinden zayıf derecede önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre biraz daha önemli
5	Gerekli veya güçlü önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre fazla önemli
7	Kuvvetli derecede önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre çok fazla önemli, pratikte baskın veya kanıtlanabilen durumlar
9	Kesinlikle önemli	1 ölçüt 2 ölçüte göre en kuvvetli (aşırı) önemli, en yüksek doğruluğa sahip
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Birbirine yakın iki değerlendirme arasındaki kararsız kaldığında ve iki değer arasında uzlaşma gerektiği zamanlarda kullanılır

Kriterlerin önemi göz önünde bulundurularak kriterler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Karşılaştırma matrisi çizelgesi oluşturulduktan sonra matrisin normalizasyon işlemi yapılmıştır. Karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için öz vektör yöntemi kullanılmış Tutarlılık İndeksi (Tİ) elde edilmiştir. Tutarlılık oranı (TO) değeri; Tutarlılık

indeksinin (Tİ) Rastal indeks (RI) (Çizelge 3) değerine bölünmesi suretiyle elde edilmiştir. TO değerinin 0.10'dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu, CR değerinin 0.10'dan büyük olması karşılaştırmaların tutarsız olduğunu veya hesaplama hatası olduğunu işaret etmektedir. Bu durumda, karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilmelidir (Saaty, 1980).

Çizelge 3. Kriter sayısına bağlı olarak rastal indeks değerleri (RI)

Table 3. Random index values (RI) depending on the number of criteria

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

AHS ile ağırlıklandırılan özellikler SSF ile standartlaştırıldıktan sonra doğrusal kombinasyon tekniği yaklaşımı kullanılarak toprak kalite indeks değerleri belirlenmiş (Eşitlik 1), ve Çizelge 4'e göre sınıflandırılmıştır.

$$TKİ = \sum_{i=1}^n (Wi \cdot Xi) \quad (1)$$

TKİ: Toprak kalite indeksi, Wi: parametrelerin ağırlıkları, Xi: parametrelerin skorları

Çizelge 4. Toprak kalite indeksi sınıflaması
Table 4. Soil quality index classification

Sınıf	Tanımlama	TKİ
I	Çok düşük	<0.40
II	Düşük	0.40-0.50
III	İyi	0.50-0.65
IV	Yüksek	0.65-0.85
V	Çok yüksek	>0.85

2.4. Konumsal dağılım haritalarının oluşturulması

Çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren topraklara ait kalite sınıfı özelliklerine ait konumsal dağılım haritaları oluşturmak amacıyla Ters Mesafe Ağırlıklı Entropolasyon (IDW) kullanılmıştır. Bu model, belirlenen noktalardan değeri bilinmeyen noktayı tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu değerlerin hesaplanmasında ise uzaklıkların ters mesafe fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Bu yaklaşımda değeri bilinen noktadan hedeflenen noktaya olan uzaklık arttıkça benzerliklerin azaldığı varsayılmakta (Li & Heap, 2008) literatürlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Şenol vd., 2020a; Alaboz vd., 2020). IDW yönteminde entropolasyon fonksiyonu aşağıdaki gösterilen eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (Eşitlik 2).

$$\lambda_i = \frac{1/d_i^p}{\sum 1/d_i^p} \quad (2)$$

Eşitlikte d_i ; x_0 ve x_i noktaları arasındaki mesafeyi, p ; üssel parametre ve n örnek sayısıdır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprak özellikleri ve tanımlayıcı istatistikleri

Çalışma alanına ait 242 adet toprak örneği alınarak analiz edilmiş ve tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5'te verilmiştir. Toprak örneklerinin tekstür analizi sonuçları incelendiğinde %69.83'ü C (killi), %13.64'ü CL (killi tın), %13.22'si SCL (kumlu killi tın), %2.89'u SL (kumlu tın) ve %0.41'i de SC (kumlu kil) sınıfına girmiştir. Çalışma alanı toprakları %11.82-68.64 arasında değişen kil içeriğine sahiptir. Topraklarının pH değerleri 7.62-8.39 arasında dağılım gösterirken sulanmayan alanlarda pH değerlerinin 7.15 ile 8.13 arasında, sulanan alanlarda ise 7.62 ile 8.39 arasında tespit edilmiştir. EC değerleri 0.298 ile 1.679 dS/m arasında dağılım göstermiş olup sulanmayan alanlarda EC, 0.323 dS/m ile 0.792 dS/m arasında, sulanan alanlarda ise 0.298 dS/m ile 1.679 dS/m aralığında bulunmuştur. Kireç değerlerinin %0.98 ile %32.67 arasında dağılım gösterdiği, organik madde içeriklerinin %0.64-2 arasında olduğu belirlenmiştir. Kalsiyum, magnezyum, potasyum ve Na değerleri 3277 -

8111.5 mg/kg, 140.35 - 3337.5 mg/kg, 170.85 - 1503 mg/kg, 5.33-263.3 mg/kg arasında dağılım göstermektedir.

Toprakların fosfor içeriği bakımından Taşova & Akın (2013)'e göre %4.55'i çok az sınıfına girerken %22.31'i az %25.21'i yeterli %22.31'i fazla ve %25.62'si çok fazla sınıfına girmiştir. Sulanmayan alanlarda fosfor değerlerinin 3.58 mg/kg ile 21.89 mg/kg arasında, sulanan alanlarda ise 3.4 mg/kg ile 80.71 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprak örneklerinin demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri ise 0.16-35.07 mg/kg, 0.38 - 9.78 mg/kg, 0.11 mg/kg ile 1.51 mg/kg, 1.09 - 49,57 mg/kg aralıklarında değişim sergilemiştir.

Çalışma alanı topraklarının agregat stabilitesi sonuçları %50.16-74.65 arasında değişmiştir. Toprakların agregat stabilitesi sınıflandırmalarında %30' ve üzeri değerler yüksek dayanıklılığın bir göstergesi olup çalışma alanı içerisindeki toprakların tamamının agregat stabilitesi değerleri yüksek olarak belirlenmiştir. Çalışmada bölgenin tarla kapasitesi değerleri %14.85-46.17 arasında değişen nem içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Arazinin eğimli olan ve sulanmayan güney bölgelerinde daha çok kumlu hafif bünyeli alanlar bulunduğu için tarla kapasitesi değerleri de düşüktür. Kuzey ve doğu yönüne gidildikçe toprak ağırlaşmaya başlayıp kil oranları arttığından dolayı bu bölgelerde tarla kapasitesi değerlerinin bünyeye bağlı olarak arttığı görülmektedir. Sulanmayan alanlarda tarla kapasitesi değerlerinin %17.18-40.24 arasında, sulanan alanlarda %14.85-46.17 arasında nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Topraklar %9.53-37.18 arasında değişen solma noktası nem içeriğine sahiptir. Arazinin güney kısımlarında kil içeriğinin düşük kum içeriğinin yüksek olmasından dolayı bu bölgelerde solma noktasında toprakta düşük nem seviyeleri karşımıza çıkmaktadır. Kuzey ve doğu kesimlerde ise tam tersi bir durum söz konusudur, kil miktarının artışına bağlı olarak solma noktasında toprakta tutulan su miktarının arttığını görmekteyiz. Sulanmayan alanlarda solma noktası değerlerinin %10.41 ile 32.89 arasında, sulanan alanlarda ise %9.53 ile %37.18 arasında nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerleri 1.07-1.59 gr/cm³ arasında değişmektedir. Hacim ağırlığının yüksek bulunmasındaki sebep bu bölgenin tarla trafiği ve araçların geçişine müsait olmasına bağlı olarak toprak sıkışmasının meydana gelmesidir. Sulanmayan alanlarda hacim ağırlığı değerlerinin 1.15 gr/cm³ ile 1.5 gr/cm³ arasında, sulanan alanlarda ise 1.07 gr/cm³ ile 1.59 gr/cm³ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tanımlayıcı istatistiksel veriler arasında yer alan varyasyon katsayısı (VK) topraklardaki değişkenliğin en belirgin ölçüsüdür. Camberdella vd. (1994) varyasyon katsayısını toprak değişkenliği açısından 3'e ayırmışlardır. Yapılan sınıflandırmaya göre varyasyon katsayısı <%15 az değişken, %16< varyasyon katsayısı <%30 orta derecede değişken ve varyasyon katsayısı > %31 olanlar yüksek derecede değişken olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada incelenen alan kireç, potasyum, magnezyum, sodyum, bakır, demir, mangan, çinko, fosfor açısından yüksek derecede değişken (VK>%31) olduğu saptanmıştır. Çalışma alanı pH, kalsiyum, hacim ağırlığı ve toprak kalite indeksi (SQI) açısından düşük değişkenlik (VK <%15)

göstermektedir. Çalışma alanında en düşük değişkenlik %2 ile pH, en yüksek değişkenlik ise 1.09 ile alınabilir demir analizinden elde edilmiştir. Normal dağılım simetri göstermektedir. Basıklık simetrik dağılımın sivri olması veya normalden daha basık olması anlamına gelmektedir. Normal dağılımda basıklık katsayı 0 kabul edilir. Pozitif değerler sivrilik, negatif değerler ise basıklığı gösterir. Analiz edilen veri setinde normal dağılımda önemli farklılıklar yok ise basıklığın -1 ile +1 arasında değişmesi beklenmektedir. Simetrik dağılımın sağa veya sola yönelmesi çarpıklık olarak ifade edilmektedir. Basıklığa benzer şekilde normal dağılımda çarpıklık 0 dır. Negatif

değerler sağa, pozitif değerler ise sola çarpıklığı gösterir. Çizelge 2 incelendiğinde EC, kireç, potasyum, sodyum, bakır, demir, mangan, çinko, fosfor ve hacim ağırlığı normal dağılımdan ciddi şekilde ayrılarak sivri bir yapı göstermektedir (Basıklık >1). Çalışmada en yüksek basıklık değeri 28.88 ile demirden en düşük basıklık değeri ise -0.15 ile organik maddeden elde edilmiştir. Verilerin çarpıklığı incelendiği zaman EC, sodyum, bakır, demir, mangan, çinko, fosfor ve kum parametrelerinin sola çarpık olduğu belirlenmiştir. En yüksek çarpıklık değeri 4.49 ile demirden elde edilirken en düşük çarpıklık değeri -0.81 ile tarla kapasitesinden elde edilmiştir.

Çizelge 5. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri
Table 5. Descriptive statistics of soil properties

Toprak Özellikleri	En Düşük	Ortalama	En Yüksek	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık	Basıklık
pH	7.62	7.99	8.39	0.14	0.02	-0.31	0.36
EC	0.30	0.64	1.68	0.18	0.28	1.84	7.25
Kireç	0.98	12.59	32.67	4.08	0.32	0.02	3.18
OM	0.64	1.20	2.10	0.30	0.25	0.41	-0.15
P ₂ O ₅	3.40	16.80	80.71	9.58	0.57	1.97	8.40
K ₂ O	170.85	607.82	1503.00	192.90	0.32	0.94	2.77
Ca	3277.00	5722.81	8111.50	821.70	0.14	-0.01	0.06
Mg	140.35	1300.38	3337.50	591.12	0.45	0.24	-0.07
Na	5.33	45.51	263.30	30.43	0.67	2.65	12.16
Cu	0.38	1.83	9.78	1.64	0.89	3.06	9.23
Fe	0.16	3.35	35.07	3.65	1.09	4.49	28.88
Mn	1.09	10.90	49.57	9.76	0.89	1.58	2.29
Zn	0.08	0.44	3.49	0.43	0.96	4.06	22.42
Kum	14.06	31.40	72.40	13.35	0.43	1.00	0.11
Silt	5.85	22.99	33.69	4.29	0.19	-0.13	0.29
Kil	11.82	45.62	68.64	13.02	0.29	-0.62	-0.51
TK	14.85	35.88	46.17	6.21	0.17	-0.81	0.23
SN	9.53	26.55	37.18	5.56	0.21	-0.70	0.39
AS	50.16	59.11	74.65	4.97	0.08	0.61	0.27
HA	1.07	1.23	1.59	0.07	0.06	1.05	2.98
SQI	0.31	0.47	0.61	0.05	0.10	0.00	0.22

3.2. Analitik Hiyerarşik Süreç

Seçilen kalite indikatörlerinin analitik hiyerarşik süreç ile elde edilen ağırlıkları Çizelge 6'da sunulmuştur. Fiziksel, kimyasal ve besin elementi indikatörlerinin ana etkilerinin ağırlıkları sırasıyla 0.52458, 0.33377, 0.14156 olarak belirlenmiştir. En yüksek değer fiziksel parametreler için belirlenirken, en düşük değer besin elementi özellikleri için bulunmuştur. Ayrıca, kalite indikatör grupları içerisinde en yüksek katkı sağlayan özellikler sırasıyla kil yüzdesi (0.320764), OM (0.389137) ve P (0.269755) olarak belirlenmiştir. Toprak tekstürünün su ve besin elementi tutma özelliği üzerinde oldukça etkili bir parametre olması toprak kalitesine katkı oranının yüksek oluşunun bir

göstergesidir (Şenol vd., 2020b). Ayrıca toprak kalitesi ve yönetimi açısından kimyasal içerik yönünden optimum düzeyde olan bir toprağın fiziksel yapısının ideal koşullarda olmaması verimliliği ve bitki gelişimini önemli seviyede etkilemektedir. Bu yüzden fiziksel kalite indikatörlerinin en yüksek katkı oranına sahip olması beklenen bir durumdur. Yine, Dengiz (2020) kalite kriterlerinde toprak tekstürünün temel özellikler içerisinde olduğunu bildirmişlerdir. Toprak sıkışmasının göstergelerinden biri olan hacim ağırlığı tarla kapasitesindeki nem seviyesi ve bitkinin yararlanabileceği su seviyesi üzerinde önemli etkilere sahiptir (HaghighiFashi vd., 2017).

Çizelge 6. Toprak kalite göstergelerinin AHS ile ağırlıkları
Table 6. Weights of soil quality indicators with AHS

Özellikler	İndikatör ağırlıkları			Ağırlık
	Fiziksel	Kimyasal	Besin Elementi	
	0.52468	0.33377	0.14156	
Kil	0.320764			0.1683
Silt	0.179902			0.0944
Kum	0.151351			0.0794
Hacim ağırlığı	0.121683			0.0638
Tarla kapasitesi	0.072426			0.0380
Solma noktası	0.072426			0.0380
Agregat stabilitesi	0.081448			0.0427
Organik Madde		0.389137		0.1299
EC		0.232887		0.0777
pH		0.267609		0.0893
Kireç		0.110367		0.0368
P			0.269755	0.0382
K			0.202221	0.0286
Ca			0.143684	0.0203
Mg			0.11261	0.0159
Na			0.084271	0.0119
Mn			0.058751	0.0083
Fe			0.044254	0.0063
Cu			0.04418	0.0063
Zn			0.040274	0.0057
Toplam	1	1	1	1

3.3. Toprak Kalite İndeksi

Arazinin verimlilik sınıflarını görebilmek için 242 noktadan alınan toprak örneklerinin her birinden yapılan 20 analiz sonucu elde edilen veriler kullanılarak toprak verimlilik indeksi değerleri oluşturulmuştur. AHP ile ağırlıklandırılan toprak özellikleri standart skorlama yöntemi ile normalize edilmiş ve doğrusal kombinasyon tekniğiyle toprak kalitesi değerleri belirlenmiştir. Toprak kalite indeksi değerleri 0.3131 ile 0.6057 arasında değişkenlik göstermiştir. Alanın toprak verimlilik indeksi dağılımları Çizelge 7'de verilmiştir. Çalışma alanı toprak örneklerinin %6.6'sı I. Sınıf (çok düşük), %68.6'sı II. Sınıf (düşük), %24.8'i III. Sınıf (iyi) olarak dağılım göstermiştir (Şekil 2).

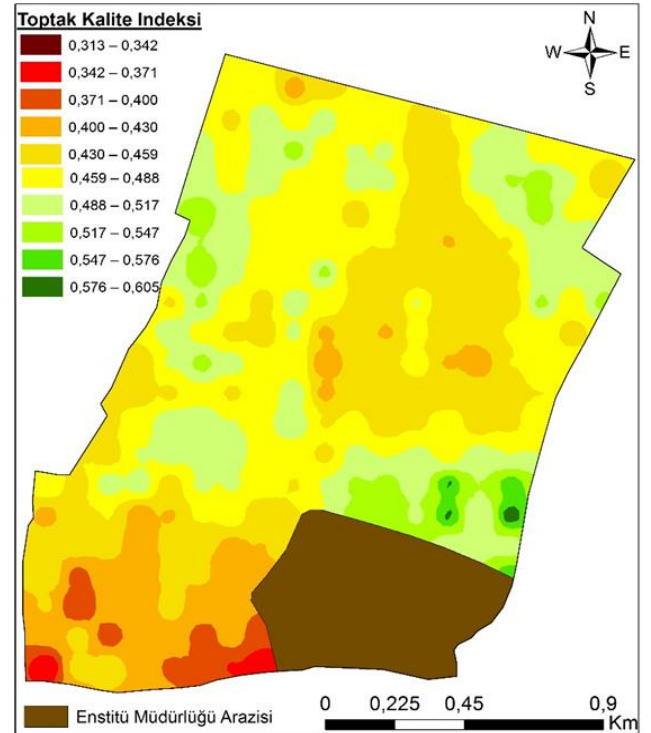
Çizelge 7. Toprak verimlilik indeksi dağılımı
Tablo 7. Soil fertility index distribution

Sınıf	Örnek sayısı	%
I	16	6.6
II	166	68.6
III	60	24.8

4. Sonuç

Bu çalışmada; Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün merkez yerleşkesine ait araştırma ve üretme alanlarının toprak kalitesi ve mekânsal dağılımları incelenmiştir. Toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşik süreç (AHS) ve standart skorlama fonksiyonları kullanılmış doğrusal

kombinasyon tekniğiyle toprak kalitesi indeksi (TKİ) belirlenmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı toprak kalite indeksi dağılım haritası
Figure 2. Study area soil quality index map

Yapılan çalışma sonucunda Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne ait tarım topraklarının %75'i düşük ve çok düşük olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanı topraklarının kalitesinin düşük olması, yoğun bitkisel üretim ile benzer ürün desenlerinin yetiştirilmesi olarak düşünülmektedir. Toprağın organik madde içeriğinin artırılması ile toprağın kalitesi artırılabilir. Bu amaçla yeşil gübreleme, hayvansal atıklar ile bitkisel kökenli kompost uygulamalarının toprağın organik maddesini ve dolayısıyla da toprak kalitesini artırmada kullanılabileceği önerilmektedir. Ayrıca bu çalışma, günümüz kalite değerlendirme yaklaşımlarına CBS alt yapısı ve toprak etüd haritalama ve arazi değerlendirme yöntemlerine alternatif bir metot olarak pratik ve bölgede uygulanabilir olarak değerlendirilmiştir.

5. Kaynaklar

- Acton, D.F., & Gregorich, L.J. (1995). *The Health of Our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada*. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada.
- Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020). Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Toprakların Nem Sabitelerine Ait Konumsal Dağılımların Belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 432-444. <https://doi.org/10.33462/jotaf.710411>
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., & Mitchell, J.P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90(1), 25-45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)
- Aydın, A., & Dengiz, O. (2019) Yarı-Humid Ekolojik Koşullar Altında Oluşmuş Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Haritalanması ve Sınıflandırması. *Toprak Su Dergisi*, 8(2), 68-80. <https://doi.org/10.21657/topraksu.519915>
- Başar, H. (2001). Bursa ili topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 69-83.
- Bouyoucos, G. A. (1951). Determination of Particle size in soils. *Agronomy journal*, 42, 438-443. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Camberdella, 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. *Soil Science Society of America Journal*. 58, 1501-1511.
- Dedeoğlu, M., & Dengiz, O. (2018) Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Entegre Edilen Çok Kriterli Karar Destek Analiz Yaklaşımı Kullanılarak Arazi Uygunluk Sınıflarının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(2), 60-72
- Dengiz, O., & Başkan, O. (2004). Eşmekaya Organik Topraklarının Fiziksel, Kimyasal, Morfolojik Özellikleri ve Sınıflandırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 111-118.
- Dengiz, O., & Özcan, H. (2006). Samsun-Bafra ovası topraklarının cbs yardımıyla verimlilik indekslerinin (pı) belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38), 136-142.
- 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. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>
- Haghighi, F., Gorji, M., & Sharifi, F. (2017) Least limiting water range for different soil management practices in dryland farming in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(13), 1814-1822. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1308688>
- Koca, Y.K., Acar, M., & Turgut, Y.Ş. (2019). Tarım topraklarının jeostatistiksel modelleme ile kalitesinin değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(4), 489-499. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.556103>
- Karlen, D. L., & Stott, D.E. (1994). A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment* 35: 53-72. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c4>
- Li, J., & Heap, A.D. (2008). A Review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Geoscience Australia, Record* 23, 137 - 145
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- 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. <https://doi.org/10.1002/ldr.857>
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanable, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circular 939. U.S Government Printing Office, Washington D.C.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, Williams & Wilkins 1954. All Rights Reserved.
- Saaty, T.L. (1977). A scalling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill, (This book has been translated into Chinese by S. Xu et al.; information is available from them at the Inst. Of Systems Engineering, Tianjing Univ., Tianjin, China.), A Translation into russian by R. Vachnadze is currently underway. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal Services Sciences* 1(1), 83-98.
- Şenol, H., Alaboz, P., & Dengiz, O. (2020a) Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve besin elementi içeriklerinin enterpolasyon yöntemiyle değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 505-516. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.753302>
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020b). Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(23), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06214-9>
- Taşova, H., & Akın, A. (2013). Marmara bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. *Toprak Su Dergisi*, 2(2), 83-95.
- Tüzüner, A. (1990). *Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı*. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizm. Genel Müd. Ankara.
- Turan, İ. D., & Dengiz, O. (2017). Erosion risk prediction using multi-criteria assessment in Ankara Güvenç Basin. *J Agric_Sci* 23(3), 285-297. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.447600>