



Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi: Bilecik İli Örneği

Determination of Suitability Areas for Agriculture: The case of Bilecik

Serpil Mentеше*^a, Seda Koca^b

Makale Bilgisi

Araştırma Makalesi

DOI:

10.33688/aucbd.1081180

Makale Geçmişi:

Geliş: 01.03.2022

Kabul: 06.07.2022

Anahtar Kelimeler:

Analitik hiyerarşi yöntemi

Coğrafi bilgi sistemleri

Bilecik

Tarıma uygunluk

Çok kriterli karar verme

Öz

Bu çalışmada amaç, Bilecik ilinde tarıma uygun alanları tespit etmektir. Veri olarak 1/25000 ölçekli sayısal topografya paftaları, sayısal meşçere haritası, sayısal toprak haritası, yağış, sıcaklık ve akarsu verileri kullanılmıştır. Tarımsal uygunluğa eki edecek 12 ana ve 72 alt parametre uzmanlar tarafından puanlandırıldıktan sonra ağırlıklandırılmış Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile 5 sınıfa ayrılan tarımsal uygunluk haritası hazırlanmıştır. Bu uygunluk sınıfları hiç uygun değil, uygun değil, düşük derecede uygun, uygun ve yüksek derecede uygun şeklinde gruplandırılmıştır. Yapılan analize göre araştırma alanında en fazla alan %72,81'lik pay ile 2814,55 km² alan kaplayan "uygun değil" sınıfına aittir. Ardından %14,52'lik paya sahip ve 561,19 km² alan kaplayan "düşük derecede uygun" sınıfı; %3,83'lük paya sahip "yüksek derecede uygun" sınıfı yer almaktadır. En az paya sahip olan sınıf ise %0,56 ile "uygun" sınıfıdır. Fiziki çevre koşullarının tarımı sınırlandırdığı araştırma alanında tarıma uygun ve yüksek derecede uygun alanların yaklaşık %90'ı ekili-dikili alan olarak kullanılmaktadır.

Article Info

Research Article

DOI:

10.33688/aucbd.1081180

Article History:

Received: 01.03.2022

Accepted: 06.07.2022

Keywords:

Analytical hierarchy method

Geographic information systems

Bilecik

Suitability for agriculture

Multi-criteria decision making

Abstract

The aim of this study is to identify the areas suitable for agriculture in Bilecik province. As data, 1/25000 scale digital topography sheets, digital stand map, digital soil map, precipitation, temperature and stream data were used. After the 12 main and 72 sub-parameters that will affect the agricultural suitability are scored by the experts, the weighted agricultural suitability map, which is divided into 5 classes by Analytical Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information Systems (GIS), was prepared. These suitability classes are grouped as not at all suitable, not suitable, low suitable, suitable and highly suitable. According to the analysis, the largest area in the research area, with a share of 72.81%, belongs to the "not suitable" class, which covers an area of 2814.55 km². Then, the "low fit" class with a share of 14.52% and covering an area of 561.19 km²; There is a "highly suitable" class with a share of 3.83%. The class with the least share is the "suitable" class with 0.56%. In the research area, where physical environmental conditions limit agriculture, approximately 90% of the arable and highly suitable areas are used as cultivated areas.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: serpil.mentese@bilecik.edu.tr.

^a Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Bilecik, Türkiye, <http://orcid.org/0000-0002-9805-532X>.

^b Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya ABD, Bilecik, Türkiye, <http://orcid.org/0000-0001-5616-6729>.

1. Giriş

Arazi kullanım uygunluğu, herhangi bir alanda herhangi bir amaca yönelik kullanımın mümkün olup olmasını ve bu durumun derecesini belirtmektedir. Yapılan tüm arazi kullanım uygunluğu çalışmaları birim alandan optimal verimi almayı hedeflemektedir. Mevcut kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi açısından arazi uygunluk analizleri oldukça önemlidir (Karabacak, 2021). Bu sebeple amaç ne olursa olsun arazi kullanım uygunluğunu dikkate almak sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilirlik temelinde, “doğal sermayeyi yok etmeden ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme durumunu gözetererek, ekosistem ve ekonomi arasındaki dengeyi bozmadan ekolojik bakımdan devamı sağlanabilir bir ekonomik kalkınma” olarak ifade edilmektedir (Çelikyay, 2005). Sürdürülebilir bir çevre anlayışına dayanan arazi kullanım uygunluğu analizleri bu nedenle pek çok faktörü de göz önünde bulundurmaktadır. Bu tür analizlerin en önemli aşaması, kullanım amacı ile söz konusu arazinin bu amaca uygunluğunu etkileyen faktörlerin belirlenmesidir (Al-Shalabi vd., 2006).

Arazi kullanım uygunluğu, birbirinden farklı kullanım türleri için arazinin potansiyelini analiz ederek kullanım türü ile arasındaki uyumun kıyaslanması biçiminde ortaya konulmaktadır (Beek, 1978; Dent ve Young, 1981; Özcan, 1991). Uygunluk analizini gerçekleştirirken arazinin yalnızca fiziksel özellikleri değil sosyo-ekonomik koşulların da göz önüne alınması gerekmektedir (FAO, 1976). Bu durumda arazi uygunluk analizleri söz konusu arazide belirli bir amaca yönelik kullanımı değil aynı zamanda sosyo-ekonomik ve çevresel özellikleri de göz önüne alan çok kriterli karar verme sürecinin tamamını içermektedir (Akbulak, 2010). Pek çok kriterin dikkate alındığı arazi kullanım uygunluğu analizlerinde özellikle 1980’li yıllardan itibaren çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Antoine vd., 1997). Kriterlerin ağırlığının hesaplanmasında birden fazla faktörün ilişkisini ele alan hiyerarşik bir yapıya sahip olması, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)’ni bu analizlerde kullanılan en yaygın yaklaşımlardan biri haline getirmiştir (Karabacak, 2021). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, arazi kullanım uygunluğu çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda tarım, orman, mera ve yerleşim gibi alanlar için arazi uygunluğu analizi yapılırken bazı çalışmalarda ise sanayi, yerleşme veya turizm için en uygun yer analizi yapılmaktadır (Akbulak, 2010; Çelikyay vd., 2015; Dağlı ve Çağlayan, 2016; Erbesler Ayaşlıgil, 2020; Saykılı vd., 2017; Zengin ve Yılmaz, 2011). Literatürde ise özellikle tarımsal uygunluk analizi için sıkça başvurulan bir yöntem olarak karşımıza çıkmakta ve son yıllarda tarımsal ürün uygunluğu çalışmalarında kullanılmaktadır (Abbaspour vd., 2011; Akıncı vd., 2013; AL-Taani vd., 2021; Feizizadeh ve Blaschke., 2013)

Tarımsal faaliyetler insanoğlunun yerleşik yaşama geçişinden itibaren aralıksız devam eden ekonomik bir faaliyet türüdür. Artan Dünya nüfusunun, beslenmek için oluşturduğu gıda arzı özellikle gelişmekte olan ülkelerde doğal ve tarımsal kaynaklar üzerinde baskıyı arttırmaktadır (Feizizadeh ve Blaschke, 2013). Türkiye’de özellikle 1950’lerden sonra artan sanayileşme ve nüfus artışı, yanlış arazi kullanımını da beraberinde getirmiştir. Çünkü artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için yeni alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra teknolojik gelişmeler, köyden kente göç ve sektörel değişimler de mevcut tarımsal alanların amacı dışında kullanılmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca yanlış ve bilinçsiz ürün tercihi, ekstansif ve yanlış tarımsal yöntemler, tarım arazilerinin bölünmesi gibi nedenler

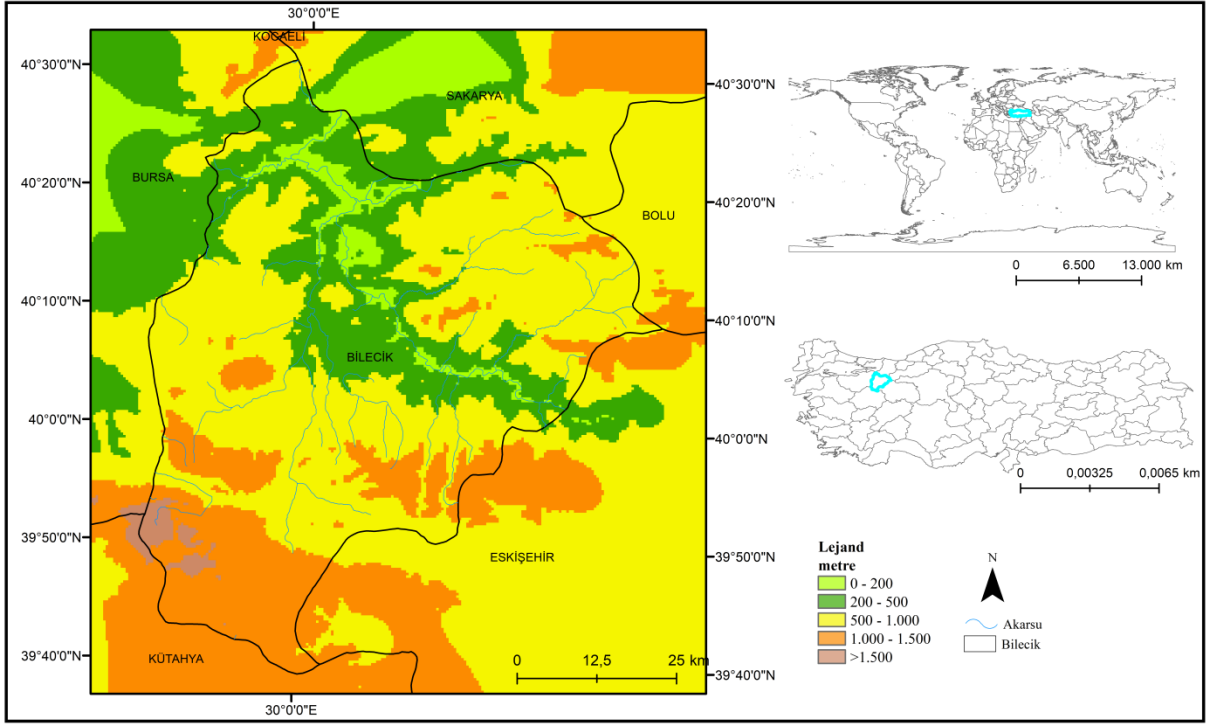
de tarım alanlarından alınan verimi düşürmektedir. Birim alandan alınan verimin en üst düzeyde olabilmesi için tarımsal arazi uygunluk değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir. Tarımsal arazi uygunluk değerlendirmesi ürünün gereksinimleri ile arazinin bunu karşılayabilme ilişkisi üzerinde yoğunlaşır (Beek, 1978; Dent ve Young, 1981; Özcan, 1991; Wang, 1994). Arazi kullanımı ile çevre arasındaki dengenin kurulması, planlı tarım arazileri ve uygun yer seçimi tarımsal sürdürülebilirliğin en temel basamaklarıdır. Arazinin fiziksel durumunun, toprak tipinin ve iklimin belirlenmesi, çiftçilerin o bölgede en iyi hangi mahsulü yetiştirebileceğine karar vermelerine de yardımcı olmaktadır. Bu nedenle fiziksel parametreler, toprak tipi ve iklim dikkate alınarak arazi uygunluk haritalarının geliştirilmesi bölgedeki mahsullerin gelişimi için de önem taşımaktadır (Quoc vd., 2019). Aslında tarımsal sistem birden çok kriterin bir arada işlediği karmaşık bir sistemi teşkil etmektedir. Tarımsal bir sistem içerisinde çeşitli aktörler ve uyum süreçleri bulunabileceği gibi çeşitli özerk aktörler de yer almaktadır. Bunları insan (çiftçiler, tüketiciler, uzmanlar, aracılar vb.), ekonomi (piyasa, maliyet, gelir vb.), doğa (hava, iklim, topografya şartları vb.), politika (planlar, stratejiler vb.), yönetmelikler (miras, mülkiyet hakları, ticaret vb.), altyapı (ulaşım, pazarlama, sigorta vb.) ve girdiler (su, tohum, gübre teknoloji vb.) oluşturmaktadır (Barati vd., 2019). Tarım alanlarının amacına uygun ve planlı bir şekilde yönetimi, tarımsal ilerlemede sürdürülebilirlik ve gıda güvenliğinin sağlanması açısından da esastır.

Buradan hareketle bu çalışmada, Bilecik ilinin tarımsal uygunluk analizini ortaya koyabilmek amacıyla birden fazla kriteri birbiriyle ilişkili olarak analiz edip en uygun yer tespitini gerçekleştiren Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılmış, Bilecik'te tarıma uygun olan ve uygun olmayan alanlar ortaya konulmuştur. Çalışma alanında mevcut arazi kullanımının, faaliyetler açısından uygun olup olmaması ve Bilecik ilinde tarım özelinde yapılan bu çalışmayla en uygun yerin tespit edilmesi arazi kullanım uygunluğu açısından önem taşımaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanını Bilecik'in idari il sınırı teşkil etmektedir. Bilecik, Marmara Bölgesi'nin Güney Marmara bölümünde 39° – 40° 31' K enlemleri ile 29° 43' - 30° 41' D boylamları arasında yer almaktadır. Bilecik ili coğrafi yapı açısından derin vadiler tarafından yarılmış yüksek düzlüklerden müteşekkil olan bir plato karakterindedir (Aygün, 1998). İlin güneyinde Kütahya, kuzeyinde Sakarya, batısında Bursa ve doğusunda Eskişehir ve Bolu illeri bulunmaktadır. 4307 km² yüzölçümüne sahip olan ve 7 ilçesi bulunan Bilecik, Türkiye'nin en küçük illerindendir. Araştırma sahasında topografyanın uzanış doğrultusu doğu-batı yönündedir (Şekil 1). Bilecik nüfusu 2021 yılına göre 228.334 kişidir. Sakarya Nehri ilin en önemli akarsuyudur. İlin diğer önemli akarsularını Göynük Çayı, Karasu Çayı, Sarısu, Göksu ve Hamsu Deresi oluşturmaktadır. Dağlık alanlar il genelinde %32'lik, ovalar ise %7'lik paya sahiptir (Bilecik Valiliği, 2022).



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Bilecik ilinin 1939-2020 ölçüm periyoduna göre ortalama sıcaklığı 12,5 °C'dir. En sıcak ay ortalaması 28,6 °C ile Ağustos, en soğuk ay ortalaması ise -0,3 °C ile Ocak'tır. Çalışma alanında yıllık toplam yağış miktarı 457,9 mm'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022).

2.2. Materyal

Çalışmada kullanılan sayısal topografya paftaları 1/25000 ölçekli olup Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu paftalar aracılığıyla eğim, yükselti ve bakı katmanları oluşturulmuştur. Bilecik'e ait meşcere haritası Bilecik Orman İşletme Müdürlüğü'nden (2021 yılında) temin edilmiş olup, sayısal toprak haritasındaki birimler çalışmanın amacına uygun olarak düzenlenmiştir. Sayısal toprak haritasından arazi kullanım kabiliyeti, büyük toprak grubu, arazi kullanım kabiliyeti alt sınıfı, erozyon, toprak derinliği ve sınırlayıcı toprak özellikleri elde edilmiştir. Sıcaklık ve yağış haritalarının hazırlanması için gerekli olan meteorolojik veriler Bilecik Meteoroloji Müdürlüğü'nden (2021 yılında) elde edildikten sonra enterpolasyon yöntemiyle çalışma alanının geneline uyarlanarak dağılım haritaları hazırlanmıştır. Araştırma alanına ait akarsu haritası Copernicus Land Monitoring Service'in resmi internet sitesinden temin edilmiştir (Copernicus Land Monitoring Service, 2021b).

Bilecik ilinde mevcut arazi kullanımını tespit etmek ve tarımsal uygunluk sınıflarıyla karşılaştırabilmek amacıyla Copernicus Land Monitoring Service'ten (Copernicus Land Monitoring Service, 2021a) online olarak temin edilen Corine arazi örtüsü veri setinden yararlanılmıştır. Her yıla ait Corine arazi örtüsü haritası bulunmadığı için çalışmaya en yakın olan tarih olan 2018 yılı verisi seçilmiştir. Veri setinde yer alan arazi örtüsü sınıfları, karışıklığı ortadan kaldırmak ve amaca uygun bir

harita sunabilmek amacıyla gruplandırılarak sadeleştirilmiştir. Çalışma alanına ait tüm haritaların yapımında ve tarıma uygunluk analizinin gerçekleştirilmesinde ArcGIS 10.7 programından yararlanılmıştır.

2.3. Yöntem

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile Bilecik ilinin tarımsal uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin seçilmesindeki en büyük neden, uygunluk sınıflandırmasında orantısız, çelişkili ve alternatif dizilime sahip birden fazla parametreyi bütüncül olarak değerlendirip önem derecesine göre analiz etmektir. Tarımsal uygunluğu etkileyecek tüm parametreler temel uzmanlık alanları ziraat olan özeldede ise tarımsal yapılar, biyosistem mühendisliği, tarla bitkileri ve entomoloji (bitki koruma) dallarındaki uzman görüşleri alınarak ve literatürdeki puanlamalarla kıyaslanarak ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra ArcGIS programıyla parametreler yeniden sınıflandırılmış (Reclassify) ve ağırlıklı çakıştırma analiziyle sonuca ulaşılarak haritalanmıştır. Araştırma alanına ait akarsu haritası Copernicus Land Monitoring Service resmi internet sitesinden elde edilmiştir (Copernicus Land Monitoring Service, 2021b). Elde edilen akarsu verisi üzerinden ArcGIS ortamında 5 kilometre mesafesinde buffer zon oluşturulmuştur.

Çok Kriterli Karar Verme, birbirinden bağımsız birçok parametreyi yine birbiriyle kıyaslayarak bütüncül bir sonuç vermesinden dolayı arazi kullanım uygunluğu çalışmaları için elverişlidir (Malczewski, 2006). ÇKKV yönteminin Bulanık Mantık, ELECTRE, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (ADK), İdeal Nokta Yöntemi (İDA), PROMETEE, Sıralı Ağırlıklı Ortalama (SAO), Yapay Sinir Ağları gibi pek çok alt uygulama yöntemi bulunmaktadır (Alevkayalı ve Tağıl, 2020; Çavuş ve Koç, 2015; Malczewski, 2004;). Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi tercih edilmiştir.

ÇKKV’de genel amaç, farklı kriterler arasındaki önceliğe dayalı analizi gerçekleştirip karar vericilerin “en uygun” seçeneği tercih etmesinde kolaylıklar sağlamaktadır (Jankowski, 1995). ÇKKV, farklı kriterlerin yanı sıra farklı kişileri ve onların konuya ilişkin yargılarını içeren analitik bir yöntem olduğundan dolayı mekânsal analizlerde nitel ve nicel sonuçlar açısından da çok yönlü bir perspektife sahiptir (Soba vd., 2016; Şahin ve Toroğlu, 2020).

ÇKKV’de ağırlıkların belirlenmesinde puanlama (rating), sıralama (ranking), tercih önceliği analizi (trade-off analysis) ve ikili karşılaştırma (pairwise comparison) gibi farklı işlemleri mevcuttur (Malczewski, 1999). Bu çalışmada kullanım kolaylığı nispeten zor olmasına rağmen daha doğru sonuçlar verdiği için ikili karşılaştırma yöntemi tercih edilmiştir.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yönteminden birisi olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) 1968 yılında ilk Myers ve Alpert tarafından oluşturulmuştur (Myers ve Alpert, 1968). Yöntemin literatüre kazandırılması ise 1977 yılında Saaty tarafından gerçekleştirilmiş ve analizde kullanılan skala Saaty skalası olarak kullanılmaya başlanmıştır (Saaty, 1977; Saaty, 1990, Çizelge 1). Analitik Hiyerarşi Süreci’ni diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran temel farklardan birisi değişkenlerin hem birlikte hem de tek tek sorgulanmasıdır. Ayrıca uzman görüşlerine bağlı olarak oluşturulmuş olması AHS’ye subjektif bir özellik kazandırmaktadır (Danacıoğlu, 2017).

Çizelge 1. Analitik Hiyerarşi Süreci'ndeki ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Açıklama
1	Ölçütler birbirlerine göre eşit öneme sahip
3	1.ölçüt 2.ölçüte göre biraz daha önemli
5	1.ölçüt 2.ölçüte göre fazla önemli
7	1.ölçüt 2.ölçüte göre çok fazla önemli
9	1.ölçüt 2.ölçüte göre aşırı derecede fazla önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Kaynak: Saaty, 1980; Saaty, 2008

Analitik Hiyerarşi Süreci'nde, Saaty skalasında yer alan puanlamaya göre oluşturulmuş hiyerarşik düzende her bir parametre, ikili karşılaştırma matrisi uygulanarak ayrı ayrı ağırlıklandırılmaktadır (Öztürk ve Batuk, 2010). Ağırlıkların belirlenme işlemi, hesaplama işlemine dahil edilen parametrelerin normalize edilmesiyle hesaplanmaktadır. Bu işlem ilgili parametrenin sütun toplamına bölünmesiyle elde edilmektedir. Ağırlık sonuçları toplamının 1 olması, parametreler arasındaki karşılaştırmanın tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. Aynı zamanda verilerin tutarlı olup kullanılabilmesi amacıyla tutarlılık indeksi (CI), rassallık değeri (RI) ve tutarlılık oranının da (CR) hesaplanması gerekmektedir. Tüm hesaplamalardan sonra elde edilen tutarlılık oranı 0,10'un altındaysa matrisse dahil edilen kriterler ve puanlamaları sonuç için tutarlı niteliktedir. Bu çalışmada ağırlıkları tek tek hesaplanan ana ve alt parametreler, ArcGIS programında Overlay analizi ile belirli hiyerarşik düzene göre haritalanmıştır.

Çalışmada ayrıca güncel arazi kullanımı ile tarımsal uygunluk sınıfları birbiri ile karşılaştırılmaktadır. CORİNE 2018 verisi güncel arazi örtüsü verisini teşkil etmektedir. Tarımsal uygunluk sınıfları ile güncel arazi örtüsü sınıflarının karşılaştırılması ArcMap 10.7 yazılımı "tabulate area" aracı ile yapılmaktadır.

3.Tarımsal Uygunluk Analizinde Kullanılan Parametreler

Bilecik ilinde tarımsal uygunluk analizini yapabilmek amacıyla Arazi Kullanım Kabiliyeti, Büyük Toprak Grubu, Arazi Kullanım Kabiliyeti Alt Sınıfı, Erozyon, Toprak Derinliği, Sınırlayıcı Toprak Özellikleri, Yükselti, Eğim, Bakı, Sıcaklık, Yağış ve Akarsu değişkenleri kullanılmıştır. Tüm bunlara ek olarak çalışma alanındaki bitki örtüsü varlığını tarımsal alanlarla karşılaştırabilmek amacıyla meşcere haritasından ve mevcut arazi örtüsünü tespit edebilmek amacıyla ise Corine arazi örtüsü veri tabanından yararlanılmıştır. Parametrelerin ağırlıklandırılmaları konunun uzmanları ve literatür aracılığıyla oluşturulmuştur.

3.1.Büyük Toprak Grubu (BTG)

Toprakların sınıflandırılması, belirli niteliklere ve oluşma koşullarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Her bir toprağın sahip olduğu niteliğe bağlı olarak tarımsal faaliyetler için kullanılıp kullanılmama durumu değişkenlik göstermektedir. Örneğin; toprağın içerdiği organik madde oranı ve kireç birikimi tarımsal uygunluğu etkileyen faktörlerdir. Bu nedenle tarımsal uygunluk analizi yaparken hâkim toprak türünün bilinmesi gerekmektedir (Koca ve Menteşe, 2021).

Çalışma alanında bulunan büyük toprak grupları kahverengi topraklar, kireçsiz kahverengi topraklar, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi orman toprakları, alüvyal topraklar,

kolüvyal topraklar ve sınıflandırması yapılmamış diğer topraklardır. Alansal olarak en fazla pay kahverengi orman topraklarına aittir ve onu kireçsiz kahverengi orman toprakları takip eder (Şekil 2).

3.2. Arazi Kullanım Kabiliyeti (AKK)

Arazi kullanım kabiliyeti en genel tanımıyla toprağın bitki yetiştirmek için uygunluğunu ifade etmektedir. Toprak, kullanım kabiliyetine göre sınıflara ayrılırken tarımsal ürün yetiştirmede karşılaşılabilecek sınırlılıklar, ortaya çıkabilecek riskler ve toprak yönetiminde göstereceği tepkiler göz önünde bulundurulur (Akıncı vd., 2013).

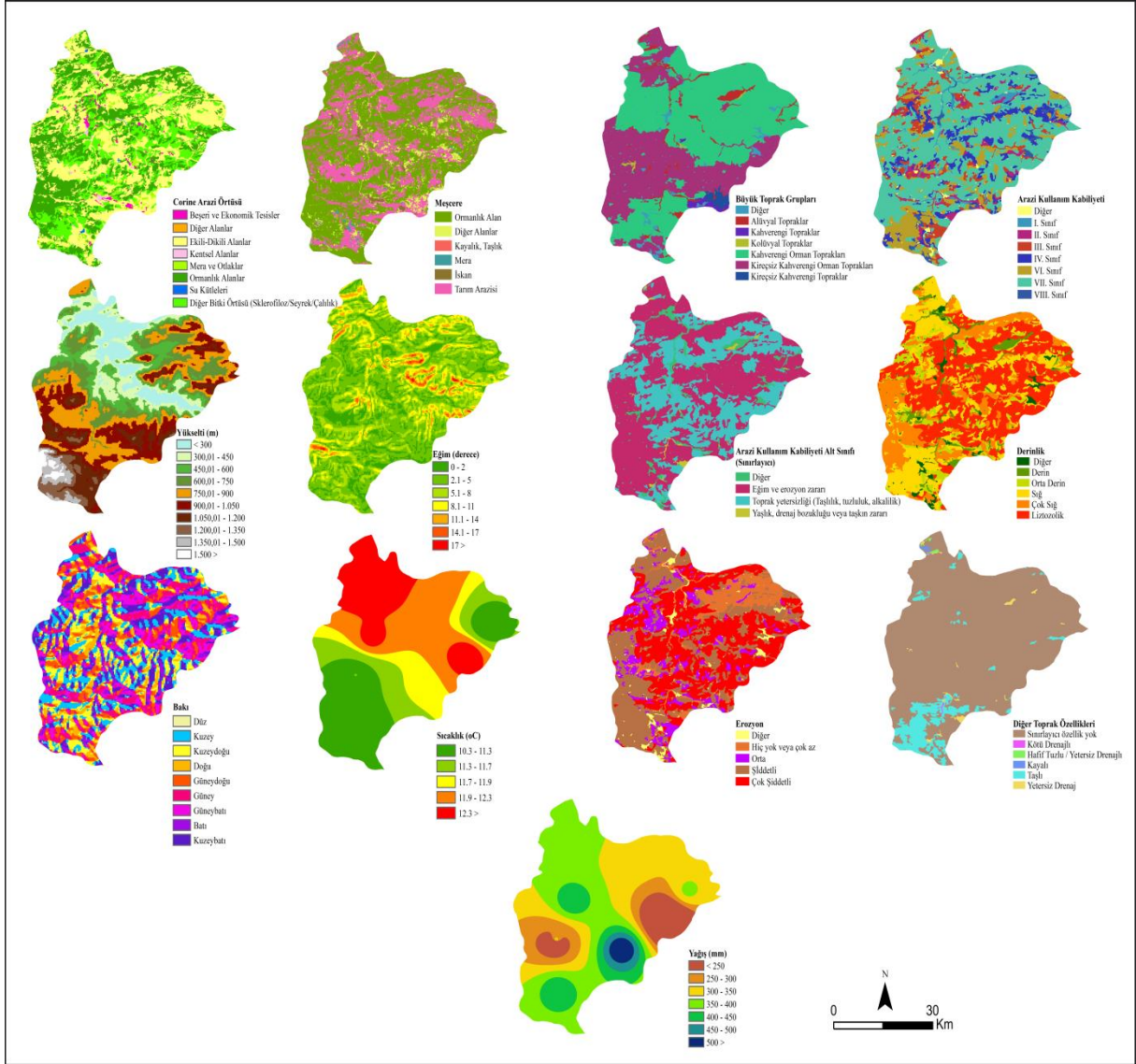
Çalışma alanında I, II, III, IV, VI, VII, VIII. sınıf araziler bulunmaktadır. I, II, III ve IV. sınıf araziler tarımsal üretim için uygun sınıfta yer alırken VI. ve VII. sınıf araziler tarımsal üretime uygun olmayan sınıfta yer almaktadır. VIII. sınıf araziler hiçbir şekilde üretime olanak vermemektedir. Çalışma alanında en fazla VII. sınıf araziler görülmektedir. Bu da tarımsal uygunluk açısından oldukça sınırlayıcı bir etmendir.

3.3. Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı (ATS)

Arazi kullanım kabiliyeti alt sınıfı, arazi kullanım kabiliyet sınıfını belirleyen hakim özellikleri ortaya çıkarmaktadır (Akıncı vd., 2013). Araştırma sahasında kabiliyet sınıfını belirleyen sınırlayıcı özellikler toprak yetersizliği (tuzluluk, taşlık ve alkalilik), erozyon, eğim ve taşkın zararı ile yaşlık-drenaj bozukluğudur.

3.4. Toprak Derinliği (DER)

Bitkilerin yaşamsal döngülerini devam ettirebilmek için gereksinim duydukları su ve besin maddelerini sağladığı toprağın hacmi ve bitki kök alanı, toprağın derinliğini ifade etmektedir. Bitki köklerinin uygun koşulda tutunabilmesi toprağın derinliği ile yakın ilişki içerisinde. Aynı zamanda toprağın derinliği, erozyona karşı mücadele ve toprağın hidrolojik özellikleri açısından da önemlidir (Fu vd., 2011). Çalışma alanındaki topraklar litozolik, çok sığ, sığ, orta derin ve derindir.



Şekil 2. Bilecik'te tarımsal uygunluğa etki eden kriterlerin çalışma alanındaki dağılışları

3.5. Erozyon (ERZ)

Arazide eğim arttıkça erozyonun şiddeti de artmaktadır (Şahin ve Toroğlu, 2020). Bu da toprağın biyolojik, kimyasal ve fiziksel karakterini olumsuz yönde etkilemekte ve verimi azaltmaktadır. Erozyon aynı zamanda toprağın derinliğini de azaltacağı için, bitkiler yetişebilecekleri uygun derinlikte toprak bulamamaktadırlar. Topraktaki su miktarındaki azalma, derinlikle birlikte bitki besin maddeleri ve organik maddedeki düşüş de erozyonun etkileri arasındadır (Lobo vd., 2005). Çalışma alanında, en fazla paya sahip olan çok şiddetli erozyonun dışında şiddetli, orta şiddetli ve erozyonun hiç olmadığı veya çok az olduğu alanlar mevcuttur.

3.6. Diğer Toprak Özellikleri (DTO)

Toprağın kalitesini ve üretim için uygunluk seviyesini düşüren tuzluluk, alkalilik, kötü veya yetersiz drenaj, taşlılık gibi özellikler diğer toprak özellikleri veya sınırlayıcı toprak özellikleri olarak ifade edilmektedir. Çalışma alanında kötü drenaj, hafif tuzluluk-yetersiz drenaj, kayalı, taşlı ve yetersiz drenaj sınırlayıcı özellikler olarak tarımsal uygunluğu etkilemektedir. Özellikle çalışma alanının güneyinde Bozüyük ilçesi çevresinde taşlı araziler yoğun olarak görülmektedir.

3.7. Yükselti

Yükseltinin tarımsal uygunluğa en temel etkisi pedojenez ile olmaktadır. Yükseltiyle birlikte pedojenez daha kısıtlı bir zamanda gerçekleşmekte ve vejetasyon süresi de kısalmaktadır (Saya ve Güney, 2014). Öyle ki dağlık alanlarda her 100 metrelik artış için vejetasyon süresinin 4-6 gün arasında geciktiği tespit edilmiştir (Atalay, 2006; Akıncı vd., 2017). Bunun yanı sıra yükseklik arttıkça sıcaklık ve bağıl nemin düşmesi, yağış ve Güneş radyasyonunun ise artması bitki yetişmesi üzerinde etkilidir. Çalışma alanında yükselti değerleri 64 metre ile 1861 metre arasında değişmektedir (Şekil 1; Şekil 2).

3.8. Eğim

Eğimin tarımsal uygunluktaki önemi toprak derinliği ve erozyon üzerinde etkili olmasıyla ilişkilidir. Eğimin artması toprak tabakasını sıkılaştırmakta, azalması ise toprak derinliğini arttırmaktadır. Buna ek olarak eğim arttıkça toprağın geçirimsizliği ve dolayısıyla üretkenliği de azalmaktadır (Atalay, 2006). Eğimin fazla olması kadar hiç olmaması da tarımsal açıdan tehdit oluşturan bir unsurdur. Çünkü eğimin hiç olmaması veya çok az olması kötü drenajın oluşmasına zemin hazırlar (Erol, 1993). Çalışma alanında 0° eğime sahip arazinin yanı sıra eğim değeri 17° den yüksek araziler de bulunmaktadır (Şekil 2).

3.9. Bakı

Güneş ışığı, bitkilerin hayati fonksiyonlarını sürdürebilmeleri için en temel ihtiyaçlarından birisidir. Toprağın sıcaklığı, alınan rüzgârların karakterleri ve buharlaşma miktarı bakı değerinden etkilendiği için arazide tarımsal üretim yapılacak alanın seçilmesinde önemli rol oynamaktadır. Çalışma alanının matematiksel konumu göz önüne alındığında bakı yönünün güney olduğu ve bitkilerin güney yamaçlarda daha uygun koşullarda yetiştiği sonucuna ulaşılabilmektedir.

3.10. Sıcaklık

Sıcaklığın tarım üzerindeki etkisi hem bitkilerin yetiştirme koşullarıyla hem de pedojenez ile ilgilidir. Sıcaklık, yağış ile birlikte pedojenez sürecini hızlandırıp yavaşlatmada önemli bir etkidir. Sıcaklık arttıkça yağışla birlikte ayrışma da artmaktadır. Örneğin; sıcaklığın düşük olduğu bölgelerde toprakta biriken organik madde miktarı fazla olacağından turbalaşma, sıcaklığın fazla olduğu bölgelerde evapotranspirasyonun da fazla olmasıyla yıkanma ön plana geçmektedir (Saya ve Güney, 2014). Araştırma sahasında yıllık ortalama sıcaklık 10-12 °C arasında değişmektedir (Şekil 2).

3.11. Yağış

Yağış, bitki gelişimi için hayati bir öneme sahiptir. Yıllık toplam yağışın 400 mm ve üzerinde olduğu bölgeler bitki gelişimi için uygun yağışa sahip bölgelerdir (Bozdağ vd., 2016). Ayrıca yağış,

toprağın yıkanmasıyla da yakın ilişkilidir. Yağışın az olduğu bölgelerde jips, tuz, kireç, kil, demir, organik madde ve alüminyum oksit toprağın bünyesinde kalmaktadır. Yağışın fazla olduğu bölgelerde ise bu maddeler toprağın daha derin katmanlarına nüfuz etmektedir. Yıkanmanın aşırı olduğu durumlarda ise özellikle kireç ve tuz topraktan tamamen uzaklaşabilmektedir (Şahin ve Toroğlu, 2020). Bu sebeple tarımsal üretim için yağışın ne çok az ne de çok fazla olması gerekmektedir. Çalışma alanında yıllık toplam yağış miktarı 250-500 mm arasında değişmektedir.

3.12. Ana Akarsu ve Yan Kollara Mesafe

Tarımda sulama açısından sürekli akarsuyun varlığı ve tarım alanlarının su kaynağına yakınlığı önem taşımaktadır. Özellikle yağışın yeterli olmadığı bölge ve mevsimlerde kuraklık söz konusu olabilmektedir. Çalışma sahasının ana akarsuyunu meydana getiren Sakarya Nehri ve onun kolları olan Karasu Deresi ile Göksu Çayı tarımsal açıdan bir avantaj sağlamaktadır. Ana akarsu ve yan kollara mesafe suyun kullanılabilirliğini etkilediğinden çalışma alanında akarsuyun etkisi buffer zon oluşturularak analiz edilmiştir.

4. Bulgular

Bilecik'in tarıma uygun alanlarının belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada tarımsal faaliyetler için suyun önemi göz önünde bulundurularak akarsu ve çevresinde 5 kilometrelik buffer zon oluşturulduğu daha önce belirtilmişti. Bilecik'in toplam yüzölçümü 4307 km² (T.C. Bilecik Valiliği, 2022) olmasına rağmen analiz, en geniş şekliyle bu 5 kilometrelik buffer zonda gerçekleştiğinden tüm kriterlerin sorgulanması 3865,65 km² lik alanı kapsamaktadır.

Tarımsal uygunluğa etki eden parametrelerin yanı sıra mevcut arazi kullanımını görebilmek ve araştırma alanındaki meşcere dağılımını tespit edip karşılaştırma yapabilmek amacıyla Bilecik iline ait Corine arazi örtüsü ve meşcere haritası ayrıca oluşturulmuştur. Bunlar doğrudan tarımsal uygunluğa etki eden parametreler olarak ele alınmamış ancak karşılaştırma yapabilmek için kullanılmıştır.

Çizelge 2. Tarımsal uygunluk kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	BTG	AKK	ATS	ERZ	DER	Eğim	Sıcaklık	Yağış	Baku	Yükselti	Akarsu	DTO
BTG	1	2	3	3	3	4	5	5	6	6	6	7
AKK	1/2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	6
ATS	1/3	1/2	1	1	1	2	3	3	4	4	4	5
ERZ	1/3	1/2	1	1	1	2	3	3	4	4	4	5
DER	1/3	1/2	1	1	1	2	3	3	4	4	4	5
Eğim	1/4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	2	2	3	3	3	4
Sıcaklık	1/5	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1	1	2	2	2	3
Yağış	1/5	1/4	1/3	1/3	1/3	1/2	1	1	2	2	2	3
Baku	1/6	1/5	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1	1	2
Yükselti	1/6	1/5	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1	1	2
Akarsu	1/6	1/5	1/4	1/4	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1	1	2
DTO	1/7	1/6	1/5	1/5	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	1

Çalışmada Bilecik ilinin tarımsal uygunluğunu tespit edebilmek amacıyla puanlama ve matris oluşturma için 12 ana kriter kullanılmıştır. 12 kritere ait değerler normalize edilerek tutarlılık oranı (CR) hesaplamalarında kullanılmıştır (Çizelge 3). Bu kriterlerden ve yapılan puanlamalara dayanan matristen yola çıkarak tutarlılık indeksi (CI) 0,23 olarak bulunmuştur. Rastgele değer indeksi (rassallık indeksi) (RI) ikili karşılaştırmada kullanılan n sayıdaki değeri içeren sabit sayılardır (Çizelge 4). Bu çalışmada n=12 olduğundan rassallık indeksi 1,54'tür. Bu değerlerle hesaplanan tutarlılık oranı (CR) 0,01 olarak bulunmuştur. Değer, 0,10'dan küçük olduğu için çalışmada kullanılan kriterlerin değerlerinin tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu tutarlılık durumu, çalışmada kullanılan kriterler ve onların puanlamalarının anlamlı sonuçlar ortaya koyabilecek nitelikte olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 3. Tarımsal uygunluk kriterlerinin normalize edilmiş değerleri ve toplam ağırlıkları

Normalize	BTG	AKK	ATS	ERZ	DER	Eğim	Sıcaklık	Yağış	Bakı	Yükselti	Akarsu	DTO	Ağırlık
BTG	0,26	0,33	0,30	0,30	0,30	0,25	0,21	0,21	0,18	0,18	0,18	0,16	0,24
AKK	0,13	0,16	0,20	0,20	0,20	0,18	0,17	0,17	0,15	0,15	0,15	0,13	0,17
ATS	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
ERZ	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
DER	0,09	0,08	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
Eğim	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07
Sıcaklık	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05
Yağış	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05
Bakı	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Yükselti	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Akarsu	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
DTO	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Toplam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Bilecik'in tarımsal uygunluk analizinin yapılabilmesi için 12 ana (Çizelge 2) 72 alt kriter kullanılmıştır (Çizelge 5). Bu kriterlere bağlı olarak konunun uzmanları tarafından yapılan puanlamaya göre çalışma alanında tarıma etki eden en önemli faktörü, 0,2366 ağırlığa sahip büyük toprak grubu, önemi en düşük faktörü ise 0,0196 ağırlığa sahip diğer (sınırlayıcı) toprak özellikleri teşkil etmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Analitik Hiyerarşi Süreci rastgele değer indeksi (rassallık göstergeleri)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,49	1,51	1,51	1,54

Kaynak: Karagiannidis vd., 2010: 255; Wang vd., 2010:1024.

Çizelge 5. Tarımsal uygunluğu etkileyen kriterler, alt kriterler ve ağırlıkları

Kriter	Ağırlık	Alt Kriter	Ağırlık	Kriter	Ağırlık	Alt Kriter	Ağırlık
Büyük Toprak Grubu	0,24	Alüvyal T.	0,4408	Arazi Kullanım Kabiliyeti	0,17	I.sınıf	0,3359
		Kahverengi T.	0,2199			II. sınıf	0,2222
		Kolüvyal T.	0,1451			III. sınıf	0,2222
		Kireçsiz Kahverengi T.	0,0938			IV. sınıf	0,1155
		Kahverengi Orman T.	0,0603			VI. sınıf	0,0475
		Kireçsiz Kahverengi Orman T.	0,0402			VII. sınıf	0,0331
Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı	0,11	Toprak yetersizliği (taşlılık, tuzluluk, alkalilik)	0,5390	Erozyon	0,11	Hiç veya çok az	0,5739
		Eğim ve erozyon zararı	0,2973			Orta	0,2913
Derinlik	0,11	Derin (91+ cm)	0,5151	Eğim	0,07	Şiddetli	0,0903
		Orta Derin (51-90 cm)	0,2771			Çok Şiddetli	0,0445
		Sığ (21-50 cm)	0,1146			0-2	0,3506
		Çok Sığ (0-20 cm)	0,0557			2,1-5	0,2385
Sıcaklık	0,05	Litozolik	0,0375	Yağış	0,05	5,1-8	0,1615
		10,3-11,3	0,0624			8,1-11	0,1101
		11,3-11,7	0,0986			11,1-14	0,0764
		11,7-11,9	0,1611			14,1-17	0,0402
		11,9-12,3	0,2618			17+	0,0227
Bakı	0,03	12,3+	0,4162	Yükselti	0,03	250>	0,0420
		Güney	0,2913			250,1-300	0,0420
		Güneydoğu	0,1882			300,1-350	0,0954
		Güneybatı	0,1882			350,1-400	0,1533
		Doğu	0,1216			400,1-450	0,2570
		Batı	0,1216			450,1-500	0,2570
		Kuzeydoğu	0,0348			500+	0,1533
		Kuzeybatı	0,0348			55-300	0,2829
Kuzey	0,0194	300-450	0,2016				
Ana Akarsu ve Yan Kollara Mesafe	0,03	1 km	0,4847	Diğer Toprak Özellikleri	0,02	450-600	0,1410
		2 km	0,2268			600-750	0,0959
		3 km	0,1431			750-900	0,0959
		4 km	0,0888			900-1050	0,0656
		5 km	0,0566			1050-1200	0,0457
Diğer Toprak Özellikleri	0,02	Kayalı	0,3939	1200-1350	0,0320		
		Taşlı	0,2344	1350-1500	0,0227		
		Yetersiz drenaj	0,1239	1500+	0,0168		
		Kötü drenaj	0,1239				
		Hafif tuzlu/yetersiz drenaj	0,1239				

Araştırma alanında tarıma uygunluk sınıflarının gösterilmesi adına tasarlanan arazi kullanımı planlaması 5 sınıfta ele alınmaktadır. Bu sınıflardan “yüksek derecede uygun” sınıfı tarımsal faaliyetler

açısından en verimli alanları, “uygun” sınıf her açıdan tarıma elverişli olmayan fakat verimli alanları, “az uygun” sınıfı tarımsal faaliyetler açısından kısmen elverişli alanları, “uygun değil ve hiç uygun değil” sınıfları ise tarımsal faaliyetlere uygun olmayan alanları göstermektedir (Şekil 3).

Araştırma alanında tarıma uygunluk amacıyla işleme tabi tutulan 3865,65 km²'lik alan, uygunluk sınıfları açısından hiç uygun değil, uygun değil, düşük derecede uygun, uygun, yüksek derecede uygun olmak üzere 5 kategoriye ayrılmaktadır. Tarıma “yüksek derecede uygun” olan alanlar 148,07 km² ile alanın %3,83'ünü oluşturmaktadır. Tarımsal üretime “uygun” alanlar 21,81 km² ile %0,56; düşük derecede uygun alanlar 561,19 km² ile %14,52; uygun olmayan alanlar 2814,55 km² ile %72,81; hiç uygun olmayan alanlar ise 320,03 km² ile %8,28'lik paya sahiptir (Çizelge 6).

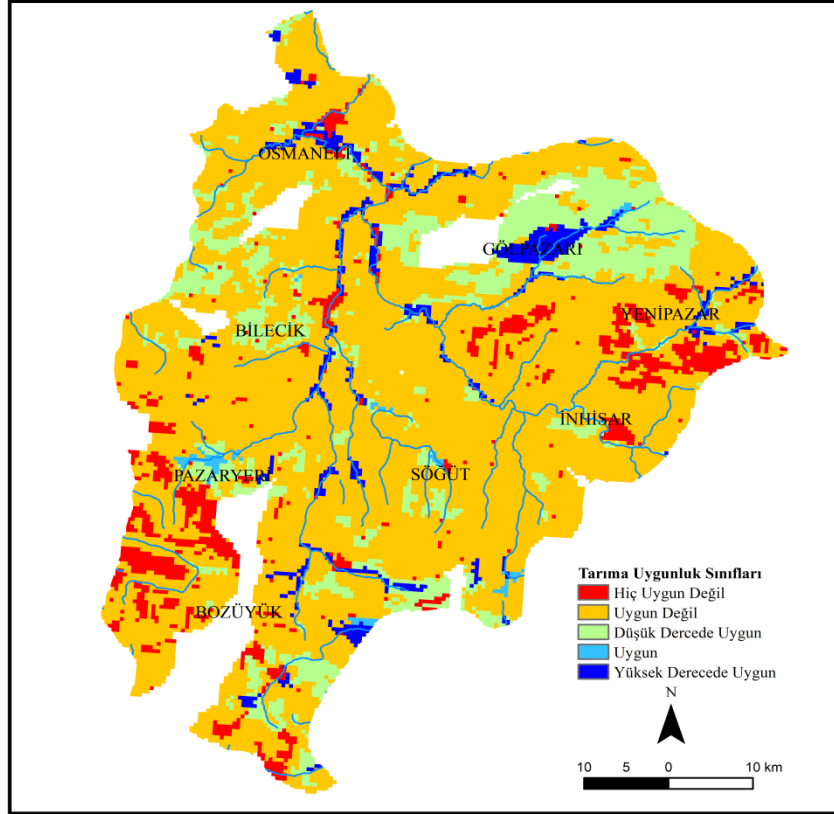
Çizelge 6. Çalışma alanındaki tarıma uygunluk düzeylerinin kapsadığı alan ve yüzdeleri

Uygunluk Sınıfı	Kapladığı Alan (km ²)	Kapladığı Alan (%)
Yüksek Derecede Uygun	148,07	3,83
Uygun	21,81	0,56
Düşük Derecede Uygun	561,19	14,52
Uygun Değil	2814,55	72,81
Hiç Uygun Değil	320,03	8,28

Araştırma alanı içerisinde tarıma uygunluk sınıflarına göre “yüksek derecede uygun” sınıf tarımsal faaliyetlere en elverişli bölgeleri göstermektedir. Tarıma yüksek derecede uygun sınıf araştırma alanında (Şekil 3) oldukça dar bir alanı teşkil etmektedir. Bu alanlar araştırma alanında sınırlı olan alüvyon toprakların bulunduğu ve akarsuların çevresindeki dar bir sahayı kapsamaktadır. Araştırma alanı toprak özellikleri bakımından incelenecek olursa araştırma alanının %3'ünü alüvyal topraklar kaplarken toplamda yaklaşık %91'i kireçsiz kahverengi (%36) ve kahverengi orman (%55) toprakları ile kaplıdır (Şekil 2). Alüvyal topraklar, araştırma alanının en önemli akarsuyu olan Sakarya nehri boyunca görülürler. Bu toprak grubunun alanı Gölpazarı ovasında genişlemektedir (Şekil 2; Şekil 3). Ayrıca Pazaryeri Havzası'nın ve Osmaneli'nin çukur kısımlarında ve Bozüyük doğusunda da bulunmaktadır (Özgür, 1990 ve Şekil 3). Araştırma alanında tarıma yüksek derecede uygun alanlar ile alüvyal toprakların yaygınlık gösterdiği alan birbiri ile örtüşmektedir. Aynı zamanda bu alanlar eğimin ne çok düz ve düze yakın ne de çok dik olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Sınırlayıcı toprak özelliklerinin söz konusu alanlarda baskın olmaması da tarımsal açıdan uygun koşulları oluşturmaktadır.

Araştırma alanında tarıma “uygun” alanlar ise oldukça düşüktür. Çalışma alanında tarımsal uygunluk sınıflarının kapladıkları alan ve yüzdelerine baktığımızda en düşük alanı (%0,56) tarıma uygun alanlar teşkil etmektedir. Şekil 3 incelendiğinde tarıma uygun alanlar Pazaryeri Havzası'nın çukur kısımlarında yer almaktadır. Bilecik ili topraklarının büyük çoğunluğu ormanlarla kaplıdır. Zaten il arazisinde ova ile ifade edilecek düzlüklerin oranı %10'u bulmamaktadır (Yiğit, 2015). Ova olarak ifade edilen alanlar da büyük düzlükler halinde olmayıp, akarsular tarafından parçalanmış arazilerle

akarsu kenarlarındaki düzlüklerden meydana gelmektedir (Aygün, 1998). Bu sebeple Bilecik'te tarıma yüksek derecede uygun ve uygun alanların oldukça düşük olması araştırma alanının fiziki coğrafya özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Meşcere haritası ve Corine arazi örtüsü ile tarıma “yüksek derecede uygun” ve “uygun” alanlar birbiri ile kıyaslandığında mevcut ekili-dikili alanlar ile bu alanlar tam olarak birbiri ile örtüşmemektedir. Araştırma alanında tarıma “yüksek derecede uygun” alanlar, toplam alanın yaklaşık %3,83'ünü (148,07 km²) kaplamaktadır (Çizelge 6). Bu alanlara tarıma “uygun” araziler de (0,56 km²) eklendiğinde araştırma alanında toplam arazinin yaklaşık %5'inin tarımsal faaliyetler için uygun şartlar taşıdığı görülmektedir. Araştırma alanındaki ekili-dikili alanlar, “yüksek derecede uygun” ve “uygun” alanlara göre oldukça geniş yer kaplamaktadır.



Şekil 3. Bilecik tarıma uygunluk haritası

Araştırma alanında tarıma “düşük derecede uygun” alanlar tarımsal faaliyetler açısından kısmen elverişli alanları teşkil etmektedir. Tarıma yüksek derecede uygun ve uygun alanlarla kıyaslandığında daha geniş bir alan (%15) kaplamaktadır. Bu alanlar Gölpazarı ovası çevresinde, Bilecik merkezde, Bozüyük'ün doğu kesimlerinde, Söğüt ve İnhisar'ın çukur kesimlerinde yaygınlık göstermektedir.

Tarıma hiç uygun olmayan alanlar, özellikle Bozüyük ve çevresi ile Yenipazar çevresinde yer almaktadır. Bu alanlar, araştırma alanındaki diğer alanlarla kıyaslandığında yükseltinin daha fazla

olduğu, özellikle Bozüyük çevresinde tarımsal üretime uygun olmayan VI. sınıf arazilerin yaygınlık gösterdiği, erozyonun şiddetli olduğu ve sığ toprakların yaygınlık gösterdiği alanlara karşılık gelmektedir. Araştırma alanının büyük bir kısmını tarıma uygun olmayan alanlar teşkil etmektedir. Tarıma uygun olmayan alanlar araştırma alanında yaklaşık %73'lük bir orana sahiptir. Bu durum tabii ki araştırma alanının fiziki coğrafya şartlarından kaynaklanmaktadır. Araştırma alanının yarısından fazlası ormanlık alanlarla kaplıdır (Şekil 2). Çalışma alanında yükselti değerleri 64 metre ile 1861 metre arasında değişmektedir. Alanın sadece %1'i 300 metrenin altında, %6'sı 300 metre ile 600 metre arasında değişen yükseltilere sahip olmakla birlikte yaklaşık %93'ü ise 600 metrenin üzerinde yükseltilere sahiptir. Araştırma alanının yarısından fazlası yükseltisi 900 metreden fazla olan alanlara karşılık gelmektedir. Yükseltisi fazla olan araştırma alanında yükselti değerleri tarımsal uygunluğu belirlemede önemli bir kısıtlayıcı faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda çalışma alanının yaklaşık %5'i 8 derece altındaki eğim değerlerine ve yaklaşık %95'i 8 derecenin üstündeki eğim değerlerine sahiptir. Dolayısıyla arazinin büyük bir kısmı tarımsal üretim açısından uygun olmayan eğim değerlerine sahiptir. Yine çalışma alanında bakı yönü olarak da alanın yaklaşık %45'i kuzeyli yönlere (kuzey, kuzeybatı, kuzeydoğu) bakarken yaklaşık %35'i güneyli yönlere (güney, güneybatı, güneydoğu) hâkimdir. Arazi kullanım kabiliyet sınıfları açısından da araştırma alanında tarıma uygun I. II. III. IV. Sınıf araziler alanın %24'ünü kapsarken geri kalan kısmını tarımsal üretime uygun olmayan VI, VII ve VIII. Sınıf araziler teşkil etmektedir. Toprak özellikleri bakımından ise araştırma alanının %3'ünü alüvyal topraklar kapsarken toplamda yaklaşık %91'i kireçsiz kahverengi (%36) ve kahverengi orman (%55) toprakları ile kaplı olduğunu görülmektedir. Derinlik bakımından araştırma alanının yaklaşık %40'ı litozolik karaktere sahiptir. Tüm bu faktörler göz önüne alındığında Bilecik'te tarıma uygunluğu sınırlandıran asıl faktörün fiziki çevre koşulları olduğu anlaşılmaktadır.

Tarıma uygun ve yüksek derecede uygun alanlar araştırma alanında Gölpazarı, Pazaryeri ve Bozüyük ilçesinin kuzeyinde yer almaktadır. Bu alanlar sınırlayıcı toprak özelliklerinin olmadığı, erozyonun hiç olmadığı veya az-orta olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Yükseltinin 600 metre ile 900 metre arasında değiştiği tarıma uygun alanlarda eğim en fazla 5°'dir. Gölpazarı çevresinde sıcaklık 11,9-12,3°C; Bilecik ve Pazaryeri çevresinde ise 10,3-11,7°C civarındadır. Özellikle Gölpazarı çevresindeki tarıma uygun alanlar alüvyal toprakların bulunduğu alanlarla uyumluluk göstermektedir. Pazaryeri ve Bozüyük çevresinde ise kireçsiz kahverengi orman toprakları ile kahverengi orman toprakları yayılış göstermektedir. Arazi kullanım kabiliyeti açısından değerlendirildiğinde tarıma uygun ve yüksek derecede uygun alanlar I. ve II. sınıf arazilerin bulunduğu alanlarda daha iyi yayılış göstermektedir. Tüm bu fiziki unsurlar bir araya geldiğinde tarımsal üretim için optimal koşulların sağlandığı arazileri oluşturmaktadırlar.

Tarıma uygunluk analizinin arazi kullanımı ile karşılaştırılmasıyla çalışma alanındaki yanlış arazi kullanımları belirlenmiştir. Karşılaştırma sonucunda tarıma yüksek derecede uygun arazilerin büyük bir kısmını (%89) ekili-dikili alanlar teşkil etmektedir. Tarıma yüksek derecede uygun alanlar gibi uygun alanların da büyük bir kısmını (%94) ekili-dikili alanlar oluşturmaktadır. Tarıma düşük derecede uygun arazilerin %31,81'ini ekili-dikili alanlar teşkil ederken, bu alanların büyük bir kısmında (%58,72) ormanlık alanların kapladığı görülmektedir. Bu durum araştırma alanında zaten kısıtlı olan tarımsal açıdan uygun alanların yanlış arazi kullanımıyla daha da daralmasına ve yanlış politikalar uygulanmasına yol açmaktadır. Tarıma uygun olmayan ve hiç uygun olmayan alanlarda ekili dikili alanlarla kaplı olduğu analiz sonucunda tespit edilmiştir (Çizelge 7). Tarıma hiç uygun olmayan arazilerin yaklaşık %21'inde ve tarıma uygun olmayan arazilerin ise yaklaşık %35'inde ekili dikili faaliyetlerin yapıldığı görülmektedir. Tarıma hiç uygun olmayan alanların büyük bir kısmında (%48) ormanlık alanların varlığının olduğu görülmektedir.

Çizelge 7. Araştırma alanında tarıma uygun arazilerin güncel arazi örtüsü ile karşılaştırılması (%)

Uygunluk	Kentsel Alanlar	Beşerî ve Ekonomik Tesisler	Ekili Dikili Alanlar	Mera ve Otlaklar	Ormanlık Alanlar	Diğer Bitki Örtüsü	Diğer Alanlar	Su Kütleleri
Hiç Uygun Değil	3,50	1,09	21,27	2,40	47,55	23,02	0,15	1,02
Uygun Değil	0,23	0,95	34,71	2,48	38,38	23,25	0,00	0,05
Düşük Derecede Uygun	0,39	1,17	31,81	0,76	58,72	7,12	0,00	0,04
Uygun	0,00	1,01	94,09	0,00	2,98	1,97	0,00	0,00
Yüksek Derecede Uygun	1,41	1,83	89,03	0,84	2,95	2,81	0,28	0,84

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada AHS yöntemi ile Bilecik ilindeki tarımsal üretime uygun olan ve uygun olmayan alanların belirlenmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle çalışma alanındaki arazilerin amacına uygun kullanılıp kullanılmadığı, kendi kabiliyetleri ölçüsünde doğru değerlendirip değerlendirilmediği tespit edilmektedir. Tarımsal üretime uygun alanda faaliyetin sürdürülmesi birim alandan alınan verimi arttırıp daha sürdürülebilir bir üretim sağlayacağından oldukça önemli bir husustur. Çalışma alanında yapılan analizler sonucunda tarıma uygunluk açısından hiç uygun değil, uygun değil, düşük derecede uygun, uygun ve yüksek derecede uygun olmak üzere 5 uygunluk sınıfı oluşturulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda Bilecik'te tarıma uygun alanların oldukça sınırlı ve dar bir alanı kapladığı görülmektedir. İlin fiziki coğrafya özellikleri (yükselti, eğim, toprak özellikleri vb.) Bilecik'te tarıma yüksek derecede uygun ve uygun alanların oldukça sınırlı bir alan kaplamasına neden olmaktadır. Bu durumda Bilecik'te tarımsal amaçlı kullanılacak arazinin sınırlı olduğu sonucuna ulaşılabilmektedir. Çalışma alanında dar bir alanın tarıma elverişli olmasının yanında tarımsal üretime uygun alanların

%89'u; uygun alanların ise %94'ü ekili-dikili faaliyetlere ayrılmış durumdadır. Buradan tarımsal üretime uygun arazilerin amacına uygun olarak kullanıldığı sonucuna ulaşılabilmektedir.

Çalışma alanında tarımsal üretime uygun olmayan alanların %34'ü; hiç uygun olmayan alanların ise %21,27'si ekili-dikili faaliyetlere ayrılmış durumdadır. Bu hem verim hem de ekonomik kayba yol açmaktadır. Arazi üzerinde uygulanacak faaliyetlerde uygunluk sınıfları dikkate alınırsa hem araziler hem de faaliyetler için daha sürdürülebilir bir düzen oluşturmak mümkün hale gelecektir.

Arazinin sürdürülebilir bir şekilde kullanımında, mevcut arazinin kullanım özelliklerine göre değerlendirmesi önemlidir. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri destekli çalışmaların üretilmesi, hem mevcut arazi kullanımındaki doğru ve yanlışları tespit edip telafi etmek hem de gelecekteki arazi kullanımlarını tahmin edip yol göstermek açısından önem taşımaktadır. Çalışma alanında sınırlı olan tarıma uygun alanların değerlendirilmesinde arazi uygunluk sınıflarının göz önünde tutulması gerekmektedir. Mevcut kullanımda her ne kadar doğru bir karar verilmiş olsa da artan nüfus baskısı ve gelişen teknolojinin tarıma uygun alanlardaki bu üstünlüğü bozmasına izin verilmemelidir. Gerek yerleşime gerekse ekonomik büyümeye dayalı yeni yer talebinin karşılanması tarıma uygun alanların dışında gerçekleştirilmelidir. Arazi uygunluk sınıflarını göz önünde bulundurmanın yanı sıra mevcut tarımsal arazilerde birim alandan alınacak verimi arttıracak yöntem ve takviyelerden yararlanarak az olan tarımsal arazilerden optimum fayda sağlanabilir.

Çalışma alanında tarıma uygun ve yüksek derece uygun olan alanlar eğimin ve erozyonun az, sıcaklığın nispeten yüksek ve yağışın fazla olduğu alanlardır. Dolayısıyla bu alanlar yerleşim için de çekici alanları oluşturmaktadır. Bilecik ilinin artan nüfusu göz önüne alındığında zamanla yerleşecek alan ihtiyacından kaynaklı olarak bu alanların tahrip edileceği düşünülmektedir. Tarıma uygun alanlar, fiziki coğrafya koşullarından dolayı yerleşim için de uygun alanları oluşturmaktadır. Aynı zamanda Bilecik ilinin kara ve demiryolu bakımından önemli bir noktada bulunması, yeni yapılacak yollar için mevcut arazilerin kullanımını açık hale getirmektedir. Bu durum da uygun koşulları ancak sınırlı alanlarda sağlayan tarım arazileri için baskı oluşturmaktadır.



Determination of Suitability Areas for Agriculture: The case of Bilecik

Serpil Mentese*^a, Seda Koca^b

Submitted: 01.03.2022

Accepted: 06.07.2022

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

Land use suitability refers to the compatibility of the land and the activity to be carried out on that land. Regardless of the activity in question, the optimal use of available resources is of great importance for sustainability. Land use suitability analyzes consider many factors with a sustainable environmental understanding. Determining these factors is the most important step in land use suitability analysis (Al-Shalabi et al., 2006).

Land use suitability analyzes have to take into account the socio-economic characteristics of the land as well as its physical characteristics. Because it is essential to consider the effect of more than one factor in the structure of multi-criteria decision-making methods. Analytical Hierarchy Process (AHP) is frequently preferred in multi-criteria decision-making methods because it compares more than one factor hierarchically (Karabacak, 2021).

Agriculture has been the main type of economic activity for man since the Neolithic period. With the increasing population, the demand for food increases the pressure on areas that are not suitable for agriculture (Feizizadeh and Blaschke, 2013). In Turkey, especially after the 1950s, the increase in migration from the village to the city with the industrialization brought along the wrong land use. In addition to this, the yield decreases with the wrong product use and wrong agricultural techniques and policies in the existing agricultural lands. Since agricultural land suitability assessments are carried out in such a way that the yield to be obtained from the unit area is at the highest level, it is necessary for more sustainable activities both in terms of land-environment relationship and economically.

In this study, the Analytical Hierarchy Process method, which considers the interrelationship of more than one criterion, was used in order to perform the agricultural suitability analysis of Bilecik province. With this method, suitable and unsuitable areas for agriculture were determined.

* **Corresponding Author:** serpil.mentese@bilecik.edu.tr.

^a Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Science and Letters, Department of Geography, Bilecik/Türkiye, <http://orcid.org/0000-0002-9805-532X>.

^b Bilecik Şeyh Edebali University, Institute of Postgraduate Education, Department of Geography, Bilecik/Türkiye, <http://orcid.org/0000-0001-5616-6729>.

2. Methodology

2.1. Study area

The administrative borders of Bilecik province, which is located in the South Marmara part of the Marmara Region, constitute the study area. Bilecik province is located between 39° - 40° 31' N latitudes and 29° 43'-30° 41' E longitudes. Kütahya in the south of the province, Bursa in the west, Sakarya in the north and Eskişehir in the east are located. Bilecik, with an area of 4307 km², has 7 districts. Bilecik province is structurally a plateau consisting of high plains split by deep valleys (Aygün, 1998). While Sakarya River is the most important river of the province, Göynük Stream, Karasu Stream, Sarısu, Göksu and Hamsu Stream are other water resources. In Bilecik, mountainous areas constitute 32% of the province and plains 7% (Bilecik Governorship, 2022).

The average temperature of Bilecik according to the 1939-2020 observation period is 12.5 °C. The hottest month is August with an average of 28.6 °C; The coldest month is January with -0.3 °C. Total annual precipitation is 457.9 mm (General Directorate of Meteorology, 2022).

2.2. Material

In the study, 1/25000 scale digital topography maps obtained from the General Directorate of Maps were used. Slope, aspect and elevation maps were created through these maps. The digital soil map obtained from Bilecik Forest Management Directorate in 2021 was used for land use capability, large soil group, land use capability subclass, erosion, soil depth and limiting soil properties data. Temperature and precipitation data were obtained from Bilecik General Directorate of Meteorology in 2021. Stream data of the study area was obtained online from the official website of Copernicus Land Monitoring Service (Copernicus Land Monitoring Service, 2021a). The land cover map of the study area was also obtained online from Copernicus Land Monitoring Service and was cut and simplified according to the study area (Copernicus Land Monitoring Service, 2021b). All maps created in the study were prepared with ArcGIS 10.7 program.

2.3. Method

In the study, agricultural suitability analysis of Bilecik province was carried out by using the Analytical Hierarchy Process (AHP), which is one of the multi-criteria decision-making methods. The holistic evaluation of more than one parameter in the suitability classification was effective in the selection of this method. In addition, the hierarchical scoring of the parameters with disproportionate, contradictory and alternative sequences by the experts is another reason why the method is preferred. Experts scoring between parameters in this study consist of scientists from the departments of agricultural structures, biosystems engineering, field crops and plant protection. The parameters included in the scoring are large soil group, land use capability, land use capability subclass, soil depth, erosion, other soil characteristics (limiting features such as stoniness, salinity, alkalinity), elevation, slope, aspect, temperature, precipitation and main stream and 12 pieces, including the distance to the side arms.

The hierarchically scored parameters were first weighted and reclassified in the ArcGIS environment. In addition, a 5 kilometer buffer zone was created around the stream in the study area, and

a suitability map was prepared with weighted overlap analysis as the last step. Comparison of agricultural suitability classes and current land cover in the study area was carried out using the "tabulate area" tool in ArcGIS 10.7 software.

3. Result

In this study, which was carried out to determine the arable areas of Bilecik, it was previously stated that a 5 kilometer buffer zone was created around the stream due to the proximity to water factor, taking into account the agriculture-water relationship. For this reason, all analyzes were carried out in a 5 km buffer zone, in an area of 3865.65 km².

In the study, 12 main parameters were used to determine the agricultural suitability. Consistency ratios (CR) and random value index were calculated by normalizing 12 main parameters and their sub-parameters. The consistency index (CI) was calculated as 0.23. The random value index (RI) is 1.54. Consistency ratio (CR) calculated in line with these values was calculated as 0.01. If the obtained value is less than 0.10, it means that the criteria are consistent.

There are a total of 72 sub-criteria belonging to 12 main criteria in the study area. According to the scoring made on these criteria, the factor that affects the agricultural suitability the most in Bilecik is the large soil group with a weight of 0.23, the least affecting factor is the other (limiting) soil characteristics (Table 1).

Table 1. Criteria, sub-criteria and weights affecting agricultural suitability

Criteria	Weight	Sub Criteria	Weight	Criteria	Weight	Sub Criteria	Weight		
Large Soil Group	0,24	Alluvial S.	0,4408	Land Use Capability	0,17	I.class	0,3359		
		Brown S.	0,2199			II. class	0,2222		
		Colluvial S.	0,1451			III. class	0,2222		
		Limeless Brown S.	0,0938			IV. class	0,1155		
		Brown Forest S.	0,0603			VI. class	0,0475		
		Limeless Brown Forest S.	0,0402			VII. class	0,0331		
Land Use Capability Subclass	0,11	Soil insufficiency (stony, salinity, alkalinity)	0,5390			Erosion	0,11	VIII. class	0,0237
		Slope and erosion damage	0,2973					None or very little	0,5739
Depth	0,11	Wet, drainage disorder or flood damage	0,1638	Middle	0,2913				
		Deep (91+ cm)	0,5151	Severe	0,0903				
		Medium Deep (51-90 cm)	0,2771	Very Severe	0,0445				
		Shallow (21-50 cm)	0,1146	0-2	0,3506				
Temperature	0,05	Very Shallow (0-20 cm)	0,0557	2,1-5	0,2385				
		Lithosolic	0,0375	5,1-8	0,1615				
		10,3-11,3	0,0624	8,1-11	0,1101				
		11,3-11,7	0,0986	11,1-14	0,0764				
		11,7-11,9	0,1611	14,1-17	0,0402				
		11,9-12,3	0,2618	17+	0,0227				
Aspe	0,03	12,3+	0,4162	Precipitation	0,05	250>	0,0420		
		South	0,2913			250,1-300	0,0420		

Distance to Main Stream and Side Tributaries	0,03	Southeast	0,1882	Elevation	0,03	300,1-350	0,0954		
		South West	0,1882			350,1-400	0,1533		
		East	0,1216			400,1-450	0,2570		
		West	0,1216			450,1-500	0,2570		
		Northeast	0,0348			500+	0,1533		
		Northwest	0,0348			55-300	0,2829		
		North	0,0194			300-450	0,2016		
		1 km	0,4847			450-600	0,1410		
		2 km	0,2268			600-750	0,0959		
		3 km	0,1431			750-900	0,0959		
		4 km	0,0888			900-1050	0,0656		
		5 km	0,0566			1050-1200	0,0457		
		Other Soil Properties	0,02			Rocky	0,3939	1200-1350	0,0320
						Stony	0,2344	1350-1500	0,0227
						Insufficient drainage	0,1239	1500+	0,0168
Poor drainage	0,1239								
Slightly salty/poor drainage	0,1239								

The 3865,65 km² flowing area, where the agricultural suitability analysis was applied in the study area, is divided into 5 classes as not suitable for agriculture, not suitable, low level suitable, suitable and highly suitable. Areas that are “highly suitable” for agriculture cover an area of 148,07 km². “Suitable” areas are 21,81 km²; “Low suitable” areas cover 561,19 km²; “unsuitable” areas cover 2814,55 km², and “unsuitable” areas cover 320,03 km².

In the study area, "highly suitable" areas for agriculture are seen along the Sakarya River. In addition, it can be found in the Gölpazarı plain, in the hollow parts of Osmaneli and east of Bozüyük. Areas “suitable” for agriculture cover very narrow areas. Pazaryeri basin and the north of Söğüt are the main places where the lands in the class suitable for agriculture are seen. Areas that are "lowly suitable" for agriculture are located around the Gölpazarı plain, in the center of Bilecik, east of Bozüyük, and in the pits of Söğüt and İnhisar. Areas that are “not suitable at all” for agriculture are seen especially around Bozüyük and Yenipazar. These areas are higher in elevation compared to other classes and are not suitable for agricultural production VI. It corresponds to areas where there are class lands, where erosion is severe and shallow soils are common. As a matter of fact, a large part of the study area is unsuitable for agriculture.

Incorrect land uses were determined by comparing the agricultural suitability analysis with the existing land use in the study area. 89% of the areas highly suitable for agriculture are covered with cultivated areas. Similarly, 94% of the arable land is reserved for cultivated agricultural activities. However, 31.81% of the lands that are poorly suitable for agriculture and 21% of the lands that are not suitable for agriculture are used for agricultural activities. This is a situation that affects agricultural sustainability and leads to the implementation of wrong agricultural policies.

4. Conclusions and Discussion

In this study, agricultural suitability analysis was carried out in Bilecik with AHP. As a result of the analysis, it was concluded that the arable land in Bilecik covers a very narrow area. The physical geographical conditions of the province such as elevation, slope and soil characteristics affect the areas of agricultural suitability classes.

The fact that around 90% of the areas that are highly suitable and suitable for agriculture in the study area are reserved for cultivated activities indicates that the lands in this class are used in accordance with their purpose. However, the fact that 34% of the areas that are not suitable for agricultural production and 21% of the areas that are not suitable for agricultural production are reserved for cultivated activities leads to losses in terms of both yield and economy. Selecting activities according to the characteristics and capabilities of the land and considering the suitability classes in agricultural production will make it possible to create a more sustainable order both in terms of activity, land and socio-economic.

The lands that are classified as highly suitable and suitable for agriculture in the study area are also suitable for settlement due to their geographical conditions. These areas will be destroyed in order to meet the settlement needs of the population of Bilecik, which will increase over time. In addition, the fact that Bilecik is at an important point in terms of highways and railways makes the use of existing agricultural lands open for new roads. These situations pose a threat to arable land in limited areas throughout the province. Site selection for future socio-economic activities should be carried out in a way that takes into account suitability analyses. Because sustainability can only be achieved with the sustainable use of all the elements in the environment.

Referanslar/Referencs

- Abbaspour, M., Mahiny, A., Arjmandy, R., Naimi, B. (2011). Integrated approach for land use suitability analysis. *International Agrophysics*, 25 (4), 311-318.
- Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 557-576.
- Akıncı, H., Özalp, A. Y., Özalp, M. (2017). Investigating impacts of large dams on agricultural lands and determining alternative arable areas using GIS and AHP in Artvin, Turkey. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 5 (1), 83-95. doi: 10.15317/Scitech.2017.72.
- Akıncı, H., Özalp, A. Y., Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computer and Electronics in Agriculture*, (97), 71-82. doi:10.1016/j.compag.2013.07.006.
- Alevkayalı, Ç., Tağıl, Ş. (2020). Edremit Körfezi'nde tarımsal arazi kullanımı uygunluk düzeylerinin değerlendirilmesi. *Coğrafya Dergisi*, (40), 135-147. doi:10.26650/JGEOG2019-0028.
- Al-Shalabi, M. A., Mansor, S. B., Ahmed, N. B., Shiriff, R. (2006). *GIS Based Multicriteria Approaches to Housing Site Suitability Assessment*, XXIII FIG Congress, October 8-13, Germany.
- AL-Taani, A., Al-husban, Y., Farhan, I. (2021). Land suitability evaluation for agricultural use using GIS and remote sensing techniques: The case study of Ma'an Governorate, Jordan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 24 (1), 109-117. doi: 10.1016/j.ejrs.2020.01.001.
- Antoine, J., Fischer, G., Makowski, M. (1997). Multiple criteria land use analysis. *Applied Mathematics and Computation*, 83 (2-3), 195-215. doi:10.1016/S0096-3003(96)00190-7.
- Atalay, İ. (2006). *Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası*, İzmir: Meta Basım Matbaacılık.

- Aygün, K. (1998). *Bilecik Şehir Coğrafyası*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Fzbwv_hZrLnAXTwG-696yQ&no=Fzbwv_hZrLnAXTwG-696yQ adresinden edinilmiştir.
- Barati, A. A., Azadi, H., Dehghani Pour, M., Lebailly, P., Qafari, M. (2019). Determining key agricultural strategic factors using AHP-MICMAC. *Sustainability*, 11 (14), 3947. doi: 10.3390/su11143947.
- Beek, K. J. (1978). *Land Evaluation For Agricultural Development*. International Institute for Land Reclamation and Improvement/IRLI, 23, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/304728> adresinden edinilmiştir.
- Bilecik Valiliği, 2022. *Bilecik Coğrafi Yapı*, 16.02.2022 tarihinde <http://www.bilecik.gov.tr/cografi-yapi> adresinden edinilmiştir.
- Bozdağ, A., Yavuz, F., Günay, A. S. (2016). AHP and GIS Based Land Suitability Analysis for Cihanbeyli (Turkey) County. *Environment Earth Science*, 75 (9), 1-15. doi: 10.1007/s12665-016-5558-9.
- Çavuş, C. Z., Koç, T. (2015). Çanakkale Boğazı doğusunda arazi kullanım uygunluğunun yerleşme açısından analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 13 (1), 41–60. doi: 10.1501/Cogbil_0000000162.
- Çelikyay, S. (2005). *Arazi Kullanımlarının Ekolojik Eşik Analizi ile Belirlenmesi Bartın Örneğinde Bir Deneme*, Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, İstanbul. <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/handle/1/2271> adresinden edinilmiştir.
- Çelikyay, S., Cengiz, S., Görmüş, S. (2015). Coğrafi bilgi sistemleri ile Bartın ili'nin arazi kullanım uygunluk analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 17 (25), 73-81. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd/issue/15842/178827> adresinden edinilmiştir.
- Copernicus Land Monitoring Service (2021a). *Corine Land Cover*. 28.12.2021 tarihinde <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> adresinden edinilmiştir.
- Copernicus Land Monitoring Service (2021b). *EU-Hydro-River Network Database*. 20.11.2021 tarihinde <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-hydro/eu-hydro-river-network-database>. adresinden edinilmiştir.
- Dağlı, D., Çağlayan, A. (2016). Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: Melendiz Çayı havzası örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 66, 83-92. doi: 10.17211/tcd.28071.
- Danacıoğlu, Ş. (2017). *Bakırçay Havzası'nda Ekolojik Risk Karakterizasyonuna Dayalı Havza Yönetimi*. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Balıkesir. <https://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12462/3104> adresinden edinilmiştir.
- Dent, D., Young, A. (1981). *Soil Survey and Land Evaluation*. Boston: George Allen and Unwin.
- Erbesler Ayaşgil, T. (2020). Optimal peyzaj uygunluk analizi yöntemi: Anamur ilçesi örneği. *Megaron*, 15 (2), 332-342 doi: 10.14744/MEGARON.2020.52296
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemi. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10, 19-38. <https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=1993.pdf> adresinden edinilmiştir.
- FAO, (1976). A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin* No:32, Rome.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T. (2013). Land suitability analysis for Tebriz country, Iran: A multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56 (1), 1-23. doi:10.1080/09640568.2011.646964.
- Fu, Z., Li, Z., Zai, C., Shi, Z., Xu, Q., Wang, X. (2011). Soil thickness effect on hydrological and erosion characteristics under sloping lands: A hydrogeological perspective, *Geoderma*, 167-168, 41-53. ISSN : 0016-7061.
- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9 (3), 251-273. doi:10.1080/02693799508902036.
- Karabacak, K. (2021). Tarımsal arazi kullanım uygunluğu analizi: Lefkoşa (KKTC) örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (52), 312-331. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sufesosbil/issue/62198/882448> adresinden edinilmiştir.
- Karagiannidis A., Papageorgiou A., Perkoulidis G., Sanida G., Samaras P. (2010), A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: A case study for Central Macedonia, *Waste Management*, 30 (2), 251-262. doi: 10.1016/j.wasman.2009.08.015.
- Koca, S., Menteşe, S. (2021). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile tarıma uygun alanların belirlenmesi: Eskişehir örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30 (2), 321-335. doi: /10.51800/ecd.1001333.
- Lobo, D., Lozano, Z., Delgado, F. (2005). Water erosion risk assessment and impact on productivity of a Venezuelan soil, *Catena*, 64 (2-3), 297–306. doi: 10.1016/j.catena.2005.08.011.

- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, New York: John Wiley and Sons.
- Malczewski, J. (2004). GIS based land use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning*, 62, 3–65. doi: 10.1016/j.progress.2003.09.002.
- Malczewski, J. (2006). Integrating multi-criteria analysis and geographic information systems: The ordered weighted averaging (OWA) approach. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 6 (2), 7–19. doi: 10.1504/IJETM.2006.008251.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2022). *Bilecik İl ve İlçeler İstatistiği*. 16.02.2022 tarihinde <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=BILECIK> adresinden edinilmiştir.
- Myers, J. M., Alpert, M. I. (1968). Determinant buying attitudes: Meaning and measurement. *Journal of Marketing*, 32 (4), 13-20. doi: 10.1177/002224296803200404.
- Özcan, H. (1991). *Çukurova Bölgesi Narenciye Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Özgür, E. M. (1990). *Bilecik Coğrafyası*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara.
- Öztürk, D., Batuk, F. (2010). Konumsal karar problemlerinde analitik hiyerarşi yönteminin kullanılması. *Yıldız Teknik Üniversitesi Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, (28), 124-137. <https://eds.yildiz.edu.tr/ArticleContent/Journal/sigma/Volumes/2010/Issues/2/YTJENS-2010-28-2.33.pdf> adresinden edinilmiştir.
- Quoc, N. K., Prakash, I., Pham, B. T. (2019). Agricultural land suitability analysis for Yen Khe Hills (NgheAn, Vietnam) using analytic hierarchy process (AHP) combined with geographic information systems (GIS). *Indian Journal of Ecology*, 46 (3), 445-454.
- Saaty, T. L. (1977). *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-HillInc.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, New York: McGraw-Hill International.
- Saaty, T.L. (1990). An exposition of the AHP in reply to the Paper 'remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, (36), 259-268. <https://www.jstor.org/stable/2631947> adresinden edinilmiştir.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences* 1 (1), 83-98. doi:10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- Saya, Ö., Güney, E. (2014). *Türkiye Bitki Coğrafyası*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Saykılı, İ., Birdal, A., Türk, T. (2017). En uygun arazi kullanım planlarının CBS ile incelenmesi: Sivas ili Dikmencik köyü örneği. *Geomatik*, 2 (3), 126-134. doi: 10.29128/geomatik.322899.
- Soba, M., Şimşek, A., Erdin, E., Can, A. (2016). AHP temelli Vikor yöntemi ile doktora öğrenci seçimi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (50), 109-132. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpusbe/issue/26797/282643> adresinden edinilmiştir.
- Şahin, M. Toroğlu, E. (2020). Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) kullanılarak Pınarbaşı ilçesi (Kayseri) arazilerinin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (75), 119-130. doi:10.17211/tcd.798755.
- Wang, F. (1994). The use of artificial neural networks in a geographical information system for agricultural land-suitability assessment. *Environment and Planning A*, (26), 265-284. doi:10.1068/a260265.
- Wang H.S., Che Z.H., Wu, C. (2010). Using analytic hierarchy process and particle swarm optimization algorithm for evaluating product plan, *Expert Systems with Applications*, 37 (2), 1023–1034. doi:10.1016/j.eswa.2009.05.073.
- Yiğit, A. (2015). *Bilecik Tarihine Coğrafyanın Etkisi*. Uluslararası Tarihte ve Günümüzde Bilecik ve Çevresi Sempozyumu. Bilecik.<https://docplayer.biz.tr/62204509-Uluslararası-tarhte-ve-gunumuzde-sempozyumu-international-symposium-bilecik-and-its-surrounding-in-the-past-and-today.html> adresinden edinilmiştir.
- Zengin, M, Yılmaz, S. (2011). Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresi alan kullanımlarının belirlenmesi ve optimal alan kullanım önerileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (1), 43-54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunizfd/issue/2931/40548> adresinden edinilmiştir.