



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**SİLİSÖZÜ HAVZASI'NDA BUĞDAY VE AYÇİÇEĞİ
YETİŞTİRİCİLİĞİ İÇİN ARAZİ UYGUNLUĞUNUN ANALİTİK
HİYERARŞİ SÜRECİ VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)
İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEMA ÇITAK

Doç. Dr. ORHAN METE KILIÇ

TOKAT-2024



Bu tez çalışması;

Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 2022/115 nolu proje ile desteklenmiştir.

JÜRİ KABUL VE ONAY

Sema ÇITAK tarafından hazırlanan “Silisözü Havzası’nda Buğday ve Ayçiçeği Yetiştiriciliği için Arazi Uygunluğunun Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) ile Belirlenmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 12.07.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)**İmzası**

Üye (Başkan): Dr. Öğr. Üyesi Emre DUMAN

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kemal ERSAYIN

.....

Üye : Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ

.....

ONAY

.../.../2024

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her daim yanımda olan, bilgi ve önerileriyle yol gösteren, üzerimde büyük emeği olan danışman hocam sayın Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ'a içtenlikle teşekkür ediyorum.

Bilgi ve birikimlerini bizlere aktararak, bir basamak daha yukarı çıkmamızı sağlayan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Coğrafya Bölümünün kıymetli Öğretim Üyesi hocalarıma, arazi çalışmalarında ve yüksek lisans eğitim sürecimde desteklerini esirgemeyen değerli Dr. Öğr. Üyesi Kemal ERSAYIN hocama ve sevgili arkadaşlarım Seher AYKAÇ ve Ayşe SARI'ya teşekkür ediyorum.

Bütün eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her daim yanımda olan sevgili annem Mine ÇITAK'a babam Bekir ÇITAK'a ve ağabeyim Yasin ÇITAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

12/07/2024

Sema ÇITAK

ÖZET

Silisözü Havzası'nda Buğday ve Ayçiçeği Yetiştiriciliği için Arazi Uygunluğunun Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Belirlenmesi

ÇITAK, Sema

Yüksek Lisans Coğrafya Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ

Ağustos 2024, ix + 62 sayfa

Bu araştırmada, Silisözü Havzası'nda buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için arazi uygunluğunu belirlemek amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) süreçleri kullanılmıştır. Çalışma, toprak ve topografya veri tabanlarını kullanarak çok kriterli karar verme sürecine odaklanmıştır. Toprak veri tabanı, pH, EC, organik madde içeriği (OM), tekstür, kireç oranı ve toprak verimlilik indeksi (SFI) faktörlerini içermektedir, topografik veri tabanı eğim, bakı ve derinlik parametrelerinden oluşturulmuştur. AHP sürecinde, buğday için en önemli üç parametre sırasıyla derinlik (2,48), EC (1,98) ve eğim (1,58) olarak belirlenirken, ayçiçeğinde ise derinlik (3,65), eğim (2,56) ve EC (1,30) en önemli parametreler olarak hesaplanmıştır. FAO arazi uygunluk sınıflarına göre, Silisözü Havzası'nda buğday için tarıma çok uygun (S1) alanlar %18,73'ü, orta derecede uygun (S2) alanlar %41,49'u ve az uygun (S3) alanlar ise %39,76'sını oluşturmuştur. Ayçiçeği yetiştiriciliği için tarımsal açıdan uygun olmayan sınıf belirlenmemiş olup, tarımsal açıdan uygun sınıfların dağılımı şu şekildedir: tarıma çok uygun (S1) alanlar %18,22, orta derecede uygun (S2) alanlar %35,16 ve en çok alan kaplayan az uygun (S3) sınıfı %46,60 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için toprak derinliği, EC değeri ve arazi eğiminin kritik faktörler olduğunu göstermiştir. Bu bilgiler, uygun tarım bölgelerinin belirlenmesi ve tarım uygulamalarının planlanması için önemlidir. Elde edilen sonuçlar ışığında bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: AHP, Arazi Uygunluğu, CBS, Buğday, Ayçiçeği

ABSTRACT

Determination of Land Suitability for Wheat and Sunflower Cultivation in Silisözü Basin Using Analytic Hierarchy Process and Geographic Information Systems (GIS)

ÇITAK, Sema

Master's Thesis Geography Scientific

Advisor: Doç. Dr. Orhan Mete KILIÇ

August 2024, ix + 62 pages

This study utilized the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Multicriteria Decision Making (MCDM) processes to determine land suitability for wheat and sunflower cultivation in the Silisözü Basin. The research focused on a multicriteria decision-making process using soil and topography databases. The soil database comprised factors such as pH, EC, Organic Matter (OM), Texture, Lime, and Soil Fertility Index (SFI), while the topographic database included parameters like slope, aspect, and depth. In the AHP process, for wheat, the three most significant parameters were identified as depth (2.48), EC (1.98), and slope (1.58), while for sunflower, depth (3.65), slope (2.56), and EC (1.30) were found to be the most prominent parameters. According to the FAO land suitability classes, the Silisözü Basin exhibited the following distribution for wheat: highly suitable (S1) areas comprised 18.73%, moderately suitable (S2) areas comprised 41.49%, and less suitable (S3) areas comprised 39.76%. No class was determined as unsuitable for agricultural purposes for sunflower cultivation. For sunflower cultivation, the distribution of suitable agricultural classes was as follows: highly suitable (S1) areas covered 18.22%, moderately suitable (S2) areas covered 35.16%, and the most extensive coverage was the less suitable (S3) class, representing 46.60%. The results highlighted that soil depth, EC value, and terrain slope are critical factors for wheat and sunflower cultivation. These findings are crucial for identifying suitable agricultural regions and planning agricultural practices. Additionally, the study provided some recommendations based on the obtained results.

Keyword: AHP, Land Suitability, GIS, Wheat, Sunflower

İÇİNDEKİLER

JÜRİ KABUL VE ONAY.....	i
ÖNSÖZ, TEŞEKKÜR SAYFASI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGE TABLOSU	vi
ŞEKİLLER TABLOSU	vii
KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Çalışma Alanı.....	19
3.2. Veri Seti Oluşturma.....	21
3.3. Toprak Veri Setinin Hazırlanması	21
3.4. Çalışma Alanına Ait Topografik Veri Setinin Hazırlanması	26
3.5. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	27
3.5.1. Problemin Tanımlanması.....	29
3.5.2. Hiyerarşik Yapının Kurulması	29
3.5.3. İkili Matrislerin Oluşturulması	30
3.5.4. Tutarlılık Analizinin Yapılması.....	32
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	34
4.1. Toprak Değişkenlerinin Genel Özellikleri	34
4.2. Araştırma Sahası Genel Topografik Özellikleri.....	38
4.3. Analitik Hiyerarşi Süreci.....	39
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	50
6. KAYNAKÇA.....	53

ÇİZELGE TABLOSU

Çizelge No	Sayfa
Çizelge 1. Analizlerde kullanılan fiziksel-kimyasal analizler ve yöntemleri.....	25
Çizelge 2. Arazi uygunluk sınıfları ve sınıflara ait değerler	28
Çizelge 3. AHS’ de ikili karşılaştırma değerlendirme ölçeği	32
Çizelge 4. Rastgele tutarlılık indeksi değerleri (RI)	33
Çizelge 5. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik değerleri.	36
Çizelge 6. Toprak özelliklerinin korelasyon değerleri.	37
Çizelge 7. Buğday tarımsal arazi uygunluk sınıflamasına yönelik modelde kullanılan parametreler.	41
Çizelge 8. Ayçiçeği tarımsal arazi uygunluk sınıflamasına yönelik modelde kullanılan parametreler	42
Çizelge 9. Buğdayın parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS hesaplamaları.	45
Çizelge 10. Ayçiçeğinin parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS tekniği hesaplamaları.	46
Çizelge 11. Buğday arazi uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları.	47
Çizelge 12. Ayçiçeği arazi uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları.	48

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil No	Sayfa
Şekil 1. Silisözü Havzası.	19
Şekil 2. Çalışma sahasına ait görseller.	20
Şekil 3. Silisözü Havzası' nın arazi örtüsü sınıfları.	21
Şekil 4. Çalışma sahasından numune alınması.	22
Şekil 5. AHS' nin hiyerarşik yapısı.	29
Şekil 6. Silisözü Havzası' nın toprak özellikleri haritası. a: Azot, b: Fosfor, c: Potasyum, d: Silt, e: Kum f: Organik madde, g: pH, h: Elektiriksel iletkenlik, j: Kireç, k: Kil.....	38
Şekil 7. Silisözü Havzası' nın topografik özellikleri haritaları a: Eğim, b: Yükselti, c: Bakı.	39
Şekil 8. Silisözü Havzası' nın toprak özelliklerinin sınıflandırılmış haritası. a: Azot, b: Fosfor, c: Potasyum, d: Tekstür, e: Organik madde, f: pH, g: Elektiriksel iletkenlik, h: Kireç, j: Derinlik.	40
Şekil 9. Buğday üretimi için uygunluk haritası.	48
Şekil 10. Ayçiçeği üretimi için uygunluk haritası.	48

KISALTMALAR

SİMGELER

pH	Toprak Reaksiyonu
EC	Elektriksel İletkenlik
OM	Organik Madde
SFI	Toprak Verimlilik İndeksi
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kireç/Kalsiyum Karbonat
ha	Hektar
%	Yüzde
°C	Santigrat
gr	Gram
mm	Milimetre

KISALTMALAR

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
UA	Uzaktan Algılama
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
DEM	Digital Elevation Model
SYM	Sayısal Yükselti Modeli
AKT	Arazi Kullanım Türü
AKİ	Arazi Kalite İndisi

B-AHS	Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
AKK	Arazi Kullanım Kabiliyeti
DKT	Doğrusal Kombinasyon Tekniği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
BTG	Büyük Toprak Grupları
Tİ	Tutarlılık İndeksi
Rİ	Rastgele İndeks
TO	Tutarlılık Oranı



1. GİRİŞ

Tarımsal ürün yetiştiriciliği yapılan besin maddeleri içerisinde buğday (*Triticum Aestivum*) ve özellikle ayçiçeği (*Helianthus Annuus*) insan ve hayvan beslenmesinin temelini oluşturmaktan dolayı ekiliş alanı bakımından ülkemiz ve Dünya’da ilk sıralarda yer alan iki stratejik üründür. İnsan yaşamının temel besin maddelerinden olması sebebiyle buğday ve ayçiçeği üretimi gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Dünya’da ve Türkiye’de üretimi yapılan, beslenme payı ve ekonomik değeri yönünden yüksek ürün grubunda yer alan bu iki ürünün üretimine ihtiyaç artmakla beraber insan beslenmesindeki yerinin de her geçen gün arttığı açıkça ortadadır. Özellikle buğday insanların beslenmesi için önemli olan ekmek ve türevlerinin hammaddesi konumunda olup stratejik değerde bir üründür (Kızılaslan, 2004). Türkiye’nin neredeyse her bölgesinde buğday üretimi yapılmakta, ekim alanı ve üretim miktarları açısından Türkiye ilk sıralarda yer almaktadır (Akgün ve ark. 2011). Üretimi yapılan buğday, un haline getirildikten sonra makarna (*Triticum Durum*), bisküvi (*Triticum Compactum*), ekmek (*Triticum Aestivum*), ırmik (*Triticum Durum*), bulgur (*Triticum Durum*) ve kepek gibi birçok unlu mamullerde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır (Aydın ve ark. 2022). Ayrıca buğday, taneleri alındıktan sonra kalan saplar saman haline getirilip hayvan yemlerinde kaba yem olarak kullanılan bir üründür (Tan ve Serin, 1997). Türkiye’de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre buğday ekim alanı 2021 yılında 6.9 milyon hektar olup 17,65 milyon ton buğday üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2021). Dünyada ise 2021-2022 döneminde buğday üretimi bir önceki üretim dönemine göre %1’lik bir artış göstererek 781 milyon ton üretim yapılmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022).

Ayçiçeği (*Helianthus Annuus*) ise anavatanı Orta ve Kuzey Amerika olduğu bilinmekle beraber dünyada yağ üretimi açısından en önemli bitkilerdendir. Besin değeri yüksek proteinler ve temel amino asitler içermesinden dolayı insan sağlığına faydalı olması ve yağlı tohumları sayesinde gübre, kozmetik ürünler, biyodizel, lif üretimi ve ilaç sanayi gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır (Koç, 2022). Ülkemizde insanların genellikle bitkisel yağ kullanımı olarak ayçiçeğini sofralık kullanımlarda, yemeklerde, yüksek ısıya dayanıklı olduğu için kızartmalarda kullanım için seçmesi ve buna bağlı

olarak artan yağ ihtiyacı ayçiçeği üretiminin önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Türkiye' nin yağlı tohumlu bitkiler içerisinde ekim alanı ve üretim bakımından birinci sırayı %50'lik bir değer ile ayçiçeği almaktadır ekimi ise en çok Trakya ve Marmara bölgesinde yapılmaktadır. TÜİK verilerine göre ayçiçeği ekim alanı 2021 yılında 8,1 milyon hektar olup 2,21 milyon ton ayçiçeği üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2021). Dünyada ise 2021-2022 döneminde 57,38 milyon ton üretim yapılmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). Bu iki tarımsal ürünün üretimindeki kaliteyi arttırmak için verimi kısıtlayan faktörlerin neler olduğunu ortaya koyarak analizlerin yapılması, kullanım şekillerinin belirlenmesi ve tarımsal uygunluk planlarının oluşturulması gerekmele beraber küresel dünyada yaşanan iklimsel değişimler, su kaynaklarındaki belirgin düşüş ve nüfusun hızla artması gibi birçok problemten dolayı tarımsal alanlardaki baskılar giderek artmaktadır (Dedeoğlu ve Dengiz, 2018). Buna karşın tarımsal arazilerin arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklere yavaş yavaş tepki verdiği görülmektedir ve tarımsal arazilerde geri dönüşü olmayan hasarlar oluşmadan toprak kalitesindeki değişiklikleri tespit etmek gereklidir (Nortcliff, 2002). Bu sebeple tarımsal arazilerin kullanım potansiyellerine ve şekillerine göre arazi kullanım ve uygunluk planları oluşturularak amaç dışı kullanımların önlenmesi son derece önemli olduğu görülmektedir (Şahin ve Toroğlu, 2020).

Günümüz ihtiyaçlarının artması ve çeşitlenmesi ile de tarım arazilerinin kullanımı her geçen gün artmaktadır (FAO, 1976). Bu nedenle yanlış arazi kullanımlarının önüne geçilerek arazilerin tahrip edilmesini engellemek amacıyla sürdürülebilir tarım ve üretim çalışmaları yapılarak gelecek yıllara katkı sağlayabilmek önemli bir hal almıştır. Sürdürülebilir üretim ve arazi kullanım planlarının oluşturulması ile toprağın yönetsel taleplerini dengelemek ve kaynak kullanımının uygun hale getirilmesi ile uzun vadeli verimlilik değerleri belirlenmeli ve yeni tarımsal politikalar oluşturularak gelecek yıllara katkıda bulunulmalıdır (Joshua ve ark. 2019). Arazi kullanım planlaması ve arazi uygunluğu belirli bir amaç doğrultusunda kullanılacak olan arazinin kapasitesinin değerlendirilmesi olarak (FAO, 1976; FAO 1985) tanımlanmış ve arazi planlaması ile araziye uzun dönemde iyi kullanmak amaçlanmaktadır. Arazi kullanım planlaması arazinin potansiyelini belirlenmesi işlemi olup çeşitli arazi kullanım türlerinin kıyaslanması ile arazinin sahip olduğu niteliklerin ortaya koyulmasıdır (Beek, 1978; Dent ve Young, 1981; FAO, 1977). Kısaca arazi kullanım planlaması arazinin iklim,

toprak, bitki örtüsü, topografya ve diğer özelliklerini ortaya koyarak oluşturulan yeni arazi biçimi için en uygun kullanımların neler olduğunu ve farklı araziler ile kıyaslama yapmak için kullanılan bir yöntem olarak ifade edilebilir (Özcan, 1991). Arazi kullanım planlamalarının ilk adımı potansiyel kaynakların ayrıntılı ve doğru bir şekilde veri tabanının hazırlanması ve bu verilere dayanarak doğal servetler ortaya çıkarılması ile saha için en uygun kullanım tespitinin yapılmasıdır (Cengiz ve ark. 2013). İkinci adım ise sahadaki kullanımın ve oluşturulmak istenen kullanım yapısının her aşamasının derinlemesine incelenmesidir (Cengiz ve ark. 2013). Bu iki adımın uygulanması ile hazırlanan çevresel planlamaların neticesinde hedef arazi alanlarına uygun kullanım imkânları getirilirken doğal çevre korunarak uygun görülen kullanımlardan en yüksek düzeyde verim elde edilmesi beklenir (Atıl ve ark. 2005).

Arazi kullanım planlarının temeli olan arazi uygunluk planlamasında her bir potansiyel arazi kullanımı ve her bir arazi özelliği kıyaslanarak uygunlukta eşleştirmeler yapılabilen bir analiz yöntemi olarak ifade edilir (Dengiz ve Sarıoğlu, 2011). Alternatif kullanım türlerinin belirlenmesi için toprak potansiyeli tahmin edilerek toprak kullanım koşullarına göre kullanım türleri arasında bağlantı kurulmaktadır. Amaçlanan arazi hedefleri doğrultusunda doğal ve potansiyel yetenekleri belirlenerek tarımsal verimliliği arttırmaya yönelik yeni stratejiler oluşturularak arazi uygunluk değerlendirmeleri yapılır (Yale, 2016). Arazinin farklı kullanımlarda uygunluğunu gösteren sınıf değerleri bulunmaktadır, bu değerler arazinin karakteristik ve kalite özelliklerini göstermektedir (Dedeoğlu ve Dengiz, 2018).

Uygunluk sınıflaması çok kategorili bir yapıda ve farklı arazi kullanım türlerini ifade etmektedir. Tarım için uygun arazi kullanımında yüksek uygunluğa sahip arazi (S1) her amaç doğrultusunda kullanılabilir, orta derecede uygun arazi (S2) kullanımı engelleyen birkaç problem taşıyan arazidir ve kullanım elverişliliğinin sınırlı olduğu marjinal arazi (S3) olarak açıklanmaktadır (Dedeoğlu ve Dengiz, 2018). Uygun olmayan arazi grubu ise 2'ye ayrılmaktadır. Hazır durumda olup kullanımı engelleyen faktörlerin olduğu (N1) ve kullanıma hiçbir zaman açılmayacak olan (N2) arazi olarak açıklanmaktadır. Ayrıca arazi kullanımında yaygın olarak puanlama ve ağırlık sistemi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), risk koruma senaryoları ve ÇKKV yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHS) sıkça kullanılmaktadır (Cengiz ve ark., 2013). Bu yöntemlere ek olarak

analiz araçları ve haritalama amaçlı çeşitli bilgisayar yazılımları kullanılmakta ve özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Uzaktan Algılama (UA) gibi yazılımlar sıklıkla kullanılmaktadır. Günümüz teknolojisinin giderek gelişmesi ile toprak analizleri daha kolay yapılmaya başlanmıştır. Literatürde yaygın bir biçimde özellikle tarım alanları için bu yöntemle başvurulmakta ayrıca son zamanlarda tarımsal ürün bazlı çalışmalarda da çok sık tercih edilmektedir.

Daha önce yapılan bir çok çalışmada arazi kullanım planı ve arazi uygunluk planmaları uygulanmış ve ortaya çıkan sonuçlar ile tarımsal açıdan uygun ve uygun olmayan sahaların ortaya konulması ile yanlış arazi kullanımları tespit edilmeye çalışılan bir çok çalışma mevcuttur (Cengiz ve ark. 2013; Dedeoğlu ve Dengiz, 2018). Mevcut çalışmaların sonuçlarına göre optimal tarımsal uygunluk haritaları hazırlanarak arazilerin ne kadarının orman, çayır-mera ve tarım arazisi olduğu veya arazilerin mevcut durumda nasıl kullanıldığı görülmektedir. Bu gibi çalışmalar sonucunda yeni oluşturulan optimal/en uygun arazi kullanım haritaları ile tarımsal arazilerin eksiklikleri belirenerek bu eksikliklerin giderilmesi, sürdürülebilir tarım için gerekli şartların tespiti ve iyileştirme çalışmalarının yapılmasına dair bir çok öneri bulunmaktadır. Ayrıca spesifik bir kültür bitkisi özelinde de bitki yetiştiriciliği için arazilerin uygun olup olmama durumu da bu değerlendirme yaklaşımı ile mekansal olarak haritalanabilmektedir (Dengiz ve Özyazıcı, 2018; Kılıc ve ark. 2022).

Bu araştırma projesinin temel amacı, ülkemiz için önemli sosyal ve ekonomik katkıları olan buğday ve ayçiçeği kültür bitkilerinin Silisözü Havzasında yetiştiriciliği için uygun arazilerin mekansal olarak belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Bu amaçla arazi uygunluğunun belirlenmesinde FAO arazi uygunluk sınıflaması ile sınıflandırılmış ve CBS ile AHS yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu yöntem bölgede buğday (*Triticum Aestivum*) ve ayçiçeği (*Helianthus Annuus*) üretimini artırmak için en uygun planlama adımlarından birisidir. Ayrıca çalışma sahası olan Silisözü Havzası'nın daha önce hiç çalışılmamış olması ve toprak özelliklerinin detaylı mekansal verilerinin bulunmaması çalışmayı önemli kılmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Akbulak (2010) tarafından yürütülen bir araştırmada Yukarı Kara Menderes Havzası'nın ÇKKV yöntemlerinde biri olan AHS ve CBS kullanılarak arazi uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında çayır-mera, tarım ve orman olmak üzere üç farklı Arazi Kullanım Türü (AKT) kullanılarak analizler yapılmıştır. AKT analizinde çayır ve mera için erozyon, mevcut arazi kullanım durumu ve eğim; tarım için yükselti, erozyon, sınırlayıcı toprak özellikleri, toprak derinliği ve yola yakınlık; orman için bakı, yükselti, eğim, sınırlayıcı toprak özelliği ve yola yakınlık kriterleri belirlenerek bu kriterlere uygunluk puanları saptanmıştır. Kriter uygunluk puanları AHS ile kendi içerisinde öncelik sıralamaları dikkate alınarak ağırlık puanları hesaplanmış ve ikili karşılaştırma matrisi yardımı ile kriterlerin ağırlık değerleri hesaplanarak öz vektörün tutarlılık analizi yapılmıştır. Bu analizler sonucunda Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi uygunluk analizleri yapılarak optimal arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni optimal arazi uygunluk haritasına göre sahanın % 75,1'inin "orman" % 15,2'sinin "tarım" ve % 8,5'inin ise "çayır-mera" arazisi olarak kullanılması önerilmiştir. Önerilen optimal arazi uygunluk haritası ile mevcut arazi kullanım durumu karşılaştırıldığında ise mevcut kullanılan tarım alanlarının % 15,2' nin üstünde olduğu görülürken % 75,1'inin orman % 8,5 çayır-mera olarak kullanılan arazilerinin ise önerilen optimal arazi uygunluk değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Alkimim ve ark. (2015) tarafından yürütülen bir araştırmada biyoyakıt ve tarımsal emtia kaynağı olan şeker kamışı için gelecek yıllardaki ihtiyacı karşılanması adına Brezilya'da tarımsal üretimini arttırmanın yolları aranmıştır. Şeker kamışı üretim alanı genişletilirken çevresel ve toprak kayıplarından kaçınmakla beraber ormansızlaşmanın da önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu nedenle tarımsal potansiyele sahip mera alanlarının ekim alanına dönüştürülmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada ise şeker kamışı ekimi için en uygun mera alanlarının belirlenmesi ve bu mera alanlarının şeker kamışı üretimi için alt yapı özellikleri, fiziksel özellikleri ve sosyoekonomik faktörlerin neler olduğu sorunları ele alınmıştır. Çalışmada ÇKKV yöntemi ve CBS kullanılarak uygunluk analizi yapılmıştır. Sübjektif olarak üretilen ağırlık değerlerinin değişikliklerinin değişimi için ya olsaydı senaryoları oluşturulmuştur. Uygunluk sınıfları ve öncelik karakterleri ÇKKV' ye göre mekânsal dağılımları belirlenecektir. En

uygun şeker kamışı üretim alanı Mineas Graís, Sao Paulo’ da bulunmaktadır. Parana, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, patara ve Goias ise şeker kamışı üretimi için orta ve yüksek potansiyele sahip bölgelerdir. Analizler sonucunda şeker kamışı üretimi için orta ve yüksek potansiyele sahip ekili mera alanı 50 milyon hektar alan kaplamaktadır. Mevcut üretim için kullanılan alandan çok daha geniş bir alan olarak belirlenmiştir.

Dedeoglu ve ark. (2019), tarafından yapılan bir araştırmada Dalaman Tarım İşletme Müdürlüğü arazilerinde Arazi Kalite İndisi (AKİ) tarım arazilerine uygulanmıştır. Çalışmada Dalaman Devlet Üretme Çiftliği Toprak Etüt Raporu ve Haritasında belirtilen 7 toprak serisi uzman görüşü ve ÇKKV analizi kullanılarak 43 faz ayrımı Anonymous (1999)’a göre haritalanmış ve toprakların alansal dağılımları kullanılmıştır. Araştırma alanının toprak özelliklerini ve arazilerini temsil eden 13 farklı indiktör belirlenmiştir. AKİ için seçilen indiktörler fiziksel: tekstür, faydalı su kapasitesi, hacim ağırlığı; kimyasal: organik madde, potasyum, pH, elektiriksel iletkenlik, fosfor, toplam azot; arazi: taşlık, derinlik, drenaj ve eğim olmak üzere literatüre uygun olarak birbirinden farklı indiktörler belirlenmiştir. Belirlenen arazi indiktörleri çalışma alanının haritasına CBS kullanılarak sayısal katmanlar oluşturulmuştur. İndiktörlerin ikili karşılaştırmasında ÇKKV yöntemi olan AHS metodu kullanılmıştır. Parametrelerin ikili karşılaştırılması ile Öncelik Vektörü oluşturulmuştur. Oluşturulan öncelik vektörü sonucuna göre En Yüksek Öncelik Vektörü (λ_{max}) belirlenmiştir. λ_{max} arazilerin toprak özelliklerini temsil eden parametre sayısı (13) kullanılarak Tutarlılık İndeksi (Tİ) belirlenmiştir. Tutarlılık İndeks (Tİ) değeri Saaty (2008)’in Rassallık İndeks (Rİ) belirlenerek 13 parametrenin Tutarlılık Oranı (TO) belirlenmiştir. Çalışma alanı arazilerinin AKİ değerlerinin belirlenmesi için Doğrusal Kombinasyon Tekniği (DKT) ve ArcGIS 9,3 kullanılarak 43 farklı haritalama yapılmıştır. Çalışmada AKİ değerlendirmesi sonucu Dalaman Tarım İşletme Müdürlüğü arazilerinin % 61,56’sı “çok yüksek” ve “yüksek” kaliteli, % 35,29’sının “düşük” ve “çok düşük” nitelikte olduğu belirlenmiştir. Belirlenen değerleri eğim (% 12), elektiriksel iletkenlik (% 11,1) derinlik (% 12,5) ve bünye (% 10,7) oranda etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak tarımsal açıdan düşük AKİ değerine sahip araziler ekstra organik madde kullanılması, drenaj kanallarının geliştirilmesi veya taşların toplanması gibi iyileştirme tedbirlerinin alınması ile AKİ değerinin yükselebileceği öngörülmüştür.

Feizizadeh ve Blaschke (2013) tarafından yürütülen bir araştırmada İran'ın Tebriz ilçesinde optimal arazi kullanımı için CBS tabanlı ÇKKV metodu kullanılarak arazi uygunluk analizi yapılmıştır. Arazi uygunluğunun belirlenmesi için iklim koşulları, su mevcudiyeti gibi toprak özelliklerine değinilmiş ve uzman görüşü alınarak uygunluk faktörlerini sıralamak için AHS kullanılmıştır. Arazi uygunluk haritasını oluşturmak için çeşitli ağırlıklar kullanılmış olup kuru ve sulu tarım alanları oluşturulmuştur. Mevcut arazi kullanımı ve sentezlenmiş arazi uygunluk haritası karşılaştırması için SPOT 5' den alınan uydu görüntüleri kullanılmıştır. Oluşturulan yeni uygunluk haritaları ile 65676 hektar alanın ekim için uygun olduğunu ve 120872 hektar alanın kuru tarıma elverişli olduğunu ortaya koymuştur. Analiz sonucunda ortaya çıkan rakamlara göre bölgesel olarak artan ihtiyaçları karşılamak adına saha önemli bir potansiyele sahiptir.

Dedeoğlu ve Dengiz (2018) tarafından yürütülen bir araştırmada Konya - Beşgözlerler K.O.P. arazilerinin tarımsal potansiyelinin belirlenmesi için CBS ve ÇKKV metodu kullanarak arazi uygunluk sınıfları ve arazi değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan bu araştırmada çalışma alanı topraklarının DKT ile sınıflandırılması amacıyla arazi kullanımında tarımsal açıdan etkili olan faktörlere ağırlık değeri atanmış ve bu ağırlık değerlerine göre faktörlerin göreceli önem değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerleri alt kriterlere ayrılmış ve bu alt kriterleri sayısal değerler verilere puanları hesaplanmıştır. Aldıkları puan doğrultusunda DKT ile hesaplanan puanlar sınıflandırılarak tarımsal amaçlı arazilerin uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Araştırmanın nicel modelleme kısmında çok kriterli karar verme algoritması olan AHS ile yürütülmüştür. DKT ile oluşturulan kriterlerin birbirlerine göre öncelik durumları göz önünde bulundurularak ikili karşılaştırma matrisi yardımı ile ağırlık puanları hesaplanmıştır. DKT yönteminde tarımsal uygunluk sınıflarının yapılması için kültür bitkisi yetiştiriciliğini etkileyen eğim, drenaj, torak derinliği, bünye, taşlık durumu, EC, pH, organik madde ve CaCO_3 toprak özellikleri Hybird Sisteme göre 0-4 arasında alt sınıf skorlamaları yapılmıştır. DKT ile yapılan tarımsal uygunluk sınıflamaları sonucunda Konya - Beşgözlerler K.O.P. arazilerinin 1250 ha (% 24.35) alanı “uygun”, 3778 ha (% 73.58) alanı “az uygun” ve 106.5 ha (% 2.07) alanın “ tarım dışı” arazi olarak sınıflandığı belirlenmiştir. Araştırma alanında tarımsal kullanıma uygunluk

sınıflarının aldığı son değerlere bakıldığında drenaj, taşılık durumu ve derinlik faktörlerinin etkilerinin daha diğer faktörlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Pilevar ve ark. (2020) tarafından Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (B-AHS) ve CBS kullanılarak İran'ın doğusunda bulunan 5474,27 hektarlık kireçli ve tuzlu topraklarda buğday ve mısır üretimi için arazi uygunluk analizi çalışılmıştır. Çalışma sahadan 72 adet toprak örnekleme alınarak yapılmış ve arazi uygunluğunun belirlenmesi için toprak, topografya ve iklim verileri bulanık küme verilerine dönüştürülerek doğru bir arazi kullanım modeli oluşturulmuştur. CBS ortamında oluşturulan haritalar en yüksek özgül ağırlığın toprak tekstüründe (0,221) en düşük değişebilir sodyum yüzdesi (0,012) olarak bulunmuştur. Çalışma sahasının buğday üretimi için %14,68' i yüksek, %78,23'ü orta derece ve %7,08'i marjinal olarak uygun olarak belirlenmiştir. Mısır üretimi için ise %2,75'i yüksek, %61,51'i orta ve %35,74'ü marjinal olarak uygun olarak belirlenmiştir.

Zolekar ve Bhagat (2015) tarafından yürütülen bir araştırmada engebeli bölgede ÇKKV kullanılarak arazi uygunluğu analizi yapılmıştır. Engebenin hâkim olduğu sahalarda tarımsal faaliyetler üzerinde fizyolojik bileşenlerin büyük rol oynadığını ve tarımsal üretimde nem, eğim, doku ve besin maddelerinin miktarı, toprak derinliği, su tutma kapasitesi ve erozyon en etkili faktörler olduğunu belirten bu çalışmada. RS P6 LISS-IV veri setini kullanılmıştır. Tarımsal uygunluk analizinde CBS ve ÇKKV yöntemi kullanılmış olup uzman görüşüne başvurulmuştur. Korelasyon analizlerinin yapımı aşamasında kriterlerin sıralarını belirlemek için ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Çalışma sahasının arazi uygunluk değerleri %38'i uygun değil, %16'sı marjinal olarak uygun, %29'u orta derece uygun ve %17'si ise çok uygun olarak hesaplanmıştır.

Dağlı ve Çağlayan (2016) tarafından yapılan bir çalışmada Melendiz Çayı havzasında optimal arazi kullanımının belirlenmesi için CBS destekli ÇKKV analizlerinden olan AHS tekniği kullanılmıştır. Melendiz Çayı havzasına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalar ArcGIS 10.3.1 programı yardımı ile sayısallaştırılarak çalışmanın alt yapısı oluşturulmuştur. 1993 yılına ait Niğde ili arazi varlığı yardımıyla toprak derinliği, arazi kabiliyeti, erozyon ve toprak özellikleri CORİNE 2006 kullanılarak arazi kullanım özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler vektör veri haline getirilmiştir. Harita Genel

Komutanlığı'ndan alınan ve ArcGIS ile SYM oluşturulan haritalardan eğim, yükselti ve bakı hesaplamaları yapılarak Raster veriler oluşturularak Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay) analizi yapılmıştır. Arazi kullanımı uygunluk sınıfları belirlenerek aynı dereceye sahip sınıflar AHS ile tekrar çakıştırılarak yeni optimal arazi kullanım haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni optimal arazi uygunluk haritası sonuçları 2006 yılına ait CORINE temelli arazi kullanım haritası ile karşılaştırılarak Melendiz Çayı havzasında yanlış arazi kullanımları ortaya koyulmuştur. Arazi kullanımında üç farklı kriter kullanılmış olup bunlar; tarım, orman, meradır. Oluşturulan ana kriterlerden hareketle literatüre uygun olarak alt kriterler belirlenmiş ve alt kriterleri göreceli olarak puanlanarak birbirlerine göre üstünlükleri dikkate alan AHS tekniği ile ana kriter puanları belirlenmiştir. Bu alt kriterler ise toprak, erozyon, arazi kullanımı, arazi kabiliyeti, yükselti, bakı, eğim, diğer arazi özellikleri, toprak derinliği, jeomorfoloji, yağış ve sıcaklıktır. Bu alt kriterler Saaty yöntemleri kullanılarak sentezlenmiş ve yeni "Optimal Arazi Kullanımı" haritası oluşturulmuştur. Melendiz Çayı havzasının tarımsal uygunluk değerleri incelendiğinde arazilerin 1664 km²' si tarım alanı olarak kullanılması önerilmekte iken şuan kullanılan tarım alanı 1940 km²'dir, 1092 km²' si çayır ve mera alanı olarak kullanılması önerilmekte iken şuan kullanılan çayır ve mera alanı 1107 km²'dir ve önerilen optimal orman alanları 346 km² olarak önerilmekte iken mevcut orman alanı olarak kullanılan alan 114 km² olarak belirlenmiştir.

Gök ve ark. (2022) tarafından yürütülen bir araştırmada alternatif tarım ürünü olarak lavanta yetiştiriciliğine uygun sahaların belirlenmesi için Tokat ilinde çalışma yapılmıştır. Çalışma sahasında lavanta bitkisi yetiştiriciliği için gerekli olan koşulların belirlenmesi için eğim, bakı, yükseklik, ortalama sıcaklık, büyük toprak grupları (BTG) güneş radyasyonu, toprak, litoloji ve arazi kullanımı parametreleri CBS ve AHS metodu kullanılarak uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Nitel ve nicel değerlendirmenin bir arada kullanıldığı AHS yöntemi uygulaması dört aşamadan oluşturulmuştur. Bu aşamalar problemin belirlenmesi ile probleme ait alt kriterlerin belirlenmesi, hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması ve ikili karşılaştırılma sonuçlarına göre ağırlık değerlerinin bulunması olarak ilerlemiş ve bu aşamaların sonuçlarına göre analiz yapılmıştır. Kullanılan parametrelerin ikili karşılaştırmaları sonucu elde edilen ağırlık değerleri incelendiğinde BTG (%3), arazi kullanımı (%4), eğim (%6), yükseklik (%6), bakı (%13), güneş radyasyonu (%15), yıllık ortalama

sıcaklık (%19) ve litoloji (%32) olarak hesaplanmıştır. Bu parametrelerin ikili karşılaştırmaları sonucunda ağırlık değerleri belirlenmiş ve ağırlık değerlerinin Tİ değeri ise 0.033459 olarak hesaplanmıştır. Tokat ilinde lavanta yetiştiriciliği için çok uygun ve uygun sahalar kuru tarım alanları olup nadas uygulamasının yapıldığı ve nöbetleşe ekimin yapıldığı alanlar olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda kuru tarım yapılan alanların %29'luk kısmı lavanta yetiştiriciliği için uygun sahalar oluşu sonucuna ulaşılmıştır.

Şahin ve Toroğlu (2020) tarafından yapılan bir araştırmada Kayseri Pınarbaşı ilçesinin arazilerinin tarımsal uygunluğunun belirlenmesi adına analizler yapılmıştır. Bu çalışmada Pınarbaşı ilçesinin topraklarının tarımsal uygunluk dereceleri ÇKKV tekniklerinden olan AHP ile CBS birlikte kullanılmıştır. Çalışmada tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi için sahanın koşulları dikkate alınarak literatürde yer alan AHP sürecinin ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Belirlenen ana kriterler eğim değeri, drenaj özelliği, yağış, erozyon dereceleri, BTG, sınırlayıcı toprak özellikleri diğer toprak özellikleri, bakı, derinlik, sıcaklık, arazi kullanım kabiliyet sınıfı, arazi kullanım kabiliyet alt sınıfı, yükselti, ana akarsu ve yan kollara olan mesafe ile 12 tane kriter ve kriter aralıkları belirlenmiştir. Her ana kriter ikili karşılaştırmalar ile kıyaslanarak öncelik vektör değerleri ve alt kriter puanları hesaplanarak katmanlar arası çakıştırmalar yapılmış ve arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan arazi uygunluk haritası FAO'nun sınıflama değerlerine göre tekrar sınıflandırılarak yeni bir harita oluşturulmuştur. FAO sınıflamasına göre oluşturulan yeni haritada Pınarbaşı ilçesinin tarımsal uygunluk değerleri incelendiğinde arazilerin %45,85 (1562,65 km²) ile tarımsal faaliyete uygun değildir, %2,15'i (73,36 km²) son derece uygun, %35,26'sı (1201,85 km²) orta derecede uygun ve %16,74'ü (570,32 km²) marjinal olarak uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Oluşturulan yeni tarımsal uygunluk haritası ile 2018 yılına ait CORİNE arazi örtüsü karşılaştırıldığında ilçe arazilerinde tarımsal anlamda yanlış arazi kullanımının olmadığı görülmektedir ayrıca tarımsal faaliyetlerin orta derece ve son derece uygun sahalar üzerinde yapıldığı sonucuna varılmıştır.

Torunlar ve Nazlıcan (2018) tarafından yapılan bir araştırmada Türkiye'de ana ürün olarak soya bitkisinin yetişebileceği en uygun arazilerin belirlenmesi için ÇKKV ve AHS yöntemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmada en uygun arazilerin

belirlenmesi için DKT yöntemi kullanılarak da ana ürün olan soyanın yetiştirebileceği arazi uygunluk sınırları belirlenmiştir. Belirlenen sınıflar ve sonuçlar doğrultusunda çalışma sahasının % 22.34 'lük olan kısmı soya bitkisinin yetiştirilmesi için çok uygun ve orta uygun sınıfta bulunurken %15.56'lık kısmı az uygun ve %62.10'luk kısmı ise soya bitkisi yetiştirmeye uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre çok uygun ve orta uygun sınıfta yer alan arazilerde yerli soya üretimi yapılması Türkiye'nin yıllık soya ihtiyacının karşılanmasına katkı sağlayarak bir nebze de olsa ithalatın önüne geçeceği sonucuna varılmıştır.

Karabacak (2021) tarafından yapılan bir araştırmada Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin Lefkoşa ilçesindeki arazilerin tarımsal uygunluk analizi yapılmıştır. Tarımsal uygunluk analizi için kriter seçiminde ve seçilen kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde ÇKKV yöntemlerinden olan AHS' den faydalanılmıştır. Araştırmada CBS yardımıyla uygunluk için belirlenen kriterler doğrultusunda katmanlar oluşturulmuş ve ağırlık çakıştırmaları yapılarak tarımsal uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Yapılan analizler neticesinde çalışma sahasının %78'inin tarımsal faaliyetlere uygun olduğu belirlenmiştir. Tarıma çok uygun olan arazilerin %90'ında, orta derecede uygun olan arazilerin %53'ünde, az uygun olan arazilerin %76'sında ve tarıma uygun olmayan arazilerin %17'sinde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı belirlenmiştir. Tarıma uygun olarak belirlenen arazilerden orman alanları, sulak alanlar ve yapay alanlar çıkarıldığında %70'inin tarımsal faaliyetlere uygun olduğu hesaplanmıştır. Tarıma uygun alanların yerleşme, ticaret, yapay alanlar ve sanayi faaliyetleri için işgal edilmeye başlandığı ortaya çıkmıştır. Lefkoşa merkez ilçesi olması ve hızla artan bir nüfusa sahip olmasından dolayı kentsel yayılma devam ederek tarımsal arazilerin işgal edileceği öngörülmüştür.

Sarkar ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir araştırmada Beko Havza' sında (Purlia, Hindistan) buğday ekimi için uygunluk analizi yapılmıştır. Çalışmada CBS ve ÇKKV yöntemleri kullanılarak ekime uygun arazilerin belirlenmesi için analizler yapılmıştır. Uygunluk kriterleri olarak derinlik, tekstür, drenaj, pH, yağış, eğim ve arazi kullanımı/arazi örtüsü kullanılmıştır. Analiz sonucunda Beko Havzasının buğday üretimi için toplam uygun alanı %11,92 olarak hesaplanmış oluk kalan arazilerin

%75,97'si orta derece uygun (S2), %10,58'i marjinal olarak uygun (S3), %0,11'i uygun değil ve %1,43'ü kalıcı olarak uygun değil olarak belirlenmiştir. Havza alanında zayıf toprak özellikleri ve kusurlu drenaj ağı olması gibi negatif etmenlerden dolayı buğday üretimi orta derecede uygun olarak belirlenmiştir.

Akinci ve ark. (2013), tarafından yürütülen bir araştırmada Artvin ilinin Yusufeli ilçesinde yer alan 3 köyün tarım arazilerinin hepsinin ve 22 köydeki tarım arazilerinin bir kısmının sular altında kalması ve bu sahadaki arazilerin tarımsal uygunluğunun belirlenmesi amacıyla çalışma yapılmıştır. Arazi uygunluk analizinde AHS yöntemi kullanılmıştır ve analizde kullanılan parametreler; arazi kullanım kabiliyet sınıfı, toprak derinliği, büyük toprak grubu, erozyon derecesi, arazi kullanım kabiliyet alt sınıfı, bakı, erozyon derecesi, yükseklik, eğim, toprak derinliği ve toprak özellikleri olarak belirlenmiştir. Belirlenen parametrelerin ağırlıklarının belirlenmesinde uzman görüşüne başvurulmuştur. Oluşturulan tarımsal arazi uygunluk haritaları FAO belirlediği sınıflamaya göre 5 kategoride incelenmiştir. Oluşturulan yeni tarımsal uygunluk haritasından mera, rezervuar ve orman alanları çıkarıldıktan sonra, çalışma sahasının tarımsal üretim için %6.3' ünün marjinal uygun, %1.55'inin orta ve %0.008'inin çok uygun olarak belirlenmiştir ve mevcut tarımsal üretime uygun olmayan arazi oranı ise %2.24, sürekli uygun olmayan arazi oranı ise %3.42 olarak belirlenmiştir. Çalışma sahasının %85'lik bir oranla büyük bir orana sahip alanın mera ve ormanlarla kaplı olması, eğimin yüksek olması ve toprak derinliğinin üretim için yetersiz seviyede olması gibi nedenlerde erozyon derecesini yükseltmektedir.

Dengiz ve Demirağ (2014), tarafından yapılan bir araştırmada Samsun ilinin Merkez ilçesine ait 341 km² alanda arazi kullanım şeklinin belirlenmesi adına analiz yapılmıştır. Bu çalışma sahasına ait uydu görüntüsü CBS kullanılarak arazi kullanım şeklinin belirlenmesi amaçlanarak Samsun il envanter raporunda yer alan 1984 yılına ait topografik haritalar, arşiv verileri ve 2005-2011 yılı ASTER uydusu görüntüleri ana kartografik materyal olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi için uzaktan algılama ENVI 5.0 programı kullanılarak kontrolsüz sınıflama yapılmış ve dört arazi kullanım sınıfı ve arazi kullanım örtüsü oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sınıfların kontrolü için arazi çalışması yapılmıştır. Uzaktan algılama yardımı ile akıllı sınıflama yapılarak mera tarım, tarım dışı alanlar ve ormanlık alanlar belirlenmiştir. Arazi kullanım şeklinin

belirlenmesi için CBS programı kullanılarak veriler sayısallaştırılmıştır. Çalışma sahası 1984 yılına ait arazi kullanım türleri ve arazi kullanım kabiliyet sınıflama haritaları CBS’ de Raster veri formatına dönüştürülmüştür. 1984 yılı arazi kullanım türleri 2005-2011 yılı uydu görüntüsü kullanılarak oluşturulan arazi kullanım türleri arazi kullanım kabiliyet sınıfları ile kıyaslanmış ve I., II. ve III. sınıf tarım arazilerinde şehirleşme ve amaç dışı kullanımın arttığı tespit edilmiştir. 1984 yılında 24313,76 hektar olan tarım arazisi, 2005 yılında 10120,96 hektara ve 2011 yılında da 6960,69 hektara gerilemiştir. Tarım dışı arazi ise 1984 yılında 1893,36 hektardan 2005 yılında 6301.662 hektara 2011 yılında ise 7917,737 hektara yükselmiş olduğu ortaya konmuştur.

Mendas ve Delali (2012), tarafından yapılan bir araştırmada günümüzde tarım arazilerindeki düşüş nedeniyle sürdürülebilir tarım yaparak arazilerin belirlenmesi için çeşitli nitelikteki faktörlerin birleştirilmesi ve tarım arazileri uygunluk haritalarının oluşturulması adına Cezayir’ in Malta bölgesindeki durum buğdayı ekimi için uygun araziler belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan parametreler ve sınıflandırmalar FAO yaklaşımına göre yapılmıştır ve CBS ortamında ÇKKV yöntemi Electtre’yi (ELimitation Et Choix Traduisant la REalité) birleştirilmiştir. Çalışmada 12 ana kriter kullanılmıştır bunlar; su kaynakları, drenaj, geçirgenlik, pH, elektiriksel iletkenlik, kireç, katyon değişim kapasitesi, tekstür, derinlik, eğim, işgücü ve yollar olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Malta bölgesindeki durum buğdayı için arazi uygunluk haritası oluşturulmuş ve haritalama sonuçlarına göre iki görüş ortaya atılmıştır. İyimser bakışa göre yüzölçümü bakımından 4675,56 ha (hektar) çok uygundur, 4288,38 ha orta derecede uygundur, 203,85 ha marjinal olarak uygundur ve 206,69 ha makarnalık buğday ekimine uygun değildir. Kötümser bakışa göre ise 150,23 ha çok uygun, 3935,39 ha orta derecede uygun, 4974,66 ha marjinal uygun ve 314,21 ha uygun değildir olarak değerlendirilmiştir.

Dengiz ve ark. (2022), tarafından yürütülen bir araştırmada Ankara ilinin Gölbaşı ilçesi özel çevre koruma alanı ve yakın çevresine ait alanların ÇKKV yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreç (B-AHS) kullanılarak tarımsal faaliyetlerine uygun potansiyel tarım alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sahası 34695.60 ha alan kaplamakta olup sahada işlemeli tarıma uygun potansiyel sahaların belirlenmesi için DKT kullanılarak erozyon, eğim, drenaj, taşlık, derinlik,

bünye, pH, organik madde, kireç ve elektiriksel iletkenlik olmak üzere 10 adet kriter kullanılmıştır. Bu kriterler CBS' uygulaması yardımıyla analiz edilmiştir ve araştırma sonuçlarına göre, çalışma sahasının %47.4 ' ü işlemeli tarıma çok uygun (S1) ve uygun (S2) olarak belirlenmiş olup %9.3'ü işlemeli tarıma uygun olmadığı (N) sonucuna varılmıştır.

Tağıl (2020), tarafından yapılan bir araştırmada Edremit Körfezi ve çevresindeki ekili dikili arazilerin tarımsal uygunluklarının belirlenen kriterler açısından değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçların mevcut kullanımlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışma sahasında tarıma uygun alanların belirlenmesi için CBS veri tabanlı ÇKKV analizlerinden biri olan AHS kullanılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda tarıma çok uygun olarak belirlenen verimli tarım arazilerinde yerleşim faaliyetlerinin olduğu görülmüştür. Çalışma sahasında yer alan orman alanı ve tarıma elverişli olduğu belirlenen alan arasında bozuk koru ve ekili dikili alanlardan oluşan bir geçiş sahası olduğu tespit edilmiştir. Arazi uygunluk seviyelerinin belirlenmesinde çevresel parametrelerden yararlanılarak çalışma sahası içerisinde ekili tarım alanlarının üst sınırına ulaştığı görülmektedir. Edremit Körfezi'ndeki tarım alanlarının potansiyeline uygun olarak kullanıldığında tarımsal verimliliğin artmasına katkı sağlayacağı ortaya konulmuştur.

Çakır (2021), tarafından yapılan bir araştırmada Samsun İli Çarşamba ilçesine bağlı Sefalı Köyü ve yakın çevresine ait arazilerin 972 ha' lık alanın DKT ve AHS kullanılarak tarımsal uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sahanın detaylı toprak haritaları kullanılmış ve CBS kullanılarak çalışma sahasının arazi uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni tarımsal arazi uygunluk haritalarına göre çalışma sahasının büyük bir kısmı %62.85 (6106.3 da) çok uygun ve uygun sınıfta yer alırken, %27.1'lik (2633.4 da) kısmı az uygun sınıfta yer almaktadır. Sahadaki toplam alanın yaklaşık %10'luk kısmını oluşturan Tp1.Dd31o, Yk1.Ed21i ve Yk1.Dd21i haritalama birimleri ise tarımsal kullanıma uygun değildir sonucuna varılmıştır. Tarımsal üretimi kısıtlayan başlıca faktörler ağır büyüme, eğim ve sığ toprak özellikleri olduğu tespit edilmiştir.

Tuğaç ve Torunlar (2007), tarafından yapılan bir araştırmada hücresel analiz metodu kullanılarak ve ekolojik kriterlere göre belirlenen Ankara ili Haymana ilçesi

sınırlarında yer alan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği bünyesinde bulunan Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsü arazilerinin tarımsal uygunluğunun belirlenmesi çalışılmıştır. Bu çalışmada CBS kullanılarak tarımsal araziler için belirlenen kriterler olan topografya, sulama koşulları ve toprak gibi katmanlar oluşturularak çalışma sahası içerisindeki ağırlıklı oranlarını atamak amacıyla faydalanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda çalışma sahasının tarımsal uygunluk indeksi oluşturulmuş ve tarımsal uygunluk sınıfları belirlenmiştir ve bu sonuçlara göre çalışma sahası toplam alanı 968. 3 ha olan sahanın %7.15' ini (69. 3) bataklık, gölet ve kayalık alanlar oluşturmaktadır. Çalışma sahasındaki arazilerin % 30.27'si (293. 1 ha) az uygun (S3), (332. 1 ha) uygun (S2) ve (157. 2 ha) çok uygun (S1) olup arazinin % 12.04'ünün (116. 6 ha) ise tarımsal kullanıma uygun olmadığı (N) sonucuna ulaşılmıştır.

Çelikyay ve ark. (2015), tarafından yürütülen bir çalışmada CBS ve AHS kullanılarak Bartın ili arazi kullanım uygunluk analizi çalışılmıştır. Çalışmada eğim, bakı, jeolojik yapı, depremsellik/fay hattına yakınlık, erozyon, heyelan, arazi kullanım kabiliyet sınıfları, ulaşılabilirlik/yola uzaklık ana kriterler olarak belirlenmiştir. Tarımsal kullanım için çalışma alanının uygun olmayan alanlar 621 km², az uygun alanlar 1205 km², uygun alanlar 431 km² ve çok uygun alanlar 172 km² olarak belirlenmiştir Sanayi kullanımı için uygun olmayan alanlar 334 az uygun alanlar 636 km², uygun alanlar 626 km² ve çalışma sahasının tamamında çok uygun alanlar 833 km² olarak belirlenmiştir. Orman alanı kullanımı için uygun olmayan alanlar 164 Km², az uygun alanlar 696 km², uygun alanlar 928 km² ve çok uygun alanlar 641 km² olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile Bartın ilinde uygun ve uygun olmayan arazi kullanımı belirlenmiştir ve sanayi, yerleşim alanlarının uygun alanlarda gelişmediği belirlenmiş olup tarım alanları için en uygun alanların yerleşme faaliyetleri nedeni ile parçalanmakta olduğu belirlenmiştir.

Cengiz ve ark. (2013), Gökçeada'nın arazi kullanımı uygunluk analizleri McHarg ve CBS kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada çayır-mera, orman ve tarım olarak üç başlık halinde arazi kullanım tipi belirlenerek optimal arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni kullanım haritaları ve sonuçlar ile beraber günümüzdeki kullanım durumu ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler ve karşılaştırmalar sonuçlarına göre çayır-mera %21.21, orman %35.06 ve tarımsal

faaliyetler %17.07 olarak belirlenmiştir. Mevcut arazi kullanımı ve önerilen optimal arazi kullanımı kıyaslandığında mevcut arazi kullanımında çayır-mera alanlarının önerilen arazilerden daha fazla yer kapladığı, orman ve tarım arazilerinin daha az yer kapladığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre çalışma sahasının bir kısmının potansiyeline uygun olarak kullanılmadığı ve orman veya tarım alanı olarak kullanılması gereken kısmın çayır-mera alanı olarak kullanıldığı belirlenmiştir.

Pramanik (2016), tarafından yapılan bir araştırmada Hindistan'da bulunan Darjeeling bölgesi için arazi uygunluğu çalışılmıştır. Bölgenin Himalaya yoğun orman altında kalan arazileri AHS ve CBS veri tabanında yer alan DEM verileriyle tarımsal uygunluk analizi yapılmıştır. Sahadaki uydu görüntüleri ve veriler Lanaset 8 uydu verisinden alınarak tarımsal üretim için arazi uygunluğunun değerlendirilmesine katkı sağlamıştır. Yapılan analizlerin belirlenmesinde uzman görüşlerinden yararlanılarak seçilen parametreler ise ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda yaklaşık %40,60'u tarıma uygun değil, %24,27'u çok az uygun, %29,82'si çok uygun ve %5,31'lik alan çok uygun olarak sınıflandırılmıştır.

Yohannes ve Soromessa (2018), tarafından yapılan bir araştırmada Etiyopya'da bulunan Andit Tid havasında arazi uygunluk analizi yapılmıştır. Çalışma sahasında ekonomi tarımsal üretime dayalı olmasına rağmen toprağın yoğun ekimi ve yanlış yönetimi nedeniyle ÇKKV yaklaşımı kullanılarak ana mahsul olan buğday ve arpa için tarımsal uygunluk analizi çalışılmıştır. Arazi uygunluğu için ana kriterler derinlik, tekstür, drenaj, erozyon, bakı, eğim, verimlilik, pH, EC, OM, CaCO_3 , katyon değişim kapasitesi, fosfor, azot, sıcaklık, yağış ve erişilebilirliktir. Bu ana kriterler CBS de işlenerek uygunluk sınıfları oluşturulmuştur. Buğday ve arpa için havzanın %77,45'si (266,55 ha) orta derecede uygun, %0,51'i (2,43 ha) oldukça uygun %2'si (9,3 ha) marjinal olarak uygun ve %0,77'si (3,6 ha) hem buğday hem de arpa ekimi için uygun değildir. Çalışma sahanını üretim için sınırlayan etmenler eğim, toprak derinliği, sıcaklık, erozyon etkisi ve toprak dokusudur. Andit Tid havasında üretim yeni oluşturulan tarımsal uygunluk analizinin tam tersi yönünde olduğu görülmüştür.

Özsahin ve Özdes (2022), tarafından yapılan bir araştırmada Tekirdağ ilinin tarımsal verimliliğini ortaya koymak adına çalışma yapılmıştır. Çalışmada CBS tabanlı ve ÇKKV yöntemi kullanılarak tarımsal uygunluk analizi yapılmıştır. Kullanılan veri setleri yersel örneklerle desteklenmiş olup mekânsal teknolojilerle işlenerek çalışma sahasının tarımsal potansiyelinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Tekirdağ ilinin topraklarının %8'i tarımsal üretime uygun değil ve %20,3'ü marjinal olarak uygun olarak belirlenmiş kalan toprakların %65,7'sinin tarımsal üretime uygun olduğu ortaya konulmuştur. Çalışma sahasının Kuzeybatı kesiminde tarımsal verimliliğin daha yüksek olduğu belirlenmiştir fakat bu alanlarda endüstriyel faaliyetler hakim olduğu gözlenmiştir. Çalışma sonucuna göre tarımsal arazilerin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması için yeniden planlanması gerektiği öngörülmüştür.

Kılıç ve ark. (2022), tarafından yürütülen bir araştırmada Yeşilirmak havzasının üst kısmında yer alan Tozanlı havzasında ekmeklik buğday (*Triticum Aestivum*) ekimi için arazi uygunluğu analizi yapılmıştır. Bu çalışmada ekmeklik buğday ekimi ve arazi uygunluk analizi B-AHP ve CBS kullanılarak yapılmıştır. Havzada toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri (pH, kireç, toprak derinliği, doku, elektriksel iletkenlik ve organik madde) topografik özellikleri (eğim, yükseklik, bakı) uygunluk kriterleri olarak belirlenmiştir. Ekim 2017'de rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak çalışma sahasından 0-20 cm derinlikten 92 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Buğday üretimi için uygun alanların belirlenmesi için CBS' deki ağırlıklı bindirmeli mekânsal analiz yapılmıştır ve analizler sonucunda en yüksek toprak derinliği (0,232) ve yükseklik (0,218) için özgül ağırlık değeri elde edilirken en düşük ağırlık değeri görünüş (0,042) için hesaplanmıştır. Tozanlı havzasında ekmeklik buğday ekimi için arazilerin %32,59'u marjinal olarak uygun, %9,85'i orta ve %2,63' yüksek derecede uygundur. Havzanın toplam alanının ise %54,92'si kalıcı olarak buğday ekimi için uygun değil olarak belirlenmiştir.

Taşlıalan (2022) tarafından yapılan bir araştırmada hünnap yetiştiriciliği için arazi uygunluk analizi CBS yazılımı kullanılarak mekansal analiz ve AHS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan ana kriterler arazi kullanım kabiliyeti (AKK), toprak derinliği, BTG, eğim, bakı, arazi kullanım alt sınıfı, erozyon,

sıcaklık, yağış ve yükseklik olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu 10 ana kriterin karşılaştırma matrisleri oluşturularak ağırlık hesaplamaları yapılarak AHS yöntemine göre yeniden sınıflandırılarak arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur. Uygunluk haritasına göre Eskişehir ilinde hünnap yetiştiriciliği için tarımsal açıdan en uygun %5, uygun %21, muhtemel araziler ise %2 ve uygun olmayan araziler ise %72 olarak belirlenmiştir.

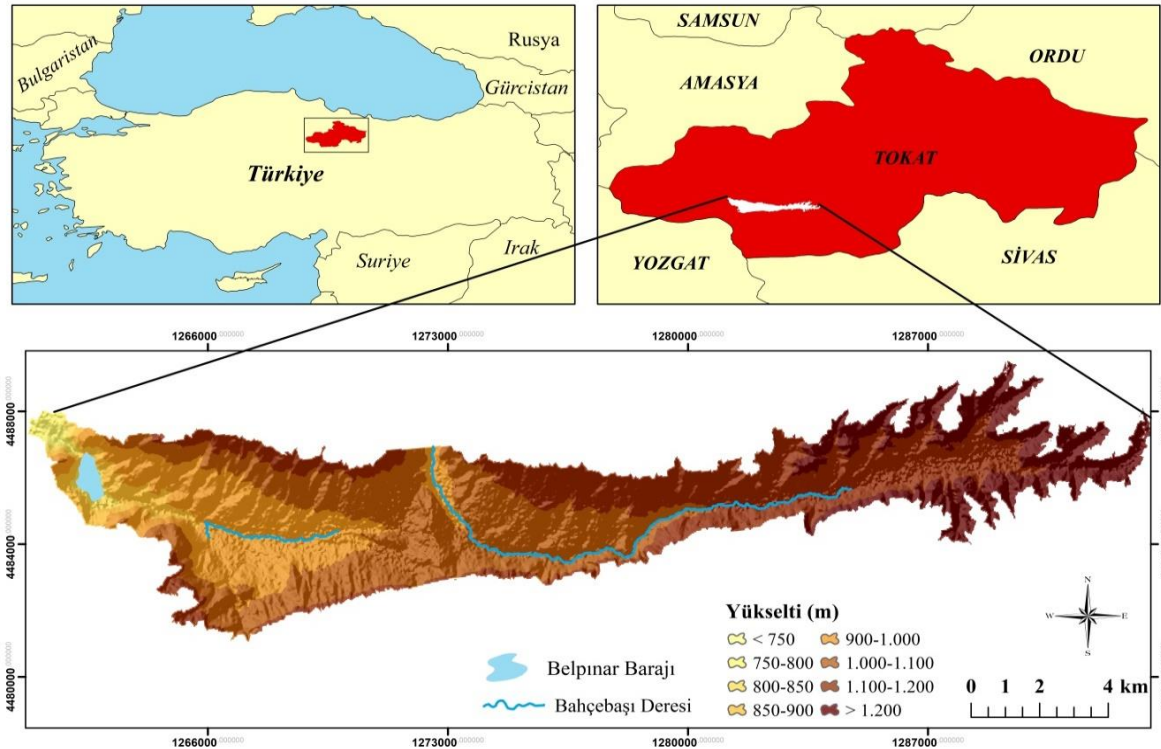
Topuz ve Deniz (2023) tarafından yapılan bir araştırmada Manisa ilinin Demirci ilçesi için AHS kullanılarak arazi uygunluğu çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada CBS den faydalanılarak Weighted Overlay ile ağılıklar belirlenmiş ve 11 adet ana kriter kullanılmıştır. Ana kriterler arazi kabiliyeti, toprak tipi, derinlik, yükseklik, eğim, jeomorfoloji, bakı, erozyon yağış, sıcaklık ve diğer toprak özellikleri olarak belirlenmiştir. Bu kriterler değerlendirilirken uzman görüşünden yararlanılmıştır ve CBS yazılımında uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Yeni sınıflama haritalarına göre Demirci ilçesine ait arazilerin tarıma pek uygun olmadığı tespit edilmiştir. İlçenin yüzölçümünün %67,19'una karşılık gelen 837 km²'lik alanı tarıma marjinal olarak uygun alan olarak belirlenmiştir. Meraya uygun olabilecek araziler dikkate alındığında ise sahanın %42,52'si orta derecede uygun, %43,91'i çok uygun olarak belirlenmiştir.

Sarğın (2023) tarafından yapılan bir araştırmada yarı kurak iklim koşullarında buğday ve arpa yetiştiriciliği için arazi uygunluk sınıflaması çalışması yapılmıştır. Çalışma sınırları olan Van İli Tuşba İlçesi Alaköy ve Atmaca Mahalle sınırları içerisindeki arazilerin değerlendirmesi için sahadan alınan toprak örneklerini CBS ve AHS kullanarak değerlendirilmiştir. Toprak kalite indeksinin belirlenmesi için 24 farklı parametre belirlenmiş fiziksel, kimyasal ve verimlilik analizleri yapılmıştır. CBS den faydalanılarak kalite indeks haritaları oluşturulmuş ve haritalar iyi, orta ve zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Toprak verim değeri ve ekonomik yönden toprak kalite indeksi değerleri arasında pozitif ilişki olduğu saptanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Silisözü Havzası Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölümünde ve havza İç Anadolu bölgesi sınırında yer almaktadır (Şekil 1). Havza Akdağ ve güneydeki Deveci Dağları arasında olup iki dağlık kütleyle birbirinden ayırmaktadır. Deveci Dağları'na 20 km uzaklıktadır. 10290,17 hektarlık bir alana sahip olan Silisözü Havza'sı adını içinde akan Silisözü Deresi'nden almaktadır. Havzada bulunan Bahçebaşı Deresi zamanla havzada dar bir boğaz açmıştır ve Silisözü Deresi'ni kapmıştır. Bahçebaşı Deresi'nin Silisözü Deresi'ni kapması ile Karabalçık ve Göçenli köyü arasında dirsek oluşturarak Silisözü Deresinin yönünü (doğu-batı) değiştirmiştir. Silisözü Deresi kapmanın etkisi ile Bahçebaşı Deresi ile birleşmiş ve oluşan dirsek yönünde (kuzey) akmaya devam ederek Yeşilirmak'a ulaşır (Özçağlar, 1990). Havza içindeki su akımlarının önemli bir miktarı Belpınar Barajında Kuşkayası regülatörü vasıtasıyla toplanmaktadır (Gök, 2021).



Şekil 1. Silisözü Havzası.

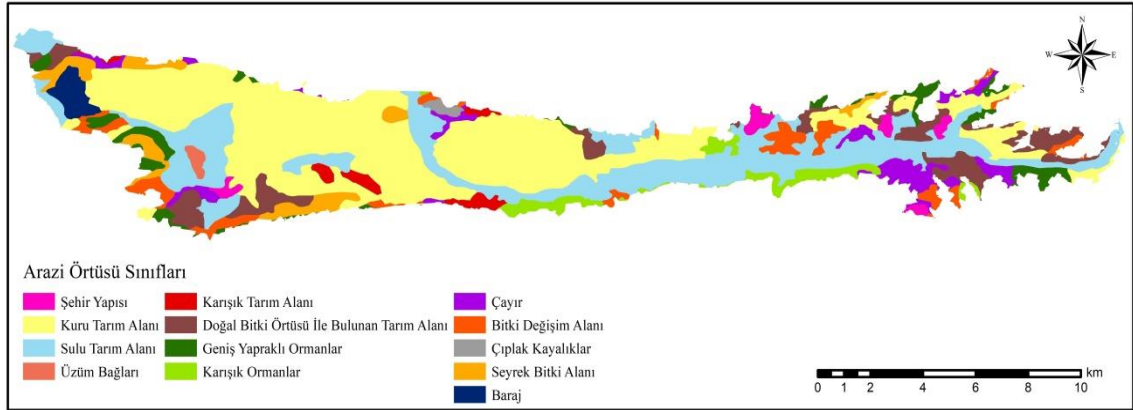
Havza içinde taban, etek ve yamaç fizyografik üniteleri üzerinde ve farklı ana materyaller üzerinde gelişim gösteren topraklar bulunmaktadır. Bu bakımdan havza içindeki topraklar heterojen bir özellik sergilemektedir. Havzanın rakımı 748 m ile 1292 m arasında değişim gösterirken ortalama yükselti 1078 m'dir. Zile istasyonunun uzun yıllar iklim verilerine göre bölgenin yıllık ortalama sıcaklık değeri 9,5 °C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 600 mm'dir.



Şekil 2. Çalışma sahasına ait görseller.

Silisözü Havzası'nda tarım alanları yaklaşık 10 km² olup havzada hem sulu tarım hem de kuru tarım yapılmaktadır (Gök, 2021). Havzada sosyoekonomik faaliyetler olarak TUİK' den alınan veriler ve çalışma sahasında yapılan gözlemler sonucunda tarım ve hayvancılığın yaygın olarak yapıldığı görülmektedir. TUİK' den alınan güncel veriler doğrultusunda Silisözü Havzası sınırları dâhilinde köylerin nüfusu göz önünde bulundurularak havza nüfusu 3.376 kişi olarak belirlenmiştir. Havzadaki derenin varlığı tarım arazilerinin sulanmasında ve sulu tarım yapılmasında önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Şekil 3'te CORINE veri tabanından elde edilen sınıflama haritasından görüldüğü üzere çalışma sahasında kuru tarım alanı daha geniş yer kaplamaktadır. Silisözü Havzası'nın yakın çevresinde kuru tarım yapılan alanlarda arpa, buğday, mercimek ve nohut yetiştirilirken sulu tarım yapılan alanlarda silajlık mısır, yonca ve şeker pancarı yetiştirilmektedir (Gök, 2021). Havzada üzüm bağları, geniş yapraklı ve

karişik ormanlar, çayırılar, bitki değişim alanları ve doğal bitki örtüsü ile bulunan tarım alanları da mevcuttur.



Şekil 3. Silisözü Havzası'nın arazi örtüsü sınıfları.

3.2. Veri Seti Oluşturma

Çalışma alanı olarak belirlenen Silisözü Havzası'ndaki arazilerden farklı toprak özellikleri gösterebilecek alanlar üzerinde GPS aleti kullanılarak koordinatlı bir şekilde toprak örnekleri alınarak örneklerin analizi yapılmıştır. Araştırmada kullanılan veri setleri üç grup olarak belirlenmiştir. Bunlar; toprak veri setinin hazırlanması, çalışma alanına ait topografik veri setinin hazırlanması, analitik hiyerarşi süreci ve CBS ile haritalamadır. Veri seti oluşturma aşamasında havzanın küçük çaplı olması ve iklim parametrelerinin değişkenlik göstermemesi nedeniyle havzada iklimik veriler değerlendirilmemiştir.

3.3. Toprak Veri Setinin Hazırlanması

Çalışma sahasından toprak örnekleri rastgele örnekleme yöntemine göre 37 adet toplanmıştır (Şekil 4). Toplanan toprak örnekleri analizlerde önce hava kuru olarak kurutulmuş ve ardından 2 mm' lik elekten geçirilerek laboratuvar analizine hazır hale getirilmiştir. Ayrıca Toprak örneklerine uygulanacak fiziksel ve kimyasal analizler toprak tekstürü, pH, elektiriksel iletkenlik (EC), organik madde (OM), kireç (CaCO_3),

verimlilik (SFI) ve derinlik analizleridir. Bu analizler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Çalışma sahasına ait toprak derinliği, drenaj koşulları ve taşlılık durumu gibi değerler Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan sayısal toprak veri tabanı haritasından temin edilmiştir.



Şekil 4. Çalışma sahasından numune alınması.

Çalışmada kullanılan parametrelerden ilki tekstür (bünye), toprağın içerisinde bulunan kum (2,0-0,05 mm.), silt (0,05-0,002 mm.) ve kilin (< 0,002 mm.) belli bir oranda karışımına denir. Tekstür toprak taneciklerinin karışım oranıdır, toprağın su ve besin

tutma kapasitesini, kök gelişimini, tava gelme süresini, sürümünü, geçirgenliğini ve tohum ekim dönemini belirleyen bir parametredir (Dursun ve ark., 2008; Hillel, 2013). Tekstür toprağın işlenebilmesini, havalanmasını, işlenebilmesini, su ve rüzgâr erozyonuna karşı dayanıklılığını arttırırken, toprağın ısınmasını ve suyun toprağa sızmasını sağlar (Abdelrahman ve ark., 2016; Elsheikh ve ark., 2013).

pH, toprak reaksiyonu olarak da bilinir ve toprağın asitlik- bazlık derecesini gösterir. 0-7 asit, 7 nötr, 7-14 arası baziklik derecesi olarak sınıflandırılmıştır. Düşük pH değeri asidik, yüksek pH değeri bazik özellik gösterir. pH topraktaki minerallerin ayrışmasını ve organik maddenin bozulmasını engeller, besin maddelerinin yarayışlılığına ve mikroorganizma faaliyetleri üzerine etki eder (Günel ve ark., 2022). pH değerine bakılarak bitkideki noksanlığı ve olası besin maddelerinin neler olabileceğini tahmin etmek mümkündür. Bitki gelişimi için en uygun pH değeri 6,5-7 civarındır. Değer 7,5'den 8' e doğru yükseldiğinde yarayışlılığı azaltır. pH değeri 5,5 ve 5'in altına düştüğünde ise topraktaki bazı elementler (demir, mangan ve alüminyum) bitkiye zehirleyici miktarda birikim yapar (Dursun ve ark., 2008).

EC, analizleri ile toprak tuzluluğu ölçülür ve bitkiler için sınırlayıcı bir faktördür. Toprak tuzluluğu bitki kök gelişimi ve verimliliği etkileyen bir parametredir (Richards, 1954) Tuzluluğun yüksek olması bitkinin kök bölgesinde fazla miktarda tuz birikmesine neden olarak bitki gelişmesine zarar verir ve verimliliği düşürür. Toprakta tuzun varlığı su tutma kapasitesini düşürür. Toprakta elektiriksel iletkenlik tuzsuz (0-4 mmho/cm) hafif tuzlu (4-8 mmho/cm), orta tuzlu (8-16 mmho/cm) ve şiddetli tuzlu (16+ mmho/cm) olarak sınıflandırılmıştır. Topraktaki EC değerinin artması ile su ve ürün kayıpları yaşanır (Dursun ve ark., 2008).

OM, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli ölçüde tesir eder ve toprağın gelişimini kolaylaştırır (Ergene, 1982). Toprakta bulunan bitkilerin kalıntı ve atıkları sayesinde ise bitkilere besin kaynaklığı yaparak toprak verimliliğini arttırır (Zdruli ve ark., 2004). Organik madde toprağa karışmadan mikroorganizmalar tarafından parçalanarak kullanılabilir hale gelir. Toprakta bitki ve hayvansal kalıntı olarak bulunan organik madde miktarı ile toprak oluşumuna da büyük bir etkisi vardır (Richards, 1957). Organik madde toprak taneciklerinin agregatlaşmasını sağlar, organik maddenin ayrışmasıyla bitki besin elementleri açığa çıkarır ve açığa

çıkan besin maddelerinin bitki üzerine yararlılığını artırır, toprağın iyi strüktür kazanmasına yardımcı olarak toprakta kaymak tabakası oluşumunu engeller, toprağın kation değişim kapasitesini olumlu düzeyde artırır, toprağın su tutma kapasitesini artırır, toprak renginin koyulaşmasına sebep olarak toprak sıcaklığını artırır, içerisinde barındırdığı mikroorganizmalar sayesinde toprağın havalanmasını sağlar ve verimliliği artırır, toprak pH' sını dengede tutar, toprakta yaşayan mikroorganizmalar ve bitkiler için besin kaynaklığı yapar ve toprak reaksiyonundaki (asit, nötr, alkali) ani değişimleri engeller (Ergene, 1982; Kacar, 2009).

CaCO_3 , topraktaki kireç oranı normal düzeyde ise etkisi faydalı iken fazla ise zararlıdır. Scheibler yöntemi ile bulunan kireç yüzdesine göre kireçlilik az kireçli (% 0-1), kireçli (% 1-5), orta kireçli (% 5-15), fazla kireçli (15-25) ve çok fazla kireçli (% 25+) olarak sınıflandırılmıştır. Normal düzeyde bulunan kireç toprakta organik materyali ayrıştıran mikroorganizmaların gelişmesini kolaylaştırarak toprağın fiziksel yapısına katkı sağlar, toprağın yıkanmasını sağlar, bitkilerde besin maddelerinin yararlılığını artırır, bitki hastalıklarını azaltır ve bitkilerdeki yaralı mikroorganizmaların faaliyetlerini arttırarak beslenmelerini kolaylaştırır. Toprakta kirecin fazlalığı ise faydalanılabilir minerallerin (manganez, demir, çinko ve bakır) miktarını azaltmakla beraber fosfor ve borun yararlılığını bitkiler tarafından kullanılmasına engel olur (Dursun ve ark., 2008).

SFI toprak verimliliği, toprağın bitki besinlerinin ekilen bitkinin gelişimini sürdürmesinde uygun ortamı sağlaması kabiliyetidir. Bitki köklerinin gelişimi için su, oksijen ve besin maddeleri yeteri kadar sağlanırsa topraktan optimum verim sağlanır. Toprak verimliliğinin diğer unsurları olan eğim ve derinlik uzun dönem boyunca değişmeden kalırken aşırı taşlılık gibi faktörler toprakta normal kök gelişimini kısıtlar. Bitki gelişiminde birçok kimyasal elementin olduğu ortaya konmuştur (Dursun ve ark., 2008). Gerekli bitki elementleri içerisinde birincil elementler Nitrojen (Azot), Fosfor ve Potasyumdur. Bu elementlerden faydalanılarak bitki büyümesi sağlanır ve verimlilik artırılır. Azot buğdayın protein içeriğini ve tane verimini etkiler, yıkanmayı ve erozyonu engeller ayrıca aşırı azot kullanımı yaprak kök ve gövde gelişimini hızlandırarak tane verimini azaltır (Ergene, 1982; Günel ve ark., 2022; Kacar ve Katkat, 2007). Fosfor ise bitkinin kök ve gövde gelişimini destekleyerek bitkinin topraktan

yararlanmasını, çiçeklenmeyi ve olgunlaşmayı artırır (Malhotra ve ark., 2018). Potasyum bitkilerin kök gelişimini artırır ve dane dolgunluğunu geliştirir, soğuklara, diğer köklere direnci, hastalıklara ve kuraklığa karşı olan direncini artırarak bitkinin dış koşullardan etkilenmesini engeller (Ergene, 1982; Pandey ve Mahiwal, 2020). Uygulanacak olan bu parametrelerin fiziksel ve kimyasal toprak analizleri ve yöntemleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Analizlerde kullanılan fiziksel-kimyasal analizler ve yöntemleri.

Parametreler	Birim	Protokol	Kaynak
Tekstür	%	Hidrometre Yöntemi	Anonymous (2011)
pH	1:2.5	Toprak-Su Süspansiyonu (W:V)	Anonymous (2011)
Elektiriksel İletkenlik (EC)	dS m:1		
Organik Madde (OM)	%	Potasyum Dikromat İle ($K_2Cr_2O_7$) Oksidasyon Yöntemi (Walkley-Black)	Nelson ve Sommers (1982)
Kireç ($CaCO_3$)	%	Kacar Yöntemi	Kacar (2009)
Yarayışlı Fosfor (P)	mg kg ⁻¹	Olsen Yöntemi	Olsen ve Sommers (1982)
Toplam Azot (N)	%	Kjeldahl Yöntemi	Bremner ve Mulvaney (1982)
Yarayışlı Potasyum (K)	mg kg ⁻¹	1 N Amonyum Asetat, Flame Fotometre	Kacar (2009)

Analizler sonucunda elde edilen toprak özelliklerinin mekânsal dağılım haritaları oluşturulması için jeoistatistiksel yaklaşımdan yararlanılmıştır. Koordinatlı olarak toplanan toprak örneklerinin veri tabanları hazırlandıktan sonra IDW yöntemi ile toprak özelliklerinin sayısal veri tabanı hazırlanmıştır. Jeoistatistiksel analizlerde variogram parametreleri GS+ yazılımı kullanılarak belirlenmiş, belirlenen parametreler ArcGIS yazılımında IDW aracı kullanılarak uzaysal haritalar oluşturulmuştur. IDW’ de kullanılan temel eşitlik formülü,

$$N_p = \sum_{i=1}^n P_i \times N_i$$

dir. Eşitlikte:

n: Modeli oluşturan nokta sayısını,

N_i : N'nin hesabında kullanılan noktaların ondülasyon değerlerini,

N_p : Aranılan ondülasyon değerini,

P_i : N in hesabında kullanılan her N_i değerine karşılık ağırlık değerini ifade etmektedir.

3.4. Çalışma Alanına Ait Topografik Veri Setinin Hazırlanması

Çalışma sahasına ait 1/100000'lik topografik haritaların sayısallaştırılması ile eğim, bakı ve yükselti haritaları ArcGis 10.5 programı yardımıyla hazırlanmıştır. Bu hazırlanan haritalar arazi uygunluk analizinde parametre olarak kullanılmıştır.

Derinlik, bitkilerin kök ve gövde gelişiminde de doğrudan etkili olmasıyla beraber bitkinin su ve besin elementlerinin depolandığı yer olmasıyla toprakta yaşayan diğer canlılar için oldukça önemlidir (Dengiz ve ark., 2022). Toprak derinliği toprağın ayrışma yoğunluğu, organik madde miktarı, su tutma kapasitesi, mikroorganizma faaliyetleri açısından etkili bir kriterdir (Şahin ve Toroğlu, 2020). İyi drene olabilen, uygun tekstüre sahip ve yeterli derinliği olan topraklarda bitkilerin besin, su alabilme ihtiyacı kolaylaşır ve kök gelişimi de desteklenir böyle topraklar çoğu tarımsal ürünü yetiştirmeye elverişli olurlar. Toprak derinliği arttıkça tarımda verim ve potansiyel artmaktadır, sığ topraklarda ise besin ve su ihtiyaçlarının karşılama bakımından az toprak hacmine sahip olmalarından dolayı tarımsal ürün yetiştirme yelpazesi derin topraklara göre daha kısıtlıdır. Toprak derinliğinde kabul edilmiş ölçüler ise çok sığ (0-20 cm), sığ (20-50 cm), orta derin (50-90 cm), derin (90-150) ve çok derin (150+ cm) olarak belirlenmiştir (Dursun ve ark., 2008).

Eğim, arazilerin sürüm, bitki adaptasyonu, yüzey akışı, erozyon potansiyeli, bitki seçimi, bitki kök gelişimi ve toprak muhafazası açısından önemlidir. Eğim değerinin yüksek olması tarımsal açıdan toprak gelişimini yavaşlatır, erozyon tehlikesini artırır, geçirimsizliği azaltır ve sulama yöntemini etkiler (Şahin ve Toroğlu, 2020). Eğim derecesi arttıkça sahada suyun hareketi o derece artar ve su erozyonu riskini artırır. Eğimin fazla olması durumunda tarım arazisinde su tutma kapasitesi azalır, eğim doğrultusunda yüzeysel akışa geçer ve sahada su kayıplarının oluşmasına sebep olur. Eğim değerinin düşük olması veya sahanın düz ve düze yakın olması durumunda kötü

drenaj koşullarının oluşmasına sebep olur. Eğimi Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı' nın dikkate aldığı değerler eğim grupları olarak sınıflandırılarak eğim yüzdeleri belirlenmiştir. Buna göre düz ve düze yakın araziler % 0-2, hafif eğimli araziler % 3-6, orta eğimli araziler % 7-12, dik eğimli araziler % 13-20, çok dik eğimli araziler % 20-30, sarp eğimli araziler % 30-45 ve çok sarp eğimli araziler % 45+ olarak gösterilmiştir (Dursun ve ark., 2008).

Bakı, arazinin sahip olduğu güneşlenme süresi, buharlaşma, yağış miktarı, nem tutma oranı, arazi örtüsünün gelişimi ve bitkilerin istekleri açısından önemli bir kriterdir (Kılıc ve ark., 2022). Bakı bitki çeşitliliğini ve bitki yetiştirme süresini etkilemektedir. Güneş gören yamaçlarda aydınlanma süresinin uzamasıyla ısınma artar, don olayları azalır ve güneş radyasyonu miktarı artar bu faktörlere bağlı olarak bitki daha kısa sürede gelişir (Taşlıalan, 2022).

Yükselti, bitki yetiştirme süresi ve gelişimi için önemli bir kriterdir. Arazide yükselti arttıkça bitki yetiştirme süresi uzar, rüzgar şiddeti artar, günlük sıcaklık farkları oluşur, bağıl nem ve sıcaklık düşer, güneş radyasyonu, buharlaşma ve yağış miktarı artar (Şahin ve Toroğlu, 2020). Yükseltiye bağlı olarak toprak oluşumu zorlaşır ve bitki yetiştirme süresi kısalmır (Saya ve Güney, 2014).

3.5. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Yapılan analizler sonucunda çalışma alanında buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için arazi uygunluğu AHS ile birden çok kriter, amaç veya alternatif içeren CBS temelli ÇKKV ile problemler belirlenmiştir. Çalışmada kullanılması planlanan ana ve alt kriterlerin saha içerisindeki yayılım durumlarının belirlenebilmesi amacıyla ArcGIS programı ile Digital Elevation Model'den (DEM) elde edilen veriler Spatial Analyst Tools modülünde bulunan DW aracı ile tablosal veriler oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan yeni veriler Reclassify aracıyla tekrar sınıflandırılmıştır ve tablosal veriler ile haritalar veriler ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) ile birleştirilerek sahanın jeolojik özellikleri, tarımsal uygunluk analizleri yapılmıştır ve yeni uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan uygunluk haritası FAO sınıflama sistemine göre (FAO,

1976) sınıflandırılmıştır. Uygunluk haritasının oluşturulmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Eastman ve ark. 1995).

$$S = \sum_{i=1}^n w_i . x_i$$

Eşitlikte:

S: Toplam arazi uygunluk planını,

n: Ele alınan parametrelerin toplam sayısını,

w_i: Arazi uygunluk kriterinin ağırlığını,

x_i: Arazi uygunluk kriterine ait alt kriter puanını ifade etmektedir.

FAO sınıflama sistemine göre hesaplanan S değeri ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) ile hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 2’de verilen sınıfı aralıklarına göre sınıflandırılarak uygunluk haritası üretilmiştir.

Çizelge 2. Arazi uygunluk sınıfları ve sınıflara ait değerler (Dedeoğlu ve Dengiz, 2018).

Tanımlama	Sınıf	Değer
Çok Uygun	S1	> 4.000
Uygun	S2	3.501 – 4.000
Az Uygun	S3	2.501 – 3.500
Uygun değil	N	0.000 – 2.500

ÇKKV yöntemleri nicel ve nitel kriterleri birleştirerek mekânsal karar vermeye yardımcı olurken seçilen kriterler arasındaki ilişkilerin niteliğini ve niceliğini belirleme amacıyla kullanır (Elaalem ve ark. 2011). ÇKKV’ nin genel amacı ise çeşitli çoktan seçmeli kriterler ve önceliklerin içinden karar vermeye yarayan en iyi alternatifi seçmede, yardımcı olmaktır (Jankowski, 1995). ÇKKV yöntemi AHS ile bir arada kullanıldığında daha doğru sonuçlar vermektedir. AHS yönteminin doğru sonuçlar elde etmedeki nedeni ise yöntemin basit olması ve değişken şartlarda da uygulanabilmesinden kaynaklanmaktadır (Saat, 2000). AHS yöntemi yargıların genelden özele doğru kontrol edilebilir olandan, daha çok kontrol edilebilir olana doğru

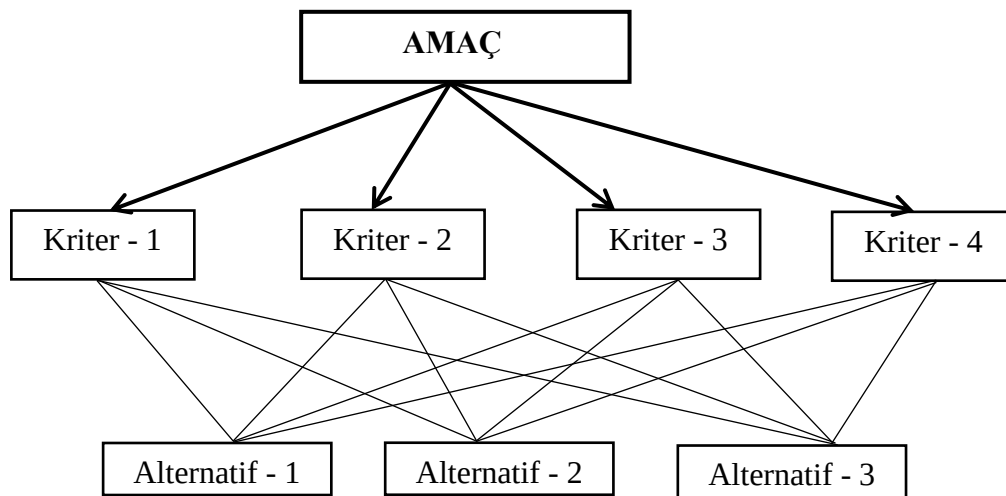
düzenleme yapmak olarak ifade edilmiştir (Saaty, 1994). Analitik hiyerarşi süreci kararların zorlama olmadan kişisel ölçütler belirlenerek daha doğru kararlara yönelmelerini sağlayan bir yöntemdir (Saaty, 1987). Bu araştırmadaki AHS aşamaları ise şu şekilde ilerlemiştir;

3.5.1. Problemin Tanımlanması

AHS yöntemine uygun olarak problemin belirlenmesi ve ortaya konulması ile hiyerarşik süreci belirleyen amaç ortaya koyularak araştırmada uygulanan süreç şekillenmiştir.

3.5.2. Hiyerarşik Yapının Kurulması

Hiyerarşik yapının belirlenmesi en az üç seviyeden oluşmaktadır ve hiyerarşinin en üst seviyesinde problemin genel amacı, amacın altında kriterler ve alternatifler yer almaktadır (Öztürk ve Batuk, 2010). Bu seviyelerin oluşturulmasındaki amaç kurulan hiyerarşik modelde en üst düzeyde oluşturulan amacın bir sonraki seviyedeki amacı etkileyen kriterleri belirleme ve son seviyede ise problem durumuna yönelik çözüme yardımcı olacak alternatifleri ortaya koymaktır (Braunschweig ve Becker, 2004). Hiyerarşik yapı, belirlenmiş hedef doğrultusunda tüm faktörlerin birbirleri ile olan ilişkilerini gösteren bir tablodur. Şekil 5'te faktörler arası ilişkinin nasıl kurulduğu gösterilmiştir.



Şekil 5. AHS' nin hiyerarşik yapısı.

3.5.3. İkili Matrislerin Oluşturulması

Bir çift elementin (i, j), üst seviyede yer alan ana elementle karşılaştırılması ile hangi elementin daha önemli olduğu hakkında karar vermek için kullanılır (Şahin ve Toroğlu, 2020). Bu ikili karşılaştırmalardan faydalanılarak oluşturulan matristen hareketle bir seviyedeki her bir kriterin bir üst seviyedeki yerel ölçekleri hesaplanmaktadır (Cengiz ve Çelem, 2003). İkili karşılaştırma matrisi yaparken sorulan sorular karaları ve öncelikleri etkiler (Saaty ve Vargas, 1987). İkili karşılaştırma matrisi aşağıda gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

$$A = [a_{ij}] \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad n \times n$$

Eşitlikte:

A = İkili karşılaştırmalar matrisi,

İkili karşılaştırma matrisin özellikleri i) $a_{ji} = 1/a_{ij}$, ii) $a_{ij} > 0$ (i, j = 1,2,...,n)' dir.

İkili karşılaştırmalar matrisinin tam tutarlı olabilmesi için aşağıdaki özelliği sağlaması gerekir.

$$a_{ik} = a_{ji}a_{jk} \quad (i,j,k= 1,2,...,n)$$

İkili karşılaştırma matrisinin çözümlenmesi ile görelî önem vektörü elde edilerek $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ aşağıdaki denklemde gösterilmiştir (Kocaköse, 2019). İkili karşılaştırma matrisi ile W^* matrisi arasında farklılıkların olmaması gerekmektedir (Saaty, 1980). Bu değerlerden hareketle aşağıdaki gibi W^* matrisi ile elde edilmektedir.

$$W^* = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & . & . & w_1/w_n \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ w_n/w_1 & . & . & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Eşitlikte :

w: Göreli önem vektörüdür.

İkili karşılaştırmaların tamamlanması ile elementlerin birbirine karşı önem değerlerini gösteren yüzde dağılımları oluşturulmuştur. Her bileşenin diğer bileşene göre önem değerlerini gösteren öncelik vektörü (W_i) aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmıştır (Samut, 2014).

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^*}{n}$$

Eşitlikte:

a_{ij}^* : Karşılaştırma matrisi elemanlarını,

n: Faktör sayısını,

i, j: 1, 2, 3, ifade etmektedir.

Bu değerlendirmelerde Saaty' nin (1987) hazırlamış olduğu derecelendirme ölçeği (Çizelge 3) kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

Çizelge 3. AHS’ de ikili karşılaştırma değerlendirme ölçeği (Saaty, 1987).

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faaliyet de amaca eşit katkıda bulunur.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir
7	Çok Güçlü Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir
9	Son Derece Önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	Tercih değerleri birbirine yakın olduğunda kullanılır.

3.5.4. Tutarlılık Analizinin Yapılması

Yöntemin son aşamasında ise öncelik vektörünün tutarlılık kontrolü yapılmıştır. İkili karşılaştırma matrisi (A) ile göreceli önem vektörünü (W) çarparak yeni bir vektör oluşturulmuştur (Dedeoğlu ve Dengiz, 2018). Oluşturulan yeni vektörün değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak maksimum öz değer λ_{max} tahmin edilmiştir ve λ_{max} , ikili karşılaştırma matrisi değeri eleman sayısına yakın olup olmadığına göre sonuç tutarlı veya tutarsız sayılmıştır (Kumar ve Ganesh, 1996). Belirlenen bu karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığı “Tutarlılık İndeksi (Tİ)” formülü kullanılarak belirlenmiştir.

$$Tİ = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Eşitlikte:

λ_{max} : Özdeğeri,

n: Faktör sayısını ifade etmektedir.

Tutarlılık oranını (TO) hesaplayabilmek için Saaty (1980) tarafından oluşturulan 1 – 15 boyutlu matrislerin her bir boyutunda 100'er adet matrisin rastgele doldurulması ile oluşturulan “Rastgele İndeks (Rİ)” belirlenmiştir. Rastgele İndeks değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Rastgele tutarlılık indeksi değerleri (Rİ) (Saaty, 1980).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Değer	0.0	0.0	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

Rastgele Tutarlılık İndeksi hesaplandıktan sonra mantıksal tutarlılığı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$TO = \frac{Ti}{Ri}$$

Eşiklikte:

TO: Tutarlılık Oranını,

Ti: Tutarlılık İndeksi,

Ri: Rastgele İndeksi ifade etmektedir.

Tutarlılık oranı ile yapılan kontrol değerlendirilen yargılardaki hatanın tanımlanmasına olanak sağlar. Ayrıca yöntemin geçerli olabilmesi için TO değerinin 0,10 (%10) veya 0,10' dan küçük olması gerekmektedir. TO değerinin %10'dan büyük olması durumunda karşılaştırma matrislerinin yeniden oluşturularak tekrar değerlendirme yapılması gerekmektedir (Saaty, 1980). Yapılan işlemlerin sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda Silisözü Havzasında buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için nihai karar bulgular ve sonuç kısmında detaylı olarak verilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Toprak Değişkenlerinin Genel Özellikleri

Çalışma sahasından rastgele örnekleme ile toplanan 37 toprak örneğinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi adına yapılan detaylı laboratuvar analizi sonucuna ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5’te verilmiştir. Analizler sonucunda pH 7,3 – 8,1 arasında değişen değerler almıştır ve ortalaması 7,55, standart hatası 0,16, varyansı 0,02, çarpıklık değeri 1,15 ve basıklık değeri 2,81 olarak hesaplanmıştır. pH değerlerine göre araştırma sahası genel itibariyle nötr pH özelliği sergilemektedir. pH’ nın nötr olması topraktaki bitki besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırarak bitkilerin gelişimi için en uygun ortamı sağlayan aralıktır (Günel ve ark., 2022).

Elektiriksel iletkenlik değeri 0,12-0,40 arasında değişen değerler almıştır ve ortalama olarak 0,18, standart hatası 0,05, varyansı 0,003, çarpıklık değeri 2,28 ve basıklık değeri 8,19’dur. Çalışma sahasında elde edilen elektiriksel iletkenlik değerlerine göre herhangi bir tuzluluk problemi görülmemektedir.

Organik madde 0,10-2,33 arasında değişen değerler almıştır ve ortalama olarak 1,75 olarak hesaplanmıştır ve bu ortalama değerlere göre sahanın toprakları düşük organik madde sınıfında özellik göstermektedir ve standart hatası 0,46, varyansı 0,22, çarpıklık değeri -1,98 ve basıklık değeri 5,25 olarak hesaplanmıştır.

Kireç ise 2,36- 23,63 arasında değerler almıştır ve ortalaması 9,32, standart hatası 5,78, varyansı 33,46, çarpıklık değeri 0,90, basıklık değeri -0,08’dir. Kireç kapsamalarına göre bölge toprakları az kireçliden çok kireçli sınıfına kadar sınıflandırılmıştır (Kacar, 2009). Çalışma sahasında elde edilen kireç değerlerine göre herhangi bir kireçlilik problemi görülmemektedir.

Azot 0,33-2,64 arasında ve ortalama 1,31 olarak hesaplanırken, standart hatası 0,54, varyansı 0,29, çarpıklık değeri 0,27, basıklık değeri -0,41 olarak belirlenmiştir. Scheibler yöntemi ile bulunan kireç yüzdesi sınıflamasına göre az kireçli (%0-1) ve kireçli (%1-5) sınıfları arasında yer almaktadır (Kacar, 2009).

Fosfor 4,81-13,09 arasında değer almıştır ve ortalaması 7,18'dir, standart hatası 1,79, varyansı 0,29, çarpıklık değeri 0,27, basıklık değeri -0,41'dir.

Potasyum 100-1200 arasında değer almıştır ve ortalaması 254,05'dir standart hatası 204,93, varyansı 41,99, çarpıklık değeri 2,93 ve basıklık değeri 12,09'dur.

Kil (%) 19,30-58,47 arasında değer almıştır ve ortalaması 37,18'dir, standart hatası 9,52, varyansı 90,69, çarpıklık değeri 0,02, basıklık değeri -0,58'dir.

Kum (%) 18,85-58,02 arasında değer almıştır ve ortalaması 37,90'dir, standart hatası 9,96, varyansı 99,29, çarpıklık değeri 0,34, basıklık değeri -0,83'dir.

Son olarak Silt (%) 14,43-39,18 arasında değer almış olup ortalaması 24,90, standart hatası 5,01, varyansı 25,13, çarpıklık değeri 0,34, basıklık değeri 0,62 olarak tespit edilmiştir. Çarpıklık ve Basıklık değerleri değişkenlerin normal dağılımı hakkında bilgi vermektedir. George ve Mallery (2010) verilerin normal dağılım gösterebilmeleri için çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1 ile +1 arasında değişmesi gerektiğini ifade etmektedir. Veri seti incelendiğinde kum, kil, silt, kireç ve azot değerlerinin normal dağılım gösterdiği diğer değişkenlerin ise normal dağılım sergilemediği belirlenmiştir. Veri setinde standart hata değerlerinin ortalamadan düşük olması veri seti ile mekânsal haritalama için her hangi bir sıkıntının olmadığını göstermektedir.

Çalışma sahasının toprak özelliklerinin değişkenliğinin kıyaslanması için varyasyon katsayısı hesaplanmıştır. $VK \leq \% 15$ olduğunda, değişkenliği düşük düzeyde; $\% 15-35$ arası olduğunda, orta düzeyde değişken ve $\geq \% 35$ 'ten yüksek olduğunda ise yüksek düzeyde değişken olarak sınıflandırılmıştır (Wilding ve ark. 1994). Bu sınıflamaya göre çalışma sahasına ait veri seti Çizelge 5'te görüldüğü üzere $VK \leq \% 15$ arasında değerler almıştır ve değişkenliğin düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Bunun temel nedeni benzer ana materyal, benzer topografik şartlarda bulunması, benzer tarımsal ürün deseninin bulunması ve amenajmanın yakın olmasından dolayı değişkenlik göstermemesine neden olduğu söylenebilir.

Çizelge 5. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistik değerleri.

	N	Min	Maks	Mean	Std. hata	Varyans	Çarpıklık	Basıklık	Varyasyon Katsayısı %
pH	37	7.3	8.1	7.55	0.16	0.02	1.15	2.81	0,35
EC	37	0.12	0.40	0.18	0.05	0.003	2.28	8.19	4,47
OM	37	0.10	2.33	1.75	0.46	0.22	-1.98	5.25	4,40
CaCO₃	37	2.36	23.63	9.32	5.78	33.46	0.90	-0.08	10,20
N	37	0.33	2.64	1.31	0.54	0.29	0.27	-0.41	6,80
P	37	4.81	13.09	7.18	1.79	3.23	1.77	4.52	4,11
K	37	100.0	1200.0	254.05	204.93	41.9	2.93	12.09	13,26
Kil %	37	19.30	58.47	37.18	9.52	90.6	0.02	-0.58	4,21
Kum %	37	18.85	58.02	37.90	9.96	99.29	0.34	-0.83	4,32
Silt %	37	14.43	39.18	24.90	5.01	25.13	0.34	0.62	3,30

EC: Elektriksel iletkenlik, OM: Organik madde, CaCO₃: Kireç, N: Azot, P: Fosfor, K: Potasyum

Araştırma sonucunda toprak değişkenleri arasındaki korelasyon değerleri Çizelge 6’da verilmiştir. Analizler sonucunda EC ile pH arasında %14 pozitif korelasyon, OM ile pH arasında %23, EC ile %7 negatif korelasyon, CaCO₃ ile pH arasında %5 negatif korelasyon varken EC ile %11 ve OM ile %8 pozitif korelasyon, N ile Ph arasında %30, EC ile %10, OM ile %10 ve negatif korelasyon varken N ile CaCO₃ arasında %38 negatif korelasyon olmakla beraber aralarında %5 seviyesinde önemli korelasyon olduğu saptanmıştır.

P ile pH arasında %10, EC ile %3 pozitif korelasyon varken OM %8, CaCO₃ ile %7 negatif korelasyon; K ile pH arasında %9, EC ile % 3, OM ile %19 ve P ile %15 pozitif korelasyon varken CaCO₃ ile %3 ve N ile %18 arasında negatif korelasyon; Kil ile pH arasında %5, P ile %3 pozitif korelasyon varken EC ile %1 ve K ile %3 negatif korelasyon olduğu hesaplanmış olmakla beraber kil ile CaCO₃ %55 pozitif korelasyon olmakla beraber aralarında %1 seviyesinde önemli korelasyon saptanmıştır.

Kum ile pH arasında %3, EC ile %4, N ile %2, P ile %8, K ile %5 pozitif korelasyon varken OM ile %15, kil ile %87 negatif korelasyon olduğu saptanmış, Kum ile CaCO₃ %46 negatif korelasyon ile aralarında %1 seviyesinde önemli korelasyon saptanmıştır.

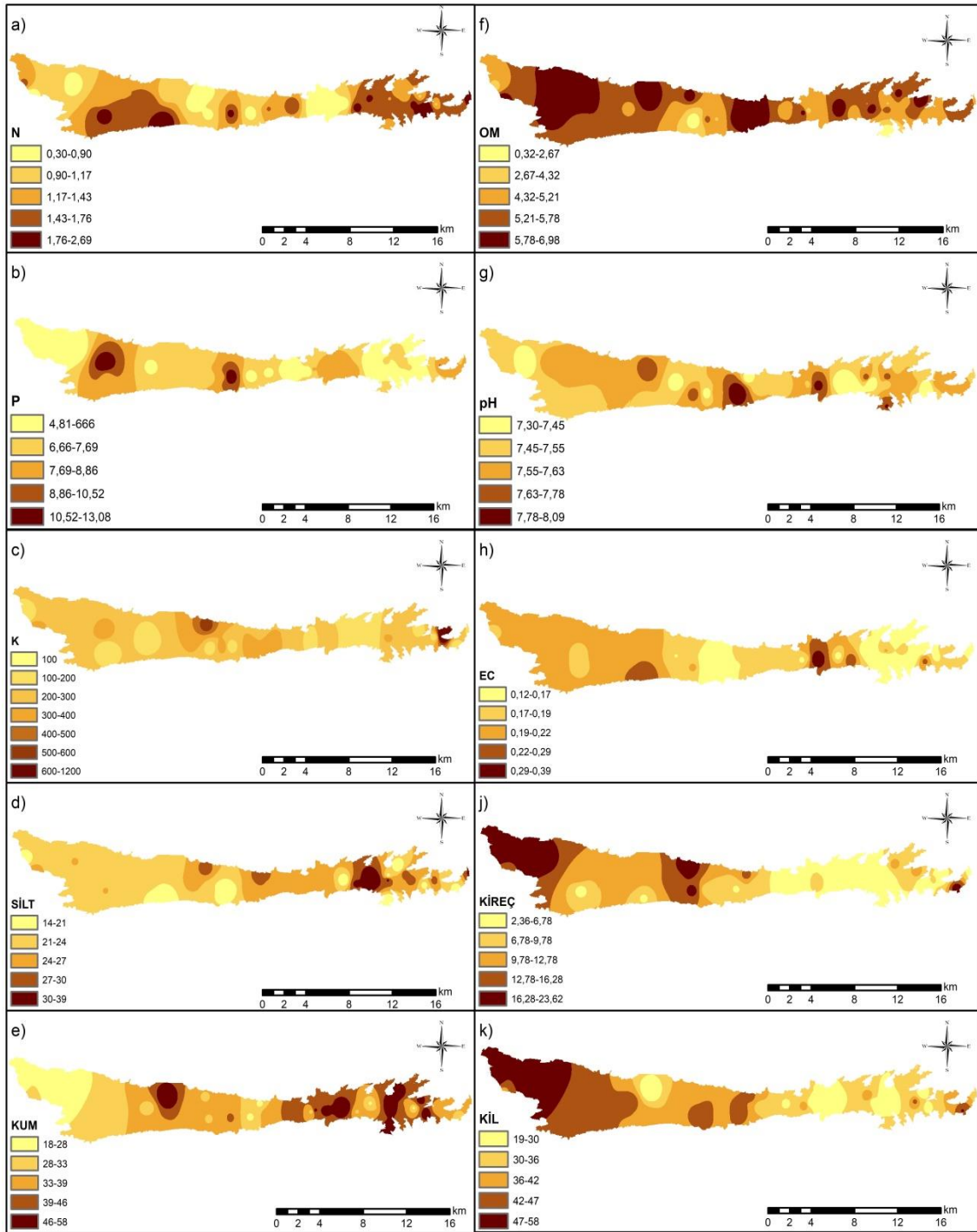
Son olarak silt ile pH arasında %15, EC ile %7, CaCO₃ ile %14, N ile %4, P ile %23, K ile %5, kil ile %17 ve kum ile %34 negatif korelasyon varken OM ile %30 pozitif korelasyon olduğu analizler sonucunda saptanmıştır. Kısaca belirtmek gerekirse kireç ile kil, kum arasında %1 seviyesinde pozitif önemli ilişki bulunmuşken azot ile %5 seviyesinde negatif önemli ilişki bulunmuştur.

Çizelge 6. Toprak özelliklerinin korelasyon değerleri.

	<i>pH</i>	<i>EC</i>	<i>OM</i>	<i>CaCO₃</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Kil %</i>	<i>Kum%</i>	<i>Silt%</i>
pH	1.00									
EC	0.14	1.00								
OM	-0.23	-0.07	1.00							
CaCO₃	-0.05	0.11	0.08	1.00						
N	-0.30	-0.10	-0.10	-0.38*	1.00					
P	0.10	0.03	-0.08	-0.07	0.00	1.00				
K	0.09	0.03	0.19	-0.03	-0.18	0.15	1.00			
Kil %	0.05	-0.01	0.00	0.55**	0.00	0.03	-0.03	1.00		
Kum%	0.03	0.04	-0.15	-0.46**	0.02	0.08	0.05	-0.87	1.00	
Silt%	-0.15	-0.07	0.30	-0.14	-0.04	-0.23	-0.05	-0.17	-0.34	1

* %5 seviyesinde önemli korelasyon, **%1 seviyesinde önemli korelasyon

Havzanın toprak özellikleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere havzada azot daha çok güneybatı bölgelerde, fosfor iç kesimlerde, potasyum yer yer doğu ve kuzeyde küçük alanlarda, organik madde havzanın genelinde yaygın olmakla birlikte batı kesimlerde yüksek değerler almaktadır. pH ise yer yer güneyde küçük alanlarda, elektrikselsel iletkenlik havzanın doğusunda ve iç kısımda küçük alanlarda, kireç havzanın batısında, silt havzanın iç kısımlarında küçük alanlarda, kum havzanın doğusunda ve yer yer kuzey kıyı kesimlerde ve son olarak kil ise havzanın batısında yoğunluk göstermektedir.

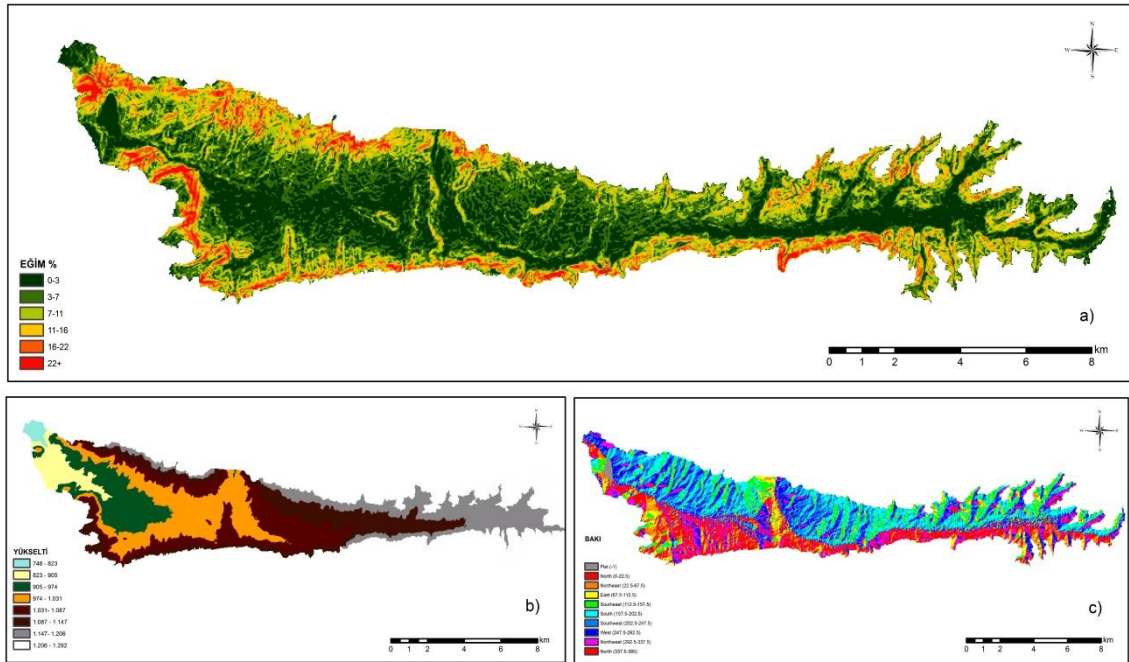


Şekil 6. Silisözü Havzası' nın toprak özellikleri haritası. a: Azot, b: Fosfor, c: Potasyum, d: Silt, e: Kum f: Organik madde, g: pH, h: Elektriksel iletkenlik, j: Kireç, k: Kil.

4.2. Araştırma Sahası Genel Topografik Özellikleri

Çalışma sahasına ait 1/100000'lik topografik haritaların ArcGis 10.5 programı yardımıyla sayısallaştırılması yoluyla Sayısal Yükselti Modeli verisi üretilerek eğim,

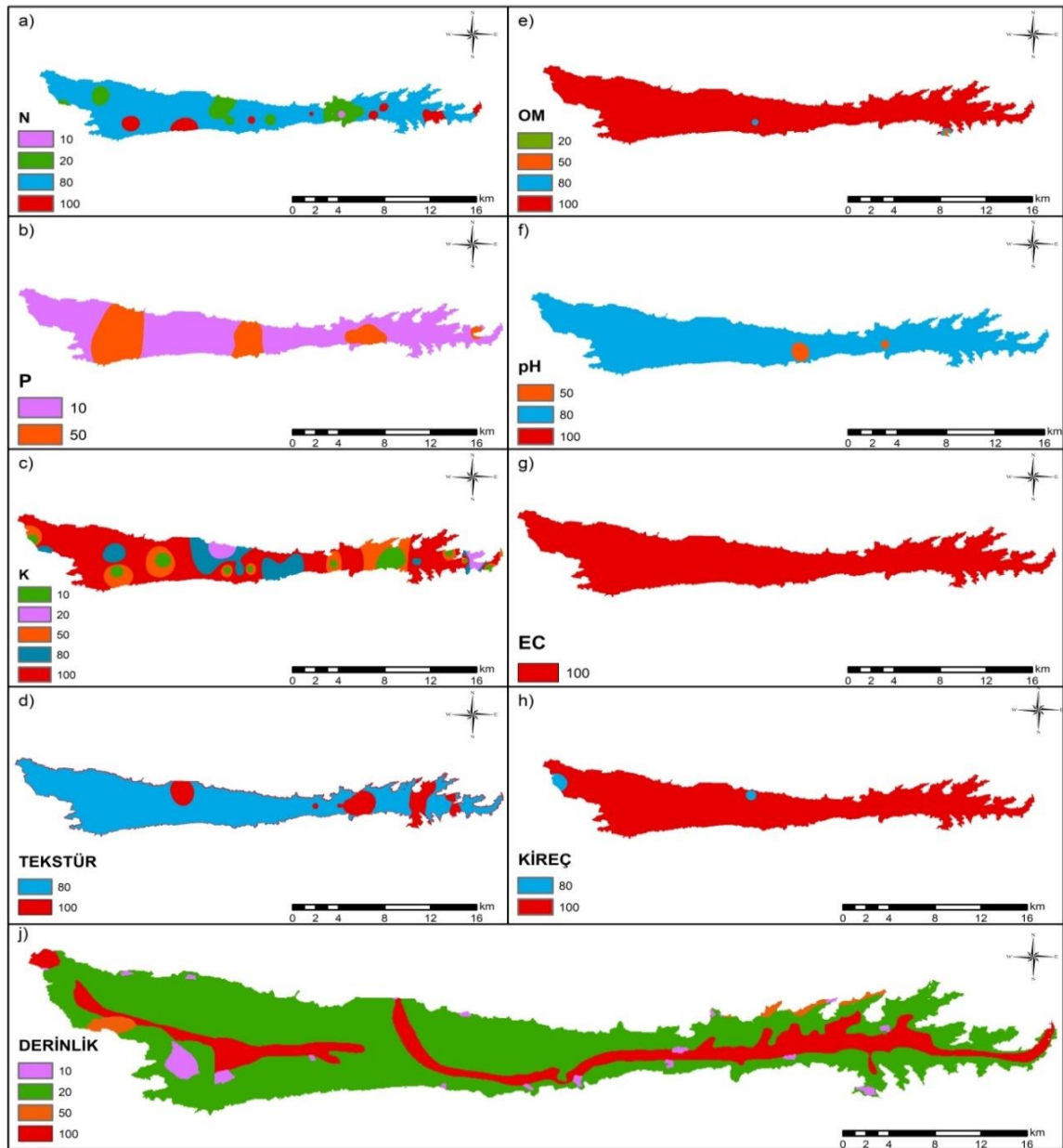
bakı ve yükselti haritaları hazırlanmıştır (Şekil 7). Silisözü Havzasının yükseltisi 748 m ile 1292 m arasında değişim gösterirken ortalama yükseltisi 1078 m'dir. Havzanın yükseltisi genel olarak batıdan doğuya doğru artmaktadır ve bakı yönleri ise çoğunlukla güney, güneybatı ve kuzeye bakan yamaçlardır. Çalışma sahasının eğim dağılım haritasına göre eğim dağılımı % 0-3 arasında düz ve düze yakın araziler çalışma sahasının büyük bir alanını kaplamaktadır. Eğimin genel olarak tabandan yamaç sahalara doğru arttığı görülmektedir. En fazla eğim ise kuzeybatı, batı ve güney kıyılarda görülmektedir. Havzada eğim değeri %3 ile %22 arasında değişmektedir.



Şekil 7. Silisözü Havzası topografik özellikleri haritaları. a: Eğim, b: Yükselti, c: Bakı.

4.3. Analitik Hiyerarşi Süreci

Analitik hiyerarşi süreci için belirlenen 9 (pH, EC, CaCO₃, OM, Tekstür, SFI, Eğim, Bakı, Derinlik) parametre tarımsal uygunluğun belirlenmesi adına FAO'nun 4 (S1, S2, S3, N) sınıfına ait parametrelere göre sınıflandırılmıştır ve sınıflandırılan mekânsal haritalar Şekil 8'de verilmiştir. S1 (Çok Uygun) kırmızı, S2 (Orta Uygun) mavi, S3 (Az Uygun) turuncu, N1 (Şimdilik Uygun Değil) yeşil ve N2 (Sürekli uygun Değil) mor renkte renklendirilmiştir.



Şekil 8. Silisözü Havzasının toprak özelliklerinin sınıflandırılmış haritası. a: Azot, b: Fosfor, c: Potasyum, d: Tekstür, e: Organik madde, f: pH, g: Elektiriksel iletkenlik, h: Kireç, j: Derinlik.

Çalışma sahasında buğday ve ayçiçeği için tarımsal uygunluk sınıflarındaki kullanılan parametreler Çizelge 7 ve Çizelge 8’de verilmiştir. Çizelgede 7’de görüldüğü üzere buğday için S1 sınıfında pH 5,5-7,0, EC 0-1, $\text{CaCO}_3 < 20$, OM $> 1,5$ Tekstür killi tın, tınlı kum, siltli kil, silt, alüvyonlu tın, killi tın, SFI > 80 , Eğim 0-2, bakı güney, güneydoğu, güneybatı ve Derinlik ise > 90 arasında değer almaktadır. S2 sınıfında pH 7,0- 7,8, EC 1-2, CaCO_3 20-30, OM 0,8-1,5, Tekstür kumlu kil tın ve kil, SFI 80-50, Eğim 2-5, Bakı batı, doğu ve Derinlik ise 90-50 arasında değer almaktadır. S3 sınıfında

pH 7,8-8,5, EC 2-5, CaCO_3 30-50, OM 0,4-0,8 Tekstür tınlı kum, tınlı iyi kum, SFI 50,20, Eğim 5-10, Bakı kuzeydoğu, kuzeybatı ve derinlik 50-20 arasında değer almaktadır. N1 sınıfında pH >8,5, EC 5-6, CaCO_3 50-60, OM <0,4, Tekstürün değeri yoktur, SFI >20, Eğim 10-40, Bakı Kuzey ve derinlik 20-0 arasında değer almaktadır. N2 sınıfında pH, OM, SFI, bakı ve derinlik parametrelerinin değerleri olmamakla birlikte bu sınıftaki kriterler ise EC >6, CaCO_3 >60, tekstür masif kil, kaba kum, masif siltli kil, iyi kum, eğim değeri ise >40 arasında değer almaktadır.

Ayçiçeği için Çizelge 8'de görüldüğü üzere S1 sınıfında pH 6,5-8, Eğim 0-2, CaCO_3 0-15, OM >3, Tekstür siltli kil, alüvyonlu tın, killi tın, tın, kumlu killi tın, kumlu kil, SFI >80, Eğim 0-4, Bakı düz, güneybatı ve Derinlik 150-100 arasında değer almaktadır. S2 sınıfında pH 6-6,5, EC 2-4, CaCO_3 15-25, OM 2-3, Tekstür tınlı kum, tınlı iyi kum, tınlı kum, SFI 80-50, Eğim 4-8, Bakı doğu, kuzeydoğu ve Derinlik 100-75 arasında değer almaktadır. S3 sınıfında pH 5-6, EC 4-8, CaCO_3 25-35, OM 1-2, Tekstür tınlı killi kum, iyi kum, kum, SFI 50-20, Eğim 8-12, Bakı güney, kuzeybatı ve Derinlik 75-50 arasında değer almaktadır. N1 sınıfında pH >8,5, EC >8, CaCO_3 >35, OM <1, Tekstür masif kil, silt, kaba masif, SFI >12, Eğim >12, Bakı batı, kuzey ve Derinlik <50 arasında değer almaktadır. N2 sınıfında hiçbir parametrenin değer almadığı görülmüştür.

Çizelge 7. Buğday için tarımsal arazi uygunluk sınıflamasına yönelik modelde kullanılan parametreler.

Kriter	Birim	S1	S2	S3	N1	N2
pH	1:2.5	5,5 – 7,0	7,0 – 7,8	7,8 – 8,5	>8,5	-
EC	dS/m	0 - 1	1-2	2-5	5-6*	>6*
CaCO_3	%	<20	20-30	30-50	50-60	>60
OM	%	>1,5	0,8-1,5	0,4-0,8	<0,4*	-
Tekstür	-	CL, LS, SiC, Si, SiL, CL	SCL, C	SL, LfS	-	CM, cS, SICM, fS
SFI	-	>80	80-50	50-20	>20	-
Eğim	%	0-2	2-5	5-10	10-40	>40
Bakı	-	S, SE, SW	W, E	NE, NW	N	-
Derinlik	cm	>90	90- 50	50-20	20-0	-

*Bu sınıf aralığında veri çalışma alanında bulunmamaktadır. CL: Killi tın, LS: Tınlı kum, SiC: Siltli kil, Si: Silt, SiL: Siltli tın, SCL: Kumlu killi tın, C: Kil, SL: Kumlu tın, LfS: Tınlı ince kum, CM: Masif kil, cS: Kaba kum, SICM: Masif siltli kil, fS: İnce kum.

Çizelge 8. Ayçiçeği için tarımsal arazi uygunluk sınıflamasına yönelik modelde kullanılan parametreler.

Kriter	Birim	S1	S2	S3	N1	N2
pH	1:2.5	6,5-8	6-6,5	5-6	>8, <5	-
EC	dS/m	0-2	2-4	4-8	>8	-
CACO ₃	%	0-15	15-25	25-35	>35	-
OM	%	>3	2-3	1-2	<1	-
Tekstür	-	SİC, SİL, CL, L, SCL, SC	SL, LfS, LS	LCS, fS, S	CM, Sİ, cM	-
SFI	-	>80	80-50	50-20	>20	-
Eğim	%	0-4	4-8	8-12	>12	-
Bakı	-	SW	E, NE	S, NW	W, N	-
Derinlik	cm	150-100	100-75	75-50	<50	-

SiC: Siltli kil, SiL: Siltli tın, CL: Killi tın, L: Tın, SCL: Kumlu killi tın, SC: Kumlu kil, SL: Kumlu tın, LfS: Tınlı ince kum, LS: Tınlı kum, LCS: Tınlı killi kum, fS: İnce kum, S:Kum, CM: Masif kil, Sİ: Silt, cM : Kaba masif.

İkili karşılaştırmalar sonucu ile belirlenen kriter ağırlıklarının tutarlılık oranı kontrolünün yapılması gerekmektedir. Tutarlılık oranı kontrolü ile yargılarda oluşabilecek mantıksal tutarsızlıklarının ölçülmesi sağlanır. Saaty (2008)'e göre yöntemin geçerli olması için tutarlılık oranının 0,10 (%10) veya daha küçük olması gerektiğini belirtmiştir. Eğer bu orandan daha yüksek çıkarsa ikili karşılaştırma matrislerinin yeniden oluşturulması gerekmektedir. Buğday ve ayçiçeği için karşılaştırma tutarlılık oranları buğday için 0,085 (%8), ayçiçeği için ise 0,080 (%8) olarak hesaplanmış olup bu değerler kabul edilebilir derecede olduğu için analizlere devam edilmiştir.

Bu karşılaştırma verilerine göre tutarlılık oranları ayçiçeği için pH 0,88, Elektiriksel iletkenlik 1,30, CaCO₃ 0,21, OM 0,54, tekstür 0,32, SFI 0,31, eğim 2,56, bakı 0,64 ve derinlik 3,65 olarak bulunmuştur. Ayçiçeği için en önemli kriter 3,65 ağırlık değeri ile derinlik iken bunu eğim ve EC izlemektedir. En düşük ağırlık değeri ise 0,21 kireç kriteri olmuştur. Buğday için pH 1,13, EC 1,98, CaCO₃ 0,41, OM 0,68, tekstür 0,87, SFI 0,55, eğim 1,58, bakı 0,47 ve derinlik 2,48 olarak bulunmuştur. Buğday için de en önemli kriter değeri 2,48 ağırlık değeri ile ayçiçeğinde olduğu gibi derinlik kriteriyken bunu EC ve eğim izlemektedir. En düşük ağırlık değeri ise 0,4 ağırlık değeri ile kireç olmuştur.

Sonuçlar doğrultusunda iki üründe de en yüksek ağırlık değeri derinlik iken en düşük ağırlık değeri kireç olarak belirlenmiştir. Her iki kültür bitkisinin uygunluğunun belirlenmesinde derinlik parametresi en önemli parametre olarak hesaplanmıştır. Çünkü etkili kök gelişimi, su tutma kapasitesi, toprak drenajı, mineral madde kapsamının zengin olması ve besin kaynaklarına ulaşım, erozyona karşı dirençli olma gibi nedenlerden dolayı, toprak derinliği bitkilerin sağlıklı büyümesi, verimlilik ve tarımsal üretim açısından kritik bir faktördür (Kılıç vd. 2022). Benzer şekilde literatüre bakılınca Dedeoğlu ve Dengiz (2019) 'da Ankara - Soğulca Havzasında buğday ekimi için arazi uygunluk çalışmasında AHS ve GIS yaklaşımı kullanılarak yaptıkları çalışmada derinlik, eğim, elektiriksel iletkenlik, taşlılık, tekstür, organik madde, pH, Azot, Fosfor, Potasyum, bakı ve kireci kriter olarak kullanmışlardır. Çalışmada buğday için en önemli kriteri derinlik (2,27) olarak bulmuş en önemli ikinci kriter EC (1,75) üçüncü kriter eğim (1,40) olarak hesaplanmıştır. Yine Kılıç vd. (2022)'de buğday üretimine uygun alanları belirlemek amacıyla CBS ve B-AHS uygunluk değerlendirme yaklaşımı kullanarak yaptıkları çalışmada topografik özelliklerini değerlendirmede eğim, bakı ve yükselti kimyasal özelliklerini değerlendirmede tekstür, pH, elektiriksel iletkenlik, kireç, organik madde ve toprak derinliğini kriter olarak kullanmışlardır. En önemli kriter derinlik (2,32) olarak bulunmuş ikinci kriter yükseklik (2,18) üçüncü kriter ise tekstür (1,31) olarak hesaplanmıştır. Araştırmacıların sonuçlarına benzer şekilde bu çalışmada da en önemli parametre derinlik olarak bulunmuştur.

Yine Dedeoğlu ve Dengiz (2018) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada Konya-Beşgözler K.O.P arazilerinin DKT faydalanılarak AHS ve CBS kullanılarak arazi değerlendirmesi araştırmasında kültür bitkisi yetiştiriciliğini etkileyen faktörler olan derinlik, drenaj, bünye, eğim, taşlık, organik madde, pH, elektiriksel iletkenlik ve kireç kriter olarak kullanılmıştır. AHS tekniği ile ağırlıklandırma sonuçlarına göre bölge topraklarında uygunluğu belirleyen en önemli kriter derinlik (2,18) olarak bulunmuş, en önemli ikinci kriteri taşlık (1,75) üçüncü kriter ise bünye (1,08) olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca Sarkar ve ark. (2014)'de Hindistan Beko Havzası arazilerinin buğday ekimi için ÇKKV ve CBS kullanarak arazi uygunluğunu belirlemek için yaptıkları çalışmada drenaj, derinlik, eğim, pH, tekstür, yağış ve arazi kullanımı/arazi örtüsü kriter olarak kullanılmıştır. Arazi uygunluğu için oluşturulan normalize edilmiş matrise göre en

önemli kriter derinlik (0,31) olarak hesaplanmış ve bunu sırasıyla drenaj (0,25) ve tekstür (0,18) takip etmiştir. Derinlik birçok araştırmada en önemli parametre iken bahsi geçen araştırmalarda da eğim kriteri de en önemli ikinci parametre olarak görülmektedir. Arazi uygunluk sınıflamasında eğim kriteri önemlidir çünkü eğim, tarımsal üretim için önemli olan bir dizi faktörü etkiler ve belirli tarımsal uygulamaların yapılabilirliğini ve verimliliğini etkileyebilir. Eğim, suyun arazide nasıl hareket ettiğini ve biriktirildiğini etkiler. Dik eğimli arazilerde yağmur suyu daha hızlı bir şekilde akabilir, su erozyonu riski artabilir ve toprak kaybı yaşanabilir. Düz veya hafif eğimli arazilerde ise suyun daha iyi tutulması ve erozyon riskinin azalması sağlanabilir. Bu, suyun bitkiler için daha iyi kullanılmasını ve sulama suyunun daha etkili bir şekilde yönetilmesini sağlar. Dik eğimli arazilerde toprak erozyonu daha yaygın olabilir. Eğim, yağmurun veya sulamanın toprağı taşımasına ve erozyona neden olabilir. Bu durum, tarımsal üretkenliği azaltabilir ve toprak kalitesini düşürebilir. Ayrıca eğim, tarım için kullanılabilir alanın kullanımını etkiler. Dik eğimli arazilerde mekanize tarım uygulamaları zor olabilir veya riskli olabilir. Bu durum, dik eğimli arazilerde tarımın sınırlı olmasına veya belirli tarım yöntemlerinin tercih edilmesine neden olabilir. Yine eğim, bitkilerin büyümesi ve kök gelişimi üzerinde etkili olabilir. Dik eğimli arazilerde toprak tabakasının kayması veya suyun topraktan hızlıca akması nedeniyle bitkilerin kökleri için stabil bir ortam sağlamak daha zor olabilir. Daha düz veya hafif eğimli alanlarda ise bitkilerin daha sağlıklı büyüme şansı daha yüksektir. Sonuç olarak, eğim arazi uygunluk sınıflamasında önemlidir çünkü tarım için kullanılabilirliği, su yönetimini, toprak erozyonunu ve bitki yetiştirme koşullarını etkiler. Bu nedenle, belirli bir arazinin tarımsal üretim için ne kadar uygun olduğunu belirlerken eğim faktörü dikkate alınmalı ve uygun tarım uygulamaları bu eğim faktörüne göre planlanmalıdır.

Ayrıca toprak tuzluluğu da araştırmalarda önemli parametreler den birisi olarak değerlendirilmiştir. Toprak tuzluluğu, arazi uygunluğu araştırmalarında önemli bir faktördür çünkü tarımsal üretim için toprağın verimliliği ve uygunluğu üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Özellikle bitki büyümesi ve verimlilik, toprak yapısının bozulması, su kalitesi ve sulama üzerine etkilileri, toprak rehabilitasyonu ve yönetimi üzerinde de direkt etkilere sahiptir.

Çizelge 9. Buğdayın parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS hesaplamaları.

Buğday İkili Karşılaştırma Matrisi									
	pH	EC	CaCo3	OM	Tekstür	SFI	Eğim	Bakı	Derinlik
pH	1,00	0,33	2,00	3,00	3,00	3,00	0,33	2,00	0,33
EC	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,33
CaCo3	0,50	0,33	1,00	0,50	1,00	0,50	0,20	0,50	0,20
O M	0,33	0,33	2,00	1,00	0,33	2,00	0,33	3,00	0,33
Tekstür	0,33	0,33	1,00	3,00	1,00	3,00	0,50	2,00	0,33
SFI	0,33	0,33	2,00	0,50	0,33	1,00	0,33	3,00	0,20
Eğim	3,00	0,33	5,00	3,00	2,00	3,00	1,00	3,00	0,50
Bakı	0,50	0,33	2,00	0,33	0,50	0,33	0,33	1,00	0,33
Derinlik	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	2,00	3,00	1,00
TOPLAMLAR	12,00	6,33	21,00	17,33	14,17	20,83	8,03	20,50	3,57

Buğday Normalize Edilmiş Matrisi									
	pH	EC	CaCo3	OM	Tekstür	SFI	Eğim	Bakı	Derinlik
pH	0,08	0,05	0,10	0,17	0,21	0,14	0,04	0,10	0,09
EC	0,25	0,16	0,14	0,17	0,21	0,14	0,37	0,15	0,09
CaCo3	0,04	0,05	0,05	0,03	0,07	0,02	0,02	0,02	0,06
OM	0,03	0,05	0,10	0,06	0,02	0,10	0,04	0,15	0,09
Tekstür	0,03	0,05	0,05	0,17	0,07	0,14	0,06	0,10	0,09
SFI	0,03	0,05	0,10	0,03	0,02	0,05	0,04	0,15	0,06
Eğim	0,25	0,05	0,24	0,17	0,14	0,14	0,12	0,15	0,14
Bakı	0,04	0,05	0,10	0,02	0,04	0,02	0,04	0,05	0,09
Derinlik	0,25	0,47	0,14	0,17	0,21	0,24	0,25	0,15	0,28

Buğday Uyum (Tutarlılık) Oranı										
	pH	EC	CaCo3	OM	Tekstür	SFI	Eğim	Bakı	Derinlik	TOPLAM
pH	0,11	0,06	0,08	0,21	0,26	0,17	0,05	0,10	0,08	1,13
EC	0,33	0,19	0,12	0,21	0,26	0,17	0,47	0,15	0,08	1,98
CaCo3	0,06	0,06	0,04	0,04	0,09	0,03	0,03	0,02	0,05	0,41
OM	0,04	0,06	0,08	0,07	0,03	0,12	0,05	0,15	0,08	0,68
Tekstür	0,04	0,06	0,04	0,21	0,09	0,17	0,08	0,10	0,08	0,87
SFI	0,04	0,06	0,08	0,04	0,03	0,06	0,05	0,15	0,05	0,55
Eğim	0,33	0,06	0,21	0,21	0,17	0,17	0,16	0,15	0,12	1,58
Bakı	0,06	0,06	0,08	0,02	0,04	0,02	0,05	0,05	0,08	0,47
Derinlik	0,33	0,56	0,12	0,21	0,26	0,29	0,31	0,15	0,24	2,48

	λmax	9,993	Tutarlılık Oranı (TO)	0,085
	Uyum İndeksi (CI)	0,124	Rastgele İndeks (Rİ)	1,45

Çizelge10. Ayçiçeğinin parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS tekniği hesaplamaları.

Ayçiçeği İkili Karşılaştırma Matrisi									
	pH	EC	CaCo₃	OM	Tekstür	SFI	Egim	Bakı	Derinlik
pH	1,00	0,33	5,00	3,00	4,00	3,00	0,20	2,00	0,17
EC	3,00	1,00	6,00	4,00	4,00	3,00	0,20	3,00	0,20
CaCo₃	0,20	0,17	1,00	0,25	0,50	0,33	0,17	0,33	0,14
OM	0,33	0,25	0,25	1,00	4,00	5,00	0,17	0,50	0,14
Tekstür	0,25	0,25	0,50	0,25	1,00	3,00	0,17	0,33	0,13
SFI	0,33	0,33	3,00	0,20	0,33	1,00	0,17	0,33	0,14
Egim	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	4,00	0,33
Bakı	0,50	0,33	3,00	2,00	3,00	3,00	0,25	1,00	0,17
Derinlik	6,00	5,00	7,00	7,00	8,00	7,00	3,00	6,00	1,00
TOPLAM	16,62	12,67	31,75	23,70	30,83	31,33	5,32	17,50	2,42

Ayçiçeği Normalize Edilmiş Matrisi									
	pH	EC	CaCo₃	OM	Tekstür	SFI	Egim	Bakı	Derinlik
pH	0,06	0,03	0,16	0,13	0,13	0,10	0,04	0,11	0,07
EC	0,18	0,08	0,19	0,17	0,13	0,10	0,04	0,17	0,08
CaCo₃	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,06
OM	0,02	0,02	0,01	0,04	0,13	0,16	0,03	0,03	0,06
Tekstür	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,10	0,03	0,02	0,05
SFI	0,02	0,03	0,09	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,06
Egim	0,30	0,39	0,19	0,25	0,19	0,19	0,19	0,23	0,14
Bakı	0,03	0,03	0,09	0,08	0,10	0,10	0,05	0,06	0,07
Derinlik	0,36	0,39	0,22	0,30	0,26	0,22	0,56	0,34	0,41

Ayçiçeği Uyum (Tutarlılık) Oranı										
	pH	EC	CaCo₃	OM	Tekstür	SFI	Egim	Bakı	Derinlik	TOPLAM
pH	0,09	0,04	0,11	0,17	0,13	0,10	0,05	0,13	0,06	0,88
EC	0,27	0,13	0,14	0,22	0,13	0,10	0,05	0,20	0,07	1,30
CaCo₃	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,05	0,21
OM	0,03	0,03	0,01	0,06	0,13	0,17	0,04	0,03	0,05	0,54
Tekstür	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,10	0,04	0,02	0,04	0,32
SFI	0,03	0,04	0,07	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,05	0,31
Egim	0,45	0,63	0,14	0,33	0,19	0,20	0,23	0,27	0,11	2,56
Bakı	0,05	0,04	0,07	0,11	0,10	0,10	0,06	0,07	0,06	0,64
Derinlik	0,54	0,63	0,16	0,39	0,26	0,23	0,69	0,40	0,34	3,65

λ_{max}	9,937	Tutarlılık Oranı (TO)	0,080
Uyum İndeksi (CI)	0,117	Rastgele İndeks (RI)	1,45

Çalışmada ÇKKV dikkate alınarak arazi uygunluk değerlendirmesi sonucunda oluşturulan buğday ve ayçiçeği için tarımsal uygunluk arazilerinin alansal dağılımı Çizelge 11 ve 12’de verilmiştir. Arazi uygunluk sınıfları için çok uygun (S1), orta derecede uygun (S2), az uygun (S3), şimdilik uygun değil (N1) ve sürekli uygun değil (N2) olmak üzere beş sınıfta uygunluk sınıfları belirlenmiştir.

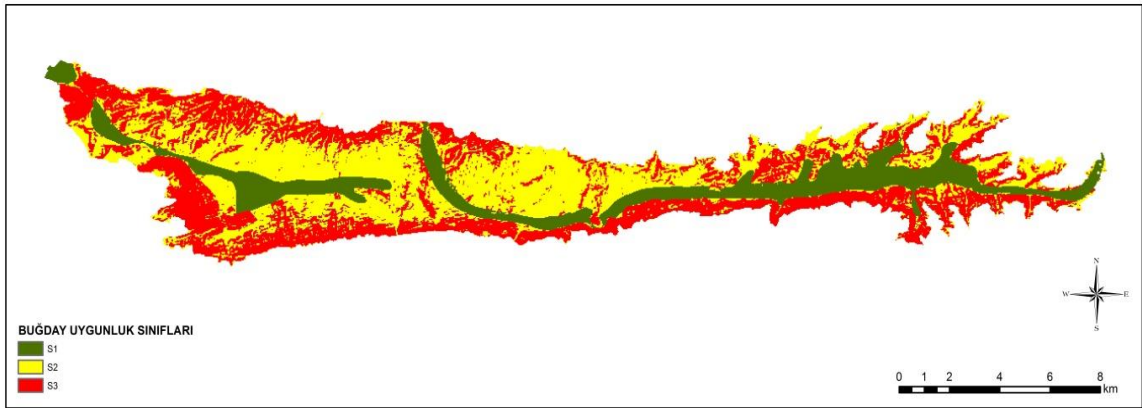
Silisözü Havzası’nda buğday için tarıma çok uygun araziler 1852,983 ha alan kaplamaktadır bu da havzanın %18,73’ünü oluşturmaktadır. Orta derecede uygun araziler 4104,737 ha alan kaplamaktadır en fazla alan kaplayan sınıf olarak havzanın %41,49’unu oluşturmaktadır. Az uygun araziler ise 3933,747 ha alan kaplamaktadır ikinci en fazla alan kaplayan sınıf olarak az uygun araziler havzanın %39,76’sını oluşturmaktadır. Havzada buğday yetiştiriciliği için tarımsal açıdan uygun değil sınıfı bulunmamıştır. Ayçiçeği için tarıma çok uygun araziler 1803,207 ha alan kaplamaktadır ve havzanın %18,22’sini oluşturmaktadır. Ortada derecede uygun araziler 3479,324 ha alan kaplamakta ve havzanın %35,16’sını oluşturmaktadır ve son olarak havzada en çok alan kaplayan sınıf olarak ortaya çıkan az uygun sınıf 4611,00 ha’lık alan ile ortaya çıkmaktadır ve havzanın %46,60’lık büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Buğdayda olduğu gibi çalışma sahasında ayçiçeği yetiştiriciliği için tarımsal açıdan uygun değil sınıf bulunmamıştır. Çalışmada uygun değil (N) sınıfının çıkmaması belirlenen parametrelerin en uygun (S1) sınıfta yer almasından dolayıdır. Çalışmadaki parametreler içerisinde ağırlık değeri en yüksek olan parametreler ise derinlik, EC ve eğim olarak belirlenmiştir bu üç parametre en uygun (S1) sınıfta bulunmaktadır. Bu nedenle Silisözü Havzası’nda buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliğinde uygun değil (N) sınıfı bulunmamıştır.

Çizelge 11. Buğday yetiştiriciliği için uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları.

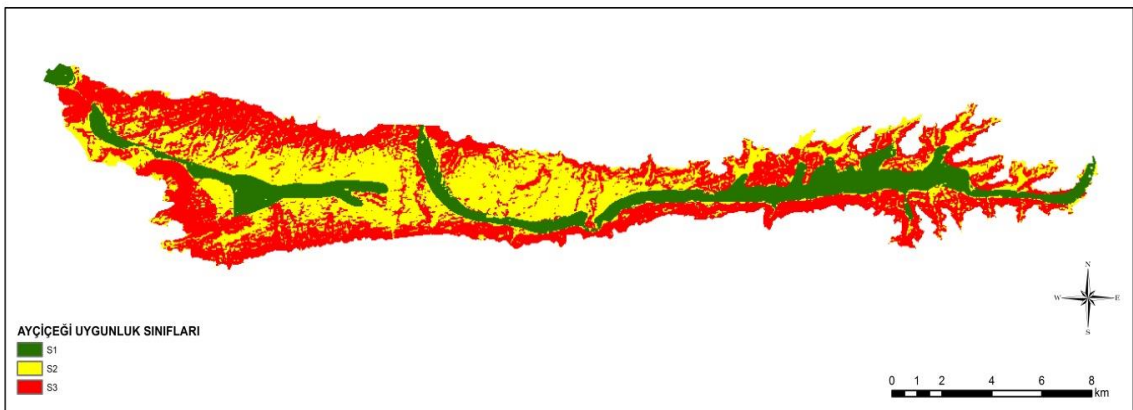
Tanımlama	Sınıf	Alan (h)	Oran (%)
Çok Uygun	S1	1852,983	18,73
Orta Derecede Uygun	S2	4104,737	41,49
Az Uygun	S3	3933,747	39,76
Uygun Değil	N1/N2	-	-
TOPLAM		9891,467	100,00

Çizelge 12. Ayçiçeği yetiştiriciliği için uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları.

Tanımlama	Sınıf	Alan (h)	Oran (%)
Çok Uygun	S1	1803,207	18,22
Orta Derecede Uygun	S2	3479,324	35,16
Az Uygun	S3	4611,00	46,60
Uygun Değil	N1/N2	-	-
TOPLAM		9893,531	100,00



Şekil 9. Buğday üretimi için uygunluk haritası.



Şekil 10. Ayçiçeği üretimi için uygunluk haritası.

Çalışma sahasının uygunluk haritaları Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere buğday için çok uygun sınıftaki alanlar havzada eğimin ve yükseltinin az olduğu taban kısımlarında, orta derecede uygun sınıftaki alanlar iç kesimler ve havzanın yamaçlarına doğru uzanan arazilerinde görülmekle beraber havzada az uygun sınıftaki alanlar kuzeybatıya, batıya, güneye bakan yamaçlardaki arazilerde bulunmaktadır. Ayçiçeği için çok uygun alanlar havzanın düz ve düze yakın arazileri olan taban kısımlarında, orta derecede uygun sınıftaki alanlar havzanın iç kesimlerde ve az uygun sınıftaki araziler eğimin ve yükseltinin arttığı kuzey, batı ve güney yamaçlı arazilerde bulunmaktadır. Oluşturulan sınıflama haritalarında buğday ve ay çiçeği için neredeyse benzer sonuçlar alınmıştır. Buğday için en fazla alan kaplayan sınıf orta derecede uygun sınıf olduğu ayçiçeği için en fazla alan kaplayan sınıf az uygun sınıf olduğu sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Arazi uygunluğu, tarım, ormancılık, yerleşim veya diğer insan faaliyetleri için kullanılabilirliği ve potansiyelini belirlemek için incelenen bir konudur. Bu kavram, belirli bir arazinin belirli bir kullanım amacına ne kadar uygun olduğunu değerlendirmek için kullanılır. Bu süreçte, farklı kriterler ve faktörler kullanılarak arazinin kullanılabilirliği ve uygunluğu değerlendirilir. Bu değerlendirmelerde AHP ve çok kriterli değerlendirme yaklaşımları önemli bir rol oynamaktadır. AHP ve çok kriterli değerlendirme yaklaşımları, arazi uygunluğu değerlendirmesinde karar verme sürecini daha sistematik, yapılandırılmış ve objektif bir şekilde yönetmeye yardımcı olmaktadır. Bu yöntemler, farklı kriterlerin ve faktörlerin bir araya getirilerek arazi kullanımı veya planlaması için daha iyi kararlar alınmasını sağlamaktadır. Bu da çevresel, ekonomik ve sosyal açılardan sürdürülebilir arazi kullanımı için önemli bir adım olabilir.

Bu çalışma, Silisözü Havzası'nda buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için arazi uygunluğunu AHP ve ÇKKV süreçleri ile değerlendirmiş ve bölgenin tarımsal açıdan hangi alanların daha uygun olduğunu göstermiştir. Çalışmada toprak ve topografya veri tabanları kullanılarak çok kriterli karar verme süreçlerine gidilmiştir. Toprak veri tabanı pH, EC, OM, tekstür, kireç ve toprak verimlilik indeksi (SFI)'nden oluşurken, topografik veri tabanı olarak ise eğim, bakı ve derinlik parametreleri kullanılmıştır. AHP süreci ile elde edilen ağırlık değerlerine göre buğday için derinlik (2,48) , EC (1,98) ve eğim (1,58) sırasıyla en önemli üç parametre olarak bulunmuştur. Ayçiçeğinde ise derinlik (3,65), eğim (2,56) ve EC (1,30) sırasıyla en önemli parametre olarak hesaplanmıştır. FAO arazi uygunluk sınıflarına göre Silisözü Havzası'nda buğday için tarıma çok uygun (S1) araziler 1852,983 ha alan kaplamaktadır bu da havzanın % 18,73'ünü oluşturmaktadır. Orta derecede uygun (S2) araziler 4104,737 ha alan kaplamaktadır en fazla alan kaplayan sınıf olarak havzanın % 41,49'unu oluşturmaktadır. Az uygun (S3) araziler ise 3933,747 ha alan kaplamaktadır ikinci en fazla alan kaplayan sınıf olarak az uygun araziler havzanın % 39,76'sını oluşturmaktadır. Havzada buğday yetiştiriciliği için tarımsal açıdan uygun değil sınıfı bulunmamıştır. Ayçiçeği için tarıma çok uygun (S1) araziler 1803,207 ha alan

kaplamaktadır ve havzanın % 18,22'sini oluşturmaktadır. Ortada derecede uygun (S2) araziler 3479,324 ha alan kaplamakta ve havzanın % 35,16'sını oluşturmaktadır ve son olarak havzada en çok alan kaplayan sınıf olarak ortaya çıkan az uygun (S3) sınıf 4611,00 ha'lık alan ile ortaya çıkmaktadır ve havzanın % 46,60'lık büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Buğdayda olduğu gibi Silisözü Havzasında ayçiçeği yetiştiriciliği için tarımsal açıdan uygun değil sınıf bulunmamıştır. Elde edilen bu sonuçlar, tarımsal faaliyetler için özellikle buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği açısından toprak derinliği, toprak tuzluluğu (EC değeri) ve arazi eğiminin kritik faktörler olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler, bu bitkilerin yetiştirilmesi için uygun bölgelerin belirlenmesi ve tarım uygulamalarının planlanması için önemlidir. Ayrıca elde edilen bulgular ışığında şu öneriler ortaya çıkmaktadır;

1. **Toprak Derinliğinin ve Verimliliğin Korunması:** Bölgede toprak derinliğini korumak ve verimliliği artırmak için erozyonla mücadele, toprak işleme tekniklerinin geliştirilmesi gibi önlemler alınmalıdır.
2. **Topografik Parametrelerin Dikkate Alınması:** Çalışmada eğim ve derinlik parametreleri ağırlıkları en fazla olan parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak derinliği kök ve gövde gelişiminde etkili olmakla beraber derinlik arttıkça tarımda verim ve potansiyelde artmaktadır, eğim ise yüzeysel akış, arazilerin erozyonla mücadelesinde ve toprak muhafazasında son derece önemli bir parametredir. Bu nedenle sahada bu iki parametre dikkate alınarak toprak sürümü ve ekimi yapılmalıdır.
3. **Tuzluluğun Kontrol Edilmesi:** Toprak tuzluluğu, bitkilerin gelişimini etkileyebilir; bu nedenle tuzluluğu azaltıcı uygulamalar ve tuzluluğa dayanıklı bitki çeşitlerinin kullanımı düşünülmelidir ve ayrıca sulama suyunun kalitesine dikkat edilmelidir.
4. **Tarımsal Uygunluğun İyileştirilmesi:** Az uygun sınıfta yer alan alanların, tarımsal uygulamalarla ve yerel toprak düzenlemesiyle daha uygun hale getirilmesi için planlamalar yapılmalıdır. Bu bölgelerde tarım verimliliğini artıracak önlemler alınmalıdır.
5. **Eğimli Arazi Yönetimi:** Eğimli bölgelerde erozyon riskini azaltmak için erozyon kontrolü ve su yönetimi stratejileri geliştirilmelidir.

6. **Sürdürülebilir Tarım Yaklaşımları:** Havzada çok uygun ve orta derecede uygun sınıflarda bulunan alanlar için, sürdürülebilir tarım uygulamaları teşvik edilmelidir. Toprak koruma teknikleri ve su yönetimi stratejileri gibi uygulamalar, bu alanlardaki tarımsal üretkenliği artırabilir.
7. **Uygunluk Sınıflarına Göre Yönlendirme:** Çalışma sonuçları, buğday ve ayçiçeği yetiştiriciliği için daha uygun bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilir. Bu bölgelerde tarım uygulamaları ve tarım politikaları belirlenirken bu sonuçlardan faydalanılmalıdır.
8. **Arazi Kullanımı ve Planlama:** Uygunluk sınıfları, yerel tarım politikaları ve arazi kullanım planlamaları için rehberlik sağlamaktadır. Bu veriler, tarımsal üretim için en uygun alanların belirlenmesine ve gelecekteki tarım projelerinin planlanmasına yardımcı olabilir.

Sonuç olarak, tarım alanlarının kullanımına yönelik bu arazi uygunluk analizi, toprak derinliği, tuzluluk ve eğim gibi kritik faktörleri belirleyerek tarımsal uygulamaların geliştirilmesi için değerli bir rehberlik sunmuştur. Önerilerimiz ise sürdürülebilir tarım yaklaşımlarıyla, yerel düzeyde planlama ve uygulama stratejileriyle bölgedeki tarımsal potansiyelin artırılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu önerilerin uygulanması, yerel tarımın daha verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde sürdürülmesine yardımcı olabilir, böylece hem çiftçilerin kazançlarını artırabilir hem de çevresel kaynakların korunmasına katkı sağlayabilir.

6. KAYNAKÇA

- Abdelrahman, M. A. E., Natarajan, A., & Hegde, R. (2016). Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 125–141. <https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2016.02.001>
- Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 2, 557–576.
- Akgün, İ., Altındal, D., Kara, B. (2011). Isparta ekolojik koşullarında ekmeklik ve makarnalık bazı buğday çeşitlerinin uygun ekim zamanlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 17(4), 300-309.
- Akinci, H., Özalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.006>
- Alkimim, A., Sparovek, G., & Clarke, K. C. (2015). *Converting Brazil's pastures to cropland: An alternative way to meet sugarcane demand and to spare forestlands*. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.04.008>
- Atıl, A., Gülgün, B., & Yörük, İ. (2005). Sürdürülebilir kentler ve peyzaj mimarlığı. *Atıl Vd*, 42(2), 215–226.
- Aydın, B., Özkan, E., Çobanoğlu, F., Gürbüz, M. A., Kurşun, İ., & Kayhan, İ. E. (2022). Edirne ilinde buğday üretiminde girdi kullanımı ve karşılaştırmalı maliyet analizi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 111–119. <https://doi.org/10.25308/ADUZIRAAT.1057144>
- Beek. (1978). Land evaluation for agricultural development: some explorations of land-use systems analysis with particular reference to Latin America. *Wageningen University and Research*
- Braunschweig, T., & Becker, B. (2004). Choosing research priorities by using the analytic hierarchy process: an application to international agriculture. *R&D Management*, 34(1), 77–86. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9310.2004.00324.X>
- Çakır, M. (2021). Doğrusal kombinasyon tekniği k ullanılarak arazi değerlendirme çalışması; Çarşamba Sefalı Köyü Örneği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*,

- 9(1), 43-56.
- Çelikyay, S., Cengiz, S., & Görmüş, S. (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Bartın İli'nin Arazi Kullanım Uygunluk Analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 17(25–26), 73–81.
- Cengiz, T., Akbulak, C., Özcan, H., & Baytekin, H. (2013). Gökçeada'da optimal arazi kullanımının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19(2), 148–162.
https://doi.org/10.1501/tarimbil_0000001239
- Cengiz, T., & Çelem, H. (2003). Kırsal kalkınmada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yönteminin kullanımı. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 144–153.
- Dağlı, D., & Çağlayan, A. (2016). Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: Melendiz Çayı havzası örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 66(2016), 83–92.
- Dedeoğlu, M., Başayığit, L., & Yüksel, M. (2019). Çok kriterli karar verme analizine dayalı tarımsal amaçlı arazi kalite indisi uygulaması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3), 295–307. <https://doi.org/10.19159/tutad.603503>
- Dedeoğlu, M., & Dengiz, O. (2018). Coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilen çok kriterli karar destek analiz yaklaşımı kullanılarak arazi uygunluk sınıflarının belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 60–72.
- Dedeoğlu, M., & Dengiz, O. (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167(October), 105062. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105062>
- Dengiz, O., & Demirağ, Turan, İ. (2014). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistem Teknikleri Kullanılarak Arazi Örtüsü / Arazi Kullanımı Zamansal Değişimin Belirlenmesi: Samsun Merkez İlçesi Örneği (1984-2011). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 78. <https://doi.org/10.19159/tutad.45474>
- Dengiz, O., Ormancı, İ. F., & Özkan, B. (2022). Çok kriterli karar verme ve doğrusal kombinasyon tekniği ile arazilerin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi pilot çalışma; Ankara-Gölbaşı özel çevre koruma alanı ve yakın çevresi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 10, 44–57.
<https://doi.org/10.33409/tbbbd.1083452>
- Dengiz, O., & Özyazıcı, M. A. (2018). Çeltik tarımına uygun alanların belirlenmesinde çok kriterli arazi değerlendirme. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 19–28.

- Dengiz, O., & Sarıoğlu, F. E. (2011). Samsun ili bazı arazi özellikleri ve arazi kullanım durumlarının topografik özellikleri ile birlikte CBS analizleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1), 55–60.
- Dent, D., & Young, A. (1981). *Soil survey and land evaluation*. George Allen & Unwin.
- Dursun, H., Dizdar, M. Y., Kırıştioğlu, Ş., Özcan, İ., & Hamurkar, Y. (2008). Toprak ve Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara*, 70.
- Eastman, R., Jin, W., Kyem, P. A. K., & Toledano, J. (1995). for Procedures Raster Decisions M ulti-Criteria. *Photogramm Eng Remote Sens*, 61(6), 539–547.
- Elaalem, M., Comber, A., & Fisher, P. (2011). A Comparison of Fuzzy AHP and Ideal Point Methods for Evaluating Land Suitability. *Transactions in GIS*, 15(3), 329–346. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2011.01260.x>
- Elsheikh, R., Mohamed Shariff, A. R. B., Amiri, F., Ahmad, N. B., Balasundram, S. K., & Soom, M. A. M. (2013). Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 93, 98–110. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2013.02.003>
- Ergene, A. (1982). *Toprak Biliminin Esasları*.
- FAO. (1976). A framework for land evaluation. In *FAO,1976 (Vol. 32)*. FAO Rome.
- FAO. (1977). *A Framework For Land Evaluation*. August.
- FAO 1985. (n.d.). *FAO (1985) Guidelines Land Evaluation for Irrigated Agriculture*. *FAO Soils Bulletin 55, FAO, Rome, 290. - References - Scientific Research Publishing*. Retrieved November 19, 2023, from [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2354373](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2354373)
- Feizizadeh, B., & Blaschke, T. (2013). Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: A multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/09640568.2011.646964>
- Gök, M., Taşoğlu, E. & Gök, Ş. (2022). Geography and Geography Education Determining The Lands Suitable to Levander Cultivation as an Alternative

- Agricultural Product in. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 46, 61-78.
- Gök, M. (2021). *BEŞERİ İktisadi Coğrafya Açısından Tokallı Tarimi: Sorunlar Ve Çözümleri*.
- Günel, H., Kılıç, O. M., Ersayın, K., & Acir, N. (2022). Land suitability assessment for wheat production using analytical hierarchy process in a semi-arid region of Central Anatolia. *Geocarto International*, 37(27), 16418–16436.
<https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2108911>
- Hillel, D. (2013). *Fundamentals of soil physics*. Academic press.
- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(3), 251–273. <https://doi.org/10.1080/02693799508902036>
- Joshua, J., Nneoma, C., & Jajere, A. (2019). Land suitability analysis for agricultural planning using GIS and multi criteria decision analysis approach in Greater Karu Urban Area , Nasarawa State , Nigeria. *African Journal of Agricultural Science and Technology*, 1(1), 14–23.
- Kacar, B. (2009). *Toprak analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım Ankara.
- Kacar, B., & Katkat, A. V. (2007). *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Karabacak, K. (2021). *Tarımsal Arazi Kullanım Uygunluğu Analizi : Lefkoşa İlçesi (KKTC) Örneği Agricultural Land Use Suitability Analysis : The case of Nicosia District (TRNC) Giriş Dünya nüfusundaki hızlı artış ve yaşanan teknolojik gelişmeler doğal kaynaklar üzerindeki b. April*, 312–331.
- Kılıç, O. M., Ersayın, K., Günel, H., Khalofah, A., & Alsubeie, M. S. (2022). Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2634–2644. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2021.12.050>
- Kızılaslan, H. (2004). *Dünya ' da ve Türkiye ' de Buğday Üretimi ve Uygulanan Politikaların Karşılaştırılması Wheat Production and Comparison of Applied Policies in Turkey and in the World*. 21(2), 23–38.
- Koç, M. (2022). *Akış sitometri yöntemiyle yabani Ayçiçeği türlerinde çekirdek DNA ile Ploidi analizi ve Orobança dayanımı için seçici moleküler Markırların*

- araştırılması. <http://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/handle/trakya/7978>
- Kocaköse. (2019). *Tarım işletmelerinin üretim tercihlerini etkileyen faktörlerin analitik hiyerarşi Süreci (ahs) yöntemiyle analizi: Çanakkale ili Kumkale Ovası örneği.*
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S., & Pandey, R. (2018). Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 171–190.
- Mendas, A., & Delali, A. (2012). Integration of MultiCriteria Decision Analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: Application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83, 117–126. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2012.02.003>
- Nortcliff, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88, 161–168.
- Özçağlar, A. (1990). Bahçebaşı kapması. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 33(1-2), 389-396.
- Özcan, H, 1991. (1991). Çukurova Bölgesi narenciye üretim potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.*
- Özsahin, E., & Özdes, M. (2022). Agricultural land suitability assessment for agricultural productivity based on GIS modeling and multi-criteria decision analysis: the case of Tekirdağ province. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(1), 41.
- Öztürk, D., & Batuk, F. (2010). Analytic hierarchy process for spatial decision making. *Sigma*, 28(2), 124-137.
- Pandey, G. K., & Mahiwal, S. (2020). Role of potassium in plants (Vol. 49). *Cham, Switzerland: Springer.*
- Pilevar, A. R., Matinfar, H. R., Sohrabi, A., & Sarmadian, F. (2020). Integrated fuzzy, AHP and GIS techniques for land suitability assessment in semi-arid regions for wheat and maize farming. *Ecological Indicators*, 110(November 2019), 105887. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105887>
- Pramanik, M. K. (2016). Site suitability analysis for agricultural land use of Darjeeling district using AHP and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0116-8>

- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 18(3), 348–348.
<https://doi.org/10.2136/sssaj1954.03615995001800030032x>
- Richards, L. A. (1957). Soils and Soil Fertility. In *Soil Science* (Mc Grav-H, Vol. 83, Issue 5).
https://journals.lww.com/soilsci/fulltext/1957/05000/soils_and_soil_fertility.16.aspx
- Saat, M. (2000). Çok amaçlı karar vermede bir yaklaşım: analitik hiyerarşi yöntemi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 149–162.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/gaziuiibfd/issue/28355/301496>
- Saaty. (2008). Competitive priorities and knowledge management: An empirical investigation of manufacturing companies in UAE. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(6), 791–806. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2014-0020>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1980). The analytical hierarchy process, planning, priority. *Resource Allocation*. RWS Publications, USA.
- Saaty, T. L. (1994). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. <https://doi.org/10.1287/Inte.24.6.19>, 24(6), 19–43.
<https://doi.org/10.1287/INTE.24.6.19>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1987). Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 32(1), 107–117.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(87\)90275-X](https://doi.org/10.1016/0377-2217(87)90275-X)
- Şahin, M., & Toroğlu, E. (2020). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak Pınarbaşı ilçesi (Kayseri) arazilerinin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 75, 119–130. <https://doi.org/10.17211/TCD.798755>
- Samut, P. K. (2014). İki aşamalı çok kriterli karar verme ile performans değerlendirmesi: AHP ve TOPSIS yöntemlerinin entegrasyonu. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(4), 57-67.
- Sarğın, B. (2023). Yarı kurak iklim koşullarında buğday-arpa yetiştiriciliği için arazi

- uygunluk sınıflaması ve ekonomik değerlendirme. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme (Dr), Türkiye.*
- Sarkar, A., Ghosh, A., & Banik, P. (2014). Multi-criteria land evaluation for suitability analysis of wheat: a case study of a watershed in eastern plateau region, India. *Http://Www.Tandfonline.Com/Action/JournalInformation?Show=aimsScope&journalCode=tgsi20#.VsXpLiCLRhE*, 17(2), 119–128.
<https://doi.org/10.1080/10095020.2013.774106>
- Saya, Ö., & Güney, E. (2014). *Türkiye bitki coğrafyası*. Nobel.
- Tağıl, Ş. (2020). Edremit Körfezi'nde Tarımsal Arazi Kullanımı Uygunluk Düzeylerinin Değerlendirilmesi. *Journal of Geography*. <https://doi.org/10.26650/jgeog2019-0028>
- Tan, M., & Serin, Y. (1997). Kaba Yem Olarak Kullanılan Tahılların Besleme Değerine Yaklaşımlar. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg*, 28(1), 130–137.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022. (2022). Dünyada Buğday. *Kasım Ayı Ürün Masaları Buğday Mayıs Ayı Bülteni*.
- Taşlıalan, M. (2022). Hünnap İçin Arazi Uygunluk Değerlendirmesi: Eskişehir Örneği. *Eskişehir Teknik Üniversitesi, Türkiye*, 8.5.2017, 2003–2005.
- Topuz, M., & Deniz, M. (2023). Application of GIS and AHP for land use suitability analysis: case of Demirci district (Turkey). *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01609-x>
- Torunlar, H., & Nazlıcan, A. N. (2018). Türkiye'de ana ürün olarak yetiştirilecek soyanın (glycine max L.merrill) çok kriterli karar verme yöntemiyle arazi uygunluk analizinin yapılması. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 33(3), 270–281. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.401431>
- Tuğaç, M. G., & Torunlar, H. (2007). Tarım arazilerinin tarımsal kullanım uygunluklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(03), 157–165.
- Vinod Kumar, N., & Ganesh, L. S. (1996). A simulation-based evaluation of the approximate and the exact eigenvector methods employed in AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 656–662. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00302-9](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00302-9)
- Wilding, L. P., Bouma, J., & Goss, D. W. (1994). Impact of spatial variability on

interpretive modeling. *Quantitative Modeling of Soil Forming Processes*, 39, 61–75.

Yale, E. 2016. (2016). *Sociable knowledge: natural history and the nation in early modern Britain*. University of Pennsylvania Press.

Yohannes, H., & Soromessa, T. (2018). Land suitability assessment for major crops by using GIS-based multi-criteria approach in Andit Tid watershed, Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 4(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1470481>

Zdruli, P., Jones, R. J. A., & Montanarella, L. (2004). *Organic matter in the soils of Southern Europe*.

Zolekar, R. B., & Bhagat, V. S. (2015). Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 300–321.

<https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.09.016>

Ek 1: Çalışma sahasına ait verilerin analiz sonuçları.

Ör No	Kullanım Tipi	Enlem	Boylam	pH	EC	OM	CaCO ₃ (%)	N (%)	P (ppm)	K	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)
S1	Buğday Nadas	40,17255	35,9433	7,5	0,19	4	24	1,51	5,32	100	52	27	20,6
S2	Buğday Anız	40,16389	35,9483	7,5	0,2	6	13	0,66	5,83	400	40	33	26,8
S3	Ayçiçeği Anız	40,17111	35,9686	7,4	0,22	5	18	1,04	6,3	300	58	19	22,7
S4	Buğday Anız	40,17111	35,9829	7,6	0,21	7	18	0,71	4,87	200	52	23	24,7
S5	Buğday Anız	40,15917	36,0069	7,6	0,19	6	12	1,18	13,09	400	46	31	22,7
S6	Buğday Anız	40,14861	36,0086	7,5	0,19	5	5,5	1,98	8,08	100	44	31	24,7
S7	Buğday Anız	40,15694	36,0461	7,6	0,21	5	12	1,61	6,32	100	46	31	22,7
S8	Buğday Anız	40,16444	36,0606	7,7	0,21	7	11	0,94	7,23	300	19	58	22,7
S9	Buğday Anız	40,14278	36,0575	7,5	0,28	5	6,3	2,31	6,82	200	42	39	18,6
S10	Buğday Nadas	40,14833	36,0956	7,7	0,2	1	18	0,8	7,12	100	44	33	22,7
S11	Buğday Nadas	40,15667	36,0822	7,4	0,17	5	14	0,76	7,56	400	38	35	26,8
S12	Buğday Nadas (Yamaç)	40,16528	36,0919	7,5	0,18	6	22	0,66	6,95	600	38	33	28,9
S13	Nadas	40,14889	36,1056	7,4	0,13	6	7,9	1,18	8,16	400	46	35	18,6
S14	Buğday Anız	40,14917	36,1125	7,6	0,14	4	7,9	1,94	12,96	100	38	42	20,6
S15	Buğday Anız	40,14972	36,1292	8,1	0,17	6	6,3	0,71	6,07	400	46	27	26,8
S16	Sürülmüş Tarla	40,16666	36,1372	7,4	0,18	7	14	0,99	7,02	200	44	27	28,9
S17	Mısır	40,15278	36,1442	7,5	0,18	6	7,9	1,46	6,54	400	34	39	26,8
S18	Buğday Anız	40,1555	36,1647	7,5	0,18	5	3,9	1,75	5,88	300	30	46	24,7
S19	Boş Tarla	40,1555	36,1825	7,5	0,18	4	5,5	0,43	7,94	200	25	48	26,8
S20	Buğday Anız	40,15389	36,1794	7,6	0,16	6	4,7	0,9	5,77	100	42	31	26,8
S21	Buğday	40,15444	36,1903	7,9	0,4	5	8,7	0,33	8,61	300	25	48	26,8
S22	Boş Tarla (Yamaç)	40,15667	36,2069	7,4	0,16	7	4,7	0,66	8,86	200	28	54	18,6
S23	Boş Tarla	40,15389	36,2167	7,3	0,26	5	6,3	1,94	8,57	100	36	33	30,9
S24	Sürülmüş Tarla	40,16028	36,2278	7,7	0,15	5	3,9	1,89	6,39	100	42	27	30,9
S25	Boş Tarla	40,15694	36,2311	7,3	0,16	6	4,7	1,46	5,06	100	28	33	39,2
S26	Sürülmüş Tarla	40,16028	36,2436	7,7	0,2	4	3,2	1,42	7,15	200	25	54	20,6
S27	Boş Tarla	40,16722	36,2519	7,5	0,16	6	12	1,28	6,95	200	32	52	16,5
S28	Sürülmüş Tarla	40,13944	36,2433	7,8	0,14	0	3,2	1,32	7,2	200	34	52	14,4
S29	Sürülmüş Tarla	40,15667	36,2433	7,5	0,14	6	3,2	1,56	5,21	400	19	50	30,9
S30	Sürülmüş Tarla	40,16139	36,2575	7,6	0,19	5	7,1	1,32	7,02	300	34	37	28,9
S31	Sürülmüş Tarla	40,1625	36,2686	7,5	0,12	7	13	1,13	5,72	100	25	50	24,7
S32	Sürülmüş Tarla	40,15667	36,2633	7,6	0,13	6	8,7	1,89	6,78	200	44	27	28,9
S33	Sürülmüş Tarla (Yamaç)	40,15278	36,2736	7,3	0,24	5	2,4	2,64	4,81	200	28	52	20,6
S34	Boş Tarla	40,15639	36,2819	7,6	0,16	4	7,1	1,13	7,23	100	36	35	28,9
S35	Boş Tarla	40,15778	36,2889	7,6	0,18	6	3,9	1,61	8,96	1200	38	39	22,7
S36	Boş Tarla	40,15550	36,2997	7,6	0,19	6	19	1,65	7,86	100	48	31	20,6
S37	Boş Tarla	40,16139	36,315	7,5	0,13	5	3,2	2,03	7,8	100	30	37	33