EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ENERJİ BİTKİSİ YETİŞTİRİLEBİLECEK ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ, UZAKTAN ALGILAMA VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ DESTEĞİ İLE TESPİTİ

Fulya Aydın

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hasan SARPTAŞ

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 21/12/2015

Bornova-İZMİR

2015

Fulya AYDIN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan "ENERJİ BİTKİSİ YETİŞTİRİLEBİLECEK ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ, UZAKTAN ALGILAMA VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ DESTEĞİ İLE TESPİTİ" başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi 'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 21/12/2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri: **İmza**

Jüri Başkanı : **Yrd. Doç. Dr. Hasan SARPTAŞ:**.....

Raportör Üye : Prof. Dr. Günnur KOÇAK.....

Üye : Doç. Dr. Orhan GÜNDÜZ:.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "ENERJİ BİTKİSİ YETİŞTİRİLEBİLECEK ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ, UZAKTAN ALGILAMA VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ DESTEĞİ İLE TESPİTİ" başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21 / 12 / 2015



Fulya AYDIN

ÖZET

ENERJİ BİTKİSİ YETİŞTİRİLEBİLECEK ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ, UZAKTAN ALGILAMA VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ DESTEĞİ İLE TESPİTİ

AYDIN, Fulya

Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hasan SARPTAŞ

21 Aralık 2015, 200 sayfa

Yapılan bu tez çalışmasında günümüzde enerji arzının yaklaşık % 86.5'ini oluşturan fosil kaynaklara alternatif olabilecek biyoyakıt hammaddesi dallı darının yetiştirilebileceği alanların CBS, AHP ve UZ-AL teknikleriyle belirlenmesi sağlanmıştır. Yer seçiminin yapılabilmesi için öncelikle eleyici kriterler (kısıtlar) ve faktörler belirlenmiş ve bu kriterlerin CBS ortamında değerlendirilebilmesi için farklı veritabanlarından veri temini yapılmış; ayrıca veri türetimi/oluşturma gerçekleştirilmiştir. Bu aşamadan sonra uygun sahaların tespit edilebileceği çok kriterli karar analiz modeli oluşturulmuş ve bu modelin çalıştırılacağı, farklı faktör uygunluklarına sahip 7 adet senaryo üretilmiştir. Her senaryoda kullanılacak modelde ise; (1) Eleyici kriterler çalışma sahasından çıkartılmış, (2) Faktörler, bulanık mantık modülü (FUZZY) ile dallı darı yetiştiriciliği için sahip oldukları uygunluk aralıklarına standardize edilmiş, (3) Faktörlerin bu yetiştiricilikteki önem dereceleri (ağırlıkları) uzman personellerin değerlendirmeleriyle oluşturulan AHP matrisleri ile hesaplanmış ve (4) Tüm bu basamakların ÇKKA modülüne (MCE) entegre edilmesiyle ağırlıklı çakıştırmanın yapılması sonucu sonuçlara ulaşılmıştır.

Çalışmada geliştirilen karar destek sistemi, 1.2 milyon ha'lık İzmir ilinde uygulanmış ve dallı darı yetiştiriciliğine uygun olmayan 624.023 ha'lık tarım ve 428.878 ha'lık orman alanları gibi sahalar elenerek (kısıtlanarak) 49.612 ha'lık tarım dışı alanlar (marjinal alanlar) belirlenmiştir. Kalan tarım dışı alanların faktör standardizasyonlarının ve ağırlıklarının ÇKKA'ya entegre edilmesi sonucu, 7 senaryoda farklı sonuç haritalarına ulaşılmıştır. Düşük yükseklik ve düşük eğim

aralığına sahip olan birinci senaryoda, yetiştiriciliğe orta ve üstü uygunluğa sahip alanlar yaklaşık 18.899 ha iken; yükseklik ve eğim aralığı diğer senaryolara göre fazla olan üçüncü senaryoda, bu alan değeri 28.484 ha'a çıkmıştır.

Çalışmada tespit edilen alanlar, dallı darının verimi ele alındığında, **şehrin yakıt ihtiyacının yaklaşık % 40'a yakınını karşılayabilecek büyüklüğe sahiptir.** Bu rakam özellikle ülkenin nüfus açısından üçüncü büyük şehri için çok önemli bir değerdir.

Bu çalışmada geliştirilen model, tüm kurum ve/veya kuruluşların, yöneticilerin, özel ve/veya tüzel kişilerin kullanabileceği ve yol gösterici bir özelliğe sahiptir. Burada gerçekleştirilen çalışma basamakları ve öneriler ise bu çalışmadan sonra yapılacak çalışmaları daha ileriye götürme niteliği taşımaktadır.

Anahtar sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Çok Kriterli Karar Analizi, Dallı darı, Uzaktan Algılama, Analitik Hiyerarşi Prosesi

ABSTRACT

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS), REMOTE SENSING AND ANALITIC HIERARCHY PROCESS (AHP) – BASED DETERMINATION OF SUITABLE SITES FOR ENERGY CROP CULTIVATION

AYDIN, Fulya

MSc in Solar Energy

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan SARPTAŞ

21 December 2015, 200 pages

In this thesis, suitable areas for switchgrass cultivation - what is one of the biofuel material and can be alternative energy source apart from fossil fuels- via GIS, AHP and RS techniques. To make a decision for cultivation areas, first of all, the constraints and factors were identified and created widely database with obtained and producted data. Then the comprehensive multi-criteria decision analysis model was created and used for seven scenarios with variable factor suitability intervals. In this model for all scenarios; (1) Constraints were eliminated from whole working area, (2) Factors were standardized with FUZZY logic method to normalize the factor's suitability intervals for switchgrass cultivation, (3) All factor's weights were calculated with AHP matrix, what were created with specialists and (4) All these steps were integrated to MCE module and results were obtained via weighted overlay in MCE.

Developed criteria evaluation model was applied in 1.2 million hectares of İzmir. In this area, all agricultural areas (624. 023 ha) and forested areas were constrained; thus marginal areas (49.612 ha-non-agricultural area) were determined. In these marginal areas, factor standardisation and factor weighting were integrated to MCE; thus the results were obtained in seven variable scenarios. In the first scenario (low elevation and slope values existed), the areas between middle and high suitability to cultivation were calculated as 18.899 ha. In the other

third scenario (high evaluation and slope values existed), the areas between middle and high suitability to cultivation were calculated as 28.484 ha.

When the switchgrass yield is tackled, the determined areas can supply approximately 40 % of all the fuel-oil demand of the city. This value is very significant for the İzmir, what is the third populous city of the Turkey.

The developed model in this thesis can be useful for decision makers, managers and institutions. The model steps and results and recommendations have also very important qualification to bring forward all future works about this subject.

Keywords: Geographic Information Systems, Multi Criteria Evaluation, Switchgrass, Remote Sensing, Analytic Hierarchy Process

TEŞEKKÜR

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamlanmış olan bu tez çalışması süresince; bana moral veren ve çalışma tempoma sabır gösteren tüm arkadaşlarıma, desteklerini esirgemeyip güleryüzleri ve esprileri ile hep mutluluk veren, iyi ve kötü anlarda hep yanımda olan başta A. Koray Erdinç, Merve Hergün ve Hakan Bozkurt olmak üzere tüm lisansüstü arkadaşlarıma/meslektaşlarıma, yüksek lisans eğitimim süresince biyokütle enerjisini bana deneylerle tanıtan A. Gül Özdingiş, Özben Ersöz ve Şefik Arıcı uzman ve araştırma görevlisi büyüklerime ve sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet Eryaşar'a, desteklerini hissettiren tüm enstitü çalışanlarımıza ve başta enstitü müdürüm sayın Prof. Dr. Günnur Koçar olmak üzere tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Lisans eğitimimde tanıma şansına eriştiğim ve mezun olduktan sonra da manevi destekleriyle bana azim veren Ege Üniversitesi Fizik Bölümü'nden, Prof. Dr. A. Doğan Demirhan ve Prof. Dr. Fevzi Büyükkılıç hocalarıma bana bu eşsiz disiplini sağladıklarından dolayı en derin şükranlarımı sunarım.

Eğitim hayatım boyunca bana hem maddi hem de manevi sponsorluk yapan, moral aşılayan, tüm zorlu anlarımda yanımda olan, sabırlarını esirgemeyen ve en önemlisi, bu engin keşif okyanusunda bana sal, kutup yıldızı ve kürek olan, başta arazi çalışmalarımda benimle tarla tarla gezip engin bitki bilgilerini paylaşan canım babam Nedim, araştırdığım alanlara ilgi duyup bana merakla sorular soran canım annem Zayde ve biricik kardeşim keşif macerası ortağım Mert Aydın olmak üzere tüm aileme en içten teşekkürleri bir borç bilirim.

Enstitüye başladığım ilk dönemde bir fizikçinin hangi alanda daha mutlu ve yetenekli olacağını görerek beni CBS ve UZ-AL konularıyla tanıştıran, bu konulardaki bütün bilgi ve tecrübelerini büyük bir içtenlikle paylaşan, yeni fikirler sunduğumda beni sabır ve ilgiyle dinleyen, benim için her zaman ayıracak vakti olan, bana yeni çalışmalar için ilham ve sorumluluk veren, üzerimdeki emeğini hep hissettiğim ve öğrencisi olmaktan dolayı mutluluk duyduğum sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hasan Sarptaş'a bu çalışmada ve önceki çalışmalarda yapmış olduğu tüm katkılardan, bitmeyen sabrından, ilham veren engin fikirlerinden ve önerilerinden dolayı en derin saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Fulya AYDIN

İZMİR, 2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vii

ABSTRACT ix

TEŞEKKÜR xi

ŞEKİLLER DİZİNİ xvi

ÇİZELGELER DİZİNİ xxv

SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ xxviii

1. GİRİŞ 1

2. TEORİK BİLGİ 8

2.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) 8

2.2 Uzaktan Algılama (UZ-AL) 13

2.3 Yer Seçimi ve CBS Destekli Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) 23

2.3.1 Kriterler: Kısıtlar ve faktörler 28

2.3.2 Faktör standardizasyonu: FUZZY bulanık mantık tekniği 29

2.3.3 Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) 32

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 36

4. MATERYAL VE YÖNTEM 43

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.1 Yer Seçimi İçin İzlenen Yöntem 43

4.2 Model Enerji Bitkisi: Dallı Darı (Switchgrass) 45

4.3 Yer Seçimi Kriterleri 50

4.3.1 Toprak kriterleri 50

4.3.2 Jeomorfolojik Kriterler 51

4.3.3 İklimsel Kriterler 52

4.3.4 Arazi Kullanımı 53

4.4 CBS ve UZ-AL Analizleri İçin Kullanılan Yazılımlar 64

4.5 Çalışma Yöntemi 64

5. ÖRNEK ÇALIŞMA 71

5.1 Çalışma Bölgesi: İzmir 71

5.2 Yer Seçimi Kriterleri 72

5.3 Veritabanının Oluşturulması 73

5.3.1. Veri Temini 78

5.3.2. Veri Oluşturma 87

5.4 Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) Modelinin Oluşturulması 107

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.4.1 Kısıtların çalışma alanından çıkarılması 107

5.4.2 Fuzzy faktör standardizasyonu 115

5.4.3 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile faktör ağırlıklandırma 137

6. BULGULAR VE TARTIŞMA 139

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 183

KAYNAKLAR DİZİNİ 190

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil Sayfa

1.1 Dünya nüfusunun değişimi (1950-2015) ve gelecek projeksiyonu 1

1.2 Dünya nüfusunun ve enerji tüketiminin karşılaştırılması. 2

1.3 Orman alanlarının yerleşim alanı açmak için talan edilmesi. 4

1.4 Gıda bitkilerinin enerji hammaddesi olarak kullanımını eleştiren bir karikatür 5

2.1 CBS'de veri türleri. 10

2.2 CBS'de veri türlerini gösteren diyagram 11

2.3 Raster ve vektör veri modelleri 12

2.4 Dünyadaki elektrik üretiminin ülkelere göre dağılımı 13

2.5 Elektromanyetik enerji ve uydu arasındaki ilişki 14

2.6 Birleşik Devletler Jeoloji Dairesi'nin (USGS) geliştirdiği LANDSAT adını taşıyan 7 ve 8. uydularına ait bant grafiği 16

2.7 LANDSAT 8 uydusunun 433-453 nm'lik dalgaboyu aralığına ait görüntüsü (LANDSAT 8 Bant 1-Aerosol bandı). 17

2.8 Yeniden örnekleme tekniklerine ait görseller. 20

2.9 Kontrast iyileştirme tekniği. Soldaki resim iyileştirilmemiş görüntüyü, sağdaki resim ise kontrast iyileştirmesi yapılmış görüntüyü temsil etmektedir. ... 21

2.10 Görüntü histogramında yapılan genişletme. 22

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

2.11 Düşük geçirgenli filtre örneği. 23

2.12 Yüksek geçirgenli filtre..... 23

2.13 Kısıt haritası.. 28

2.14 Klasik mantık ve bulanık mantığın şekilsel gösterimi..... 30

2.15 Faktör verilerin bulanık mantık ile standardize edilmesi..... 31

2.16 Bulanık Mantık sonucu elde edilen uygunluk aralığı. 32

2.17 ABD'de içecek tüketimi ile ilgili AHP matrisi ve matrisin hesaplanması ile elde edilen kriter önem değerleri. 34

2.18 Dallı darı bitkisi…… 46

2.19 Land Institute'de sergilenen Dallı darı bitkisinin kök sistemi. 47

4.1 Yer seçimi basamakları. 45

4.2 Yöntem diyagramı. 65

4.3 TerrSet ortamında bulunan Macro Modeler'da tasarlanmış FUZZY modellemesi. 68

4.4 TerrSet Macro Modeler'da tasarlanan OVERLAY modellemesi. 68

4.5 ÇKKA modülünün oluşturulması. 69

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

4.6 Her senaryo için kullanılacak MCE modülünün, "Spatial Decision Modeler" modelinde gösterimi. 70

5.1 İzmir ili yerbulduru haritası 71

5.2 Temin edilen ve oluşturulan* veriler. 77

5.3 pH verisinin gösterimi. 78

5.4 TKM (BD) verisinin gösterimi. 79

5.5 TOK (SOC) verisinin gösterimi. 79

5.6 Sayısal Yükseklik Modeli. 80

5.7 WorldClim'den elde edilen (a) Mart ayı ortalama sıcaklığı (°C), (b) Mart ayına ait minimum sıcaklık (°C) ve (c) Mart ayı yağış miktarı (mm). 82

5.8 TerrSet ortamında gerçekleştirilen işlemler. 86

5.9 LANDSAT 8 uydusuna ait bantlar (1). 86

5.10 LANDSAT 8 uydusuna ait bantlar (2). 86

5.11 LANDSAT 8 uydusuna ait bantlar (3). 87

5.12 Eğim verisi. 87

5.13 Dallı darının sıcaklık ve yağış değerlerine göre yetişme koşulları (Grafik tabanı, Eitzinger vd.'den alınmıştır, 2015). 90

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

5.14 İncelenecek pikselin yakınlaştırılmış görüntüsü. 91

5.15 İncelenen pikselin iklimsel uygunluk katsayısı (0.55). 98

5.16 TerrSet yazılımda bulunan "İklim Değişikliği Adaptasyon Modellemesi" içinde gömülü "Bitki Sürdürülebilirliği Modülünün" görünümü. 99

5.17 Türkiye genelinde belirlenen, dallı darı bitkisine ait **iklimsel uygunluk** haritası. 100

5.18 Jeoreferanslanmış altlık paftaların ArcGIS ortamında birleştirilmesi. 101

5.19 Jeoreferanslanan ve birleştirilen paftaların İzmir il sınırına göre kesilmesi. 102

5.20 Çevre Planı'na ait lejant. 103

5.21 İzmir iline ait temsili bir bölgede gerçekleştirilen sayısallaştırma işlemi (1). 104

5.22 Sayısallaştırma aşaması devamı (2). 104

5.23 Sayısallaştırma aşamalarından biri (3). 105

5.24 Sayısallaştırma sonucu üretilen İzmir ili arazi kullanım sınıfları. 105

5.25 Üç landsat paftasının birleştirilmesiyle oluşturulmuş mozaik görüntü. 106

5.26 Birleştirilen bantların il sınırına göre kesilmesi. 106

5.27 İzmir ilinin doğal renk görüntüsü. 107

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

5.28 Kısıtların elenmesi (1).....109

5.29 Kısıtların elenmesi (2).....110

5.30 Kısıtların elenmesi (3).....110

5.31 Kısıtların elenmesi (4).....111

5.32 Kısıtların elenmesi (5).....111

5.33 Kısıtların elenmesi (6).....112

5.34 Kısıtların elenmesi (7).....112

5.35 Kısıtların elenmesi (8).....113

5.36 Kısıtların elenmesi (9).....113

5.37 Kısıtların elenmesi (10).....114

5.38 Kısıtların elenmesi (11).....114

5.39 10 hektardan küçük alanların kısıtlanması sonucu kalan alanlar. 115

5.40 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları 117

5.41 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 118

5.42 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.....119

5.43 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları. 120

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

5.44 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 121

5.45 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması. 122

5.46 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları. 123

5.47 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 124

5.48 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması. 125

5.49 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları. 126

5.50 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 127

5.51 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması. 128

5.52 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları. 129

5.53 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 130

5.54 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması. 131

5.55 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları. 132

5.56 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 133

5.57 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması. 134

5.58 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları. 135

5.59 FUZZY standardizasyonu sonuçları. 136

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

5.60 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması. 137

5.61 Çalışma için oluşturulan birinci AHP matrisi. 137

5.62 Çalışma için oluşturulan ikinci AHP matrisi. 138

6.1 Senaryo-1'e ait sonuç haritası. 140

6.2 Senaryo-1'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1). 140

6.3 Senaryo-1'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2). 141

6.4 Senaryo-1'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3). 141

6.5 Senaryo-2'ye ait sonuç haritası. 142

6.6 Senaryo-2'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1). 143

6.7 Senaryo-2'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2). 143

6.8 Senaryo-2'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3). 144

6.9 Senaryo-3'ün sonuç haritası. 145

6.10 Senaryo-3'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1). 145

6.11 Senaryo-3'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2). 146

6.12 Senaryo-3'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3). 146

6.13 Senaryo-4'e ait sonuç haritası. 147

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

6.14 Senaryo-4'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1)..... 148

6.15 Senaryo-4'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2)..... 148

6.16 Senaryo-4'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3)..... 149

6.17 Senaryo-5'in sonuç haritası..... 150

6.18 Senaryo-5'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1)..... 150

6.19 Senaryo-5'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2)..... 151

6.20 Senaryo-5'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2)..... 151

6.21 Senaryo-6'ya ait sonuç haritası. 152

6.22 Senaryo-6'ya ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1)..... 153

6.23 Senaryo-6'ya ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2)..... 153

6.24 Senaryo-6'ya ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3)..... 154

6.25 Senaryo-7'nin sonuç haritası..... 155

6.26 Senaryo-7'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1)..... 155

6.27 Senaryo-7'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2)..... 156

6.28 Senaryo-7'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3)..... 156

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil Sayfa

6.29 218 hektarlık poligon 1'e ait görüntü..... 159

6.30 Senaryo-2 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar. 162

6.31 Senaryo-3 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar. 167

6.32 Senaryo-4 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı sahalar. 169

6.33 Senaryo-5 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı sahalar. 174

6.34 Senaryo-6 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar. 177

6.35 Senaryo-7 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar. 181

6.36 5 uygunluk sınıfının sahip olduğu alanların büyüklükleri. 182

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo Sayfa

2.1 AHP matrisi oluşturulurken kullanılan nümerik değerler ve anlamları..... 33

4.1 Toprak pH değerleri..... 50

4.2 İncelenen saha uygunluğu çalışmaları ve çalışmaların ele aldığı kriterler .. 55

4.3 Çalışmada kullanılan CBS ve UZ-AL yazılımları..... 64

5.1 Dallı darı yetiştiriciliğine yönelik yer seçimini etkileyen değişkenler ve kriterler..... 72

5.2 Çalışmanın niteliğine uygun olan veriler ve bu verilerin tespiti için araştırılan veri tabanları..... 73

5.3 Elde edilen veya oluşturulan verilerin listesi. 76

5.4 Aster GDEM veritabanında bulunan DEM verilerine ait özellikler..... 80

5.5 Projeksiyonsuz altlık paftalar 82

5.6 LANDSAT 8 uydusuna ait bilgiler..... 85

5.7 Panicum virgatum/Switcgrass'a ait ECOCROP veritabanı 89

5.8 İncelenen pikselin tmin, tort ve ytop değerleri..... 91

5.9 Çevrim uzunluğu. 92

5.10 Sıcaklık uygunluk yüzdelerinin bulunması için gerekli koşullar. 93

5.11 Yağış uygunluk yüzdelerinin bulunması için gerekli koşullar..... 94

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo Sayfa

5.12 Çevrimler ve çevrimlerin sıcaklık, yağış ve iklimsel uygunluk yüzdeleri... 95

5.13 Paftaların jeoreferanslanması için gerekli olan koordinat sistemi ve datum bilgisi. 101

5.14 Çalışmada kullanılan kısıtların listesi. 108

5.15 Senaryo-1 için belirlenen uygunluk aralıkları. 115

5.16 Senaryo-2 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları. 119

5.17 Senaryo-3 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları. 122

5.18 Senaryo-4 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları. 125

5.19 Senaryo-5 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları. 128

5.20 Senaryo-6 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları. 131

5.21 Senaryo-7 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları. 134

5.22 Şekil 5.63 ve Şekil 5.64'deki matrislerin ağırlıklarının hesaplanması ve geometrik ortalamalarının alınması. 138

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo Sayfa

6.1 Senaryo-1'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri……..157

6.2 Senaryo-2'ye ait uygun sahalar ve saha bilgileri..... 160

6.3 Senaryo-3'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri. 163

6.4 Senaryo-4'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri. 168

6.5 Senaryo-5'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri. 170

6.6 Senaryo-6'ya ait uygun sahalar ve saha bilgileri..... 175

6.7 Senaryo-7'ye ait uygun sahalar ve saha bilgileri..... 178

SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
Cl	Klor
CO_2	Karbondioksit
Cu	Bakır
K	Potasyum
N	Azot
Na	Sodyum
Mo	Molibden
P	Fosfor
PEPc	Fosfenol pürivik karboksilaz
RuBisCO	Rubiloz-1,5-bifosfat karboksilaz/oksijenaz
S	Sülfür
SO_4	Sülfat

Kısaltmalar	Açıklamalar
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AİBÜ	Abant İzzet Baysal Üniversitesi
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ALMANAC	Agricultural Land Management Alternatives with Numerical Assessment Criteria
ANP	Analytic Network Process
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BD	Bulk Density
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CSP	Concentrated Solar Power
ÇKKA	Çok Kriterli Karar Analizi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DCW	Digital Chart of the World
DEM	Digital Elevation Model
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAO	Food and Agriculture Organization

Kısaltmalar	Açıklamalar
FLOWA	FUZZY Logic Ordered Weight Averaging
GIS	Geographic Information Systems
HWSD	Harmonised World Soil Database
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ISSCAS	Institute of Soil Science – Chinese Academy of Sciences
JRC	Joint Research Centre
KTMP	Bitkinin öldüğü sıcaklık
KRDAE	Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
MCE	Multi Criteria Evaluation
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIMA	National Imagery and Mapping Agency
NRCS	Natural Resources Conservation Service
NREL	National Renewable Energy Laboratory
OSB	Organize Sanayi Bölgesi

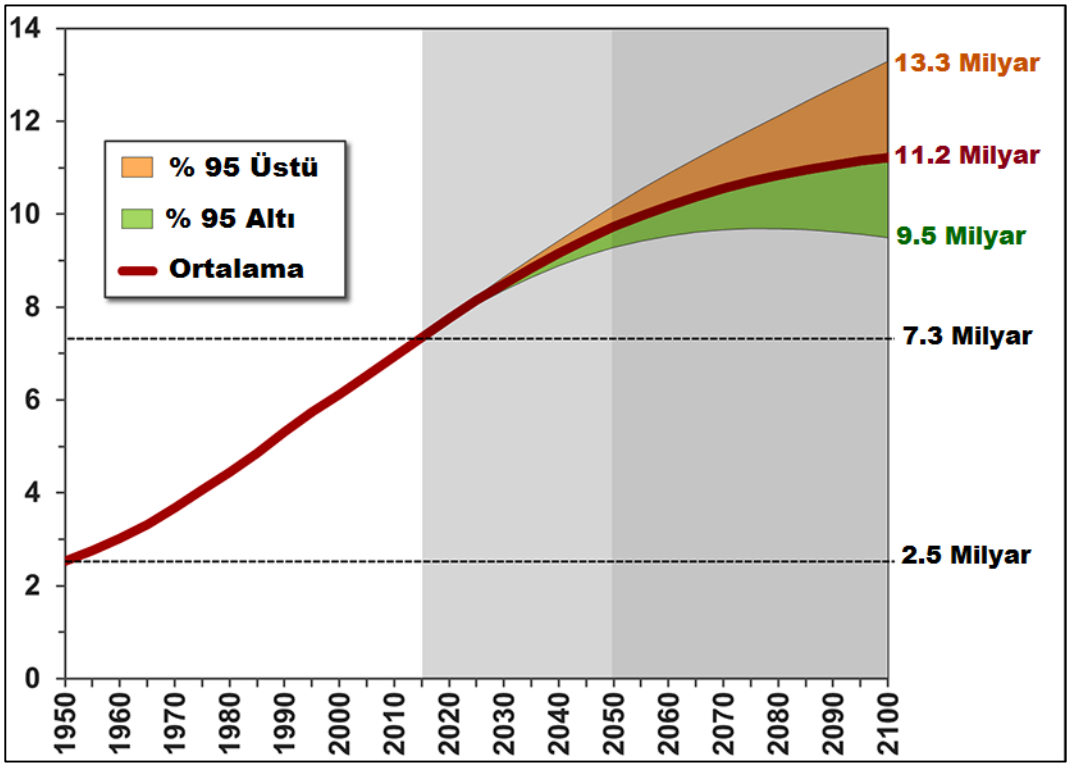
Kısaltmalar	Açıklamalar
pH	Power of Hydrogen
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	Rüzgar Enerjisi Santrali
YMAK	Maksimum yağış miktarı
YMIN	Minimum yağış miktarı
YOPMAK	Optimal maksimum yağış miktarı
YOPMIN	Optimal minimum yağış miktarı
SOC	Soil Organic Carbon
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TC	Türkiye Cumhuriyeti
TKM	Toprak Kuru Madde
TOK	Toprak Organik Karbon
TOPMIN	Optimal minimum sıcaklık
tmin	Minimum sıcaklık verileri
TMIN	Bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık
TMAK	Bitkinin büyümeyi durdurduğu maksimum sıcaklık

Kısaltmalar	Açıklamalar
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TOBB	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TOPMAK	Optimal maksimum sıcaklık
TUJK	Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
tort	Aylık sıcaklık verilerinin ortalamasına ait veri
TSB	Teknolojik Sera Bölgesi
USDA	United States Department of Agriculture
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
UZ-AL	Uzaktan Algılama
WGS	World Geodetic System
yag	Aylık toplam yağış miktarı verisi

Birimler	Açıklamalar
C	santigrat
cm	santimetre
cm³	santimetreküp
º	derece
dS	desisiemens
g	gram
ha	hektar
kg	kilogram
km	kilometre
m	metre
mm	milimetre
m³	metreküp

1. GİRİŞ

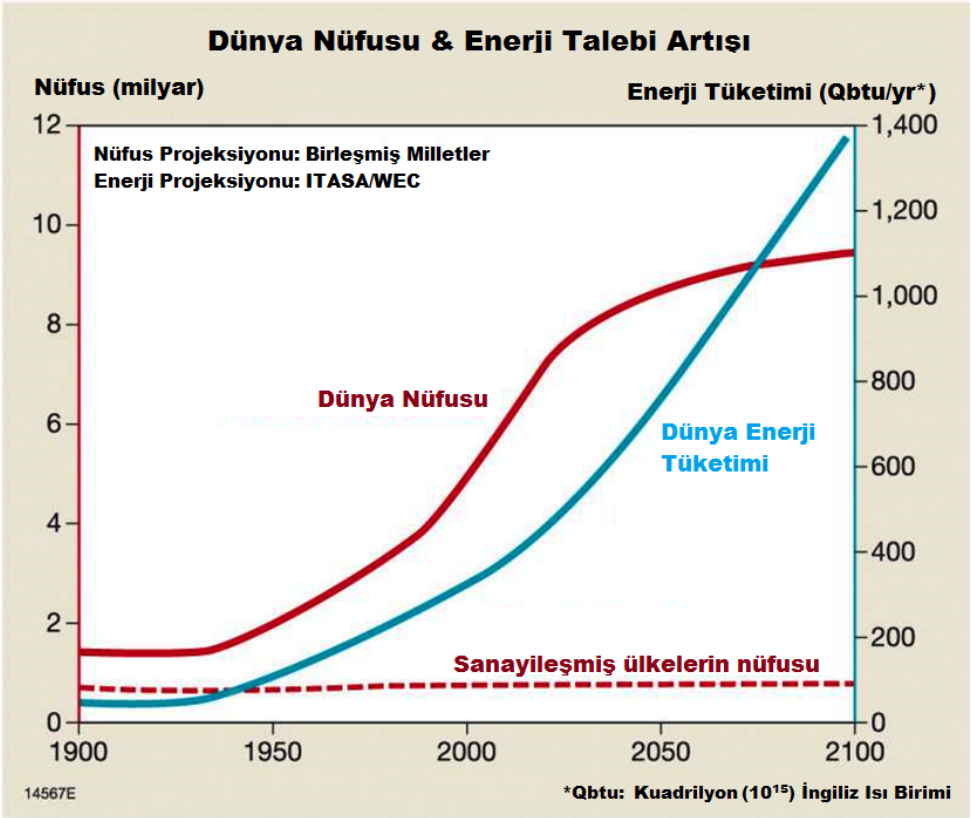
Günümüzde dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli zorluklardan/sorunlardan biri gün geçtikçe artan enerji talebinin hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir olarak karşılanamamasıdır. Gezegenimizde meydana gelen hızlı nüfus artışı (Şekil 1.1) (Heilig, 2015), sanayileşme ve değişen yaşam standartları enerji tüketimini/ihtiyacını ciddi düzeyde arttırmıştır (Gizlenci ve Acar, 2008; Kapluhan, 2014; Heilig, 2015).



Şekil 1.1 Dünya nüfusunun değişimi (1950-2015) ve gelecek projeksiyonu (Heilig'ten 2015).

1800'lü yıllarda elektriğin ticarileşmesi ile başlayan enerji ihtiyacı uzun yıllar boyunca kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlarla karşılanmıştır (Lynas, 2009). Günümüzde bu kaynaklar, dünya enerji arzının %86.5'ini oluşturmaktadır (Petrol %36.5, kömür %27, doğalgaz %23) (Gore, 2009). Tüm bu kullanıma rağmen yakın zamanda fosil kaynaklardan enerji üretimi ile ilgili şu üç önemli konunun üzerinde daha fazla durulmaktadır:

Birincisi, fosil yakıtların sonlu oluşudur (Mackay, 2009; Gore, 2009; Sagan, 2011; Karaca, 2013). Enerji üretimini domine eden bu kaynakların oluşum yani yenilenme süreci oldukça yavaştır (Sagan, 2011). Bu yenilenme süreci ise hızla artan nüfus ve sanayileşmenin talebine giderek cevap verememektedir (Gizlenci ve Acar, 2008; Lynas, 2009; Kapluhan, 2014). Yeni rezervler elbette bulunmaktadır (Kuzey Denizi, Antarktika gibi el değmemiş alanlar); fakat bu rezervlerin çıkarılma maliyeti ve çevreye verdiği zararlar giderek artmaktadır. Bu durum fosil bazlı enerjinin giderek pahalanmasına sebep olacaktır (Gore, 2009). Şekil 1.2'de nüfusun ve enerji tüketiminin gelecekte nasıl artacağına dair grafik verilmektedir.



Şekil 1.2 Dünya nüfusunun ve enerji tüketiminin karşılaştırılması, www.diercke.com.

İkincisi, enerji güvenliğidir. Fosil yakıtlar dünyanın herhangi bir yerinde bulunmuş ve kullanılabilir olsa da, lokalize olan bu kaynakların temini, kaynağın bulunduğu ülkeye bağımlı olmayı gerektirir (Mackay, 2009; Erdal ve Karakaya, 2012; Kışlalıoğlu ve Berkes, 2012). Enerji temininde dışa bağlı olmak ise herhangi bir kaynak temini probleminde (savaş, terör, ikili anlaşmazlıklar, ekonomik kriz vb.), ülkelerin negatif sonuçlar yaşamasına sebep olabilir (Kapluhan, 2014).

Üçüncüsü ise fosil yakıtların iklim değişikline sebep olabilecek muhtemel etkilerinin olmasıdır (Mackay, 2009). Sanayi devriminden bu yana bazı ülkelerin hızlı gelişimleri sırasında aşırı miktarda kullandığı fosil kaynaklar, günümüzde etkisi hissedilebilir değişikliklere sebep olmuştur.

Fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan CO_2, bir sera gazıdır (Sagan, 2011; Warner, 2015). Dünya için önemli bir sera gazı olan CO_2, tıpkı diğer sera gazları gibi yeryüzünden yansıyan kızılötesi ışınları tutarak atmosferi ısıtır ve böylece Dünya yaşanabilir bir sıcaklığa kavuşur (bu etki olmasaydı -18ºC; olduğu için +15ºC) (Denhez, 2007; Houghton, 2009; Maslin, 2011; Warner, 2015). Ancak bu gazların –özellikle toprakta hapsolmuş karbonun- atmosfere salınması ile sera gazı miktarının artması, ışınların daha çok tutulmasına ve dünyanın daha çok ısınmasına sebep olur (Denhez, 2007; Houghton, 2009). Svante Arrrhenius'un, 1896 yılında fosil yakıtların önemli bir CO_2 kaynağı olduğunu tespit etmesine rağmen (Houghton, 2009; Maslin, 2011); giderek daha çok kullanılan fosil yakıtların oluşturduğu bu etki, günümüzde bu kaynaklardan hiç yararlanmamış toplumların dahi büyük ölçüde etkilendiği negatif değişikliklere sebep olmaktadır. Çünkü atmosferik etkiler küreseldir ve tüm dünyayı etkiler.

Şunu belirtmekte yarar vardır ki; atmosferdeki CO_2 biyosfer ve okyanuslardan da kaynaklanmaktadır. Fakat fosil yakıtlar yakılmadan önce oluşan bu CO_2, doğal güçlerle (ormanlar, okyanus, toprak vb.) bir denge halindeydi. Günümüzde ise bu denge bozulmuştur (Mackay, 2009). Artan nüfus ve sanayileşme nedeniyle elektrik enerjisine ihtiyaç artmıştır. Bu sebeple, çokça tercih edilen fosil yakıtlar kullanılmış ve atmosferde başta CO_2 olmak üzere sera gazı miktarı artmıştır (Maslin, 2011). Buna ek olarak önemli karbon tutucularından olan ormanların yeni tarım ve yerleşim alanı açmak için yok edilmesi de bu dengenin yeniden kurulmasına engel olmaktadır (Şekil 1.3) (Duru, 2002; Joint Liaison Group of the Rio Conventions, 2008).

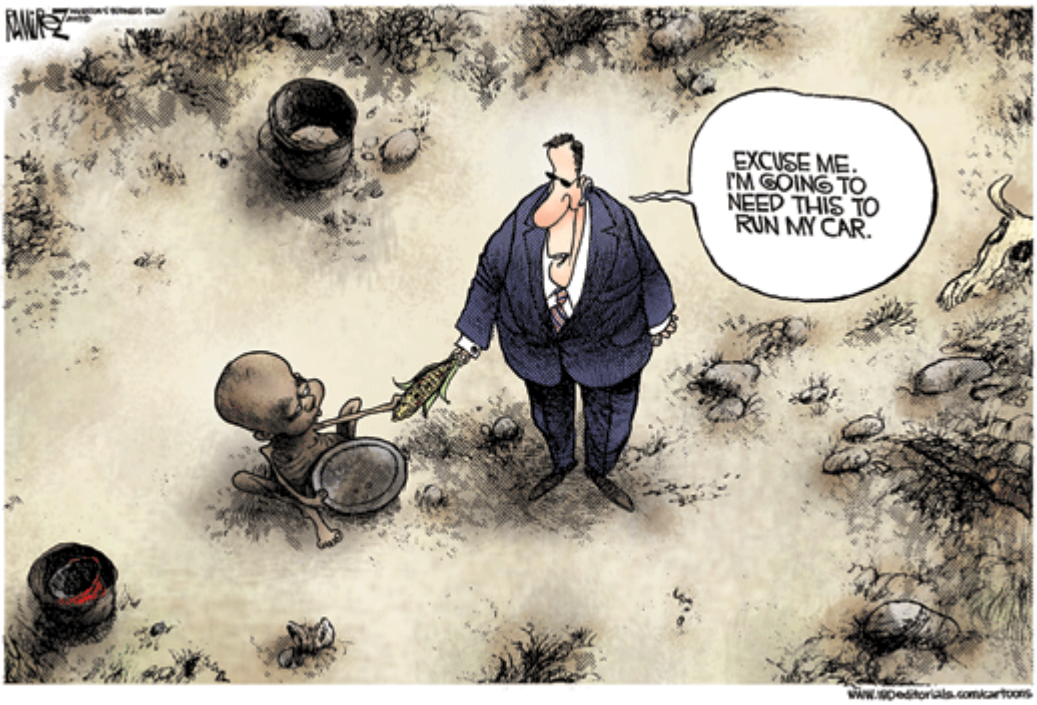


Şekil 1.3 Orman alanlarının yerleşim alanı açmak için talan edilmesi, http://arsiv.ntv.com.tr/news/472517.asp.

Yukarıda bahsedilen bu üç konu ile ilgili yapılan kısa açıklamalar, günümüzde fosil bazlı yakıtlardan; yenilenmesi kısa zaman alan, sürdürülebilir ve fosil kaynaklar gibi fazla CO_2 açığa çıkarmayan kaynaklara dönülmesini gerekli kılmaktadır. Bu kaynaklar ise Güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik olarak ifade edilen yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Denhez, 2007; Erdal ve Karakaya, 2012).

Yapılan bu tez çalışmasının motivasyonlarından biri yukarıda değinilen biyokütle enerjisinin üretilmesinde önemli bir yere sahip olan enerji tarımı hammaddeleridir. Biyokütle hammaddeleri oldukça çeşitlidir; fakat enerji tarımı bu çeşitliliği arttırıcı en önemli unsurdur.

1930'lu yıllardan itibaren mısır, şeker kamışı gibi gıda bitkileri ile gerçekleştirilen enerji tarımı, meydana gelen kıtlıklar nedeniyle enerji ve yiyecek çatışmalarını (Şekil 1.4) ve bu bitkilerin yetiştirilmesi sırasında tüketilen aşırı su nedeniyle su ve enerji çatışmalarını başlattığından dolayı 2000'li, yıllarda yerini modern enerji tarımına bırakmıştır (Ar, 2008; FAO, 2008; Duygu ve Cısdık, 2011; Wang, 2012).



Şekil 1.4 Gıda bitkilerinin enerji hammaddesi olarak kullanımını eleştiren bir karikatür, http://energyfromwasteandwood.weebly.com/generations-of-biofuels.html,

Modern enerji tarımında, birinci kuşak biyoyakıt hammaddelerinden olan mısır gibi bitkiler yerine ikinci nesil lignoselülozik biyoyakıt hammaddeleri olan fil otu (mischantus), dallı darı (switchgrass) gibi bitkiler kullanılır (Narin 2008). Tez kapsamında ise ikinci nesil biyoyakıt hammaddesi olan dallı darı yetiştiriciliğine ağırlık verilmiştir.

Ülkemiz coğrafi yapısı ve topraklarının tarıma elverişli olması nedeniyle biyokütle hammaddesi üretiminde önemli bir yere sahiptir (Koçar vd., 2012). Kırsal nüfusun ekonomik olarak kalkınmasına katkı sağlayabilecek (Cısdık, 2008; Soylu, 2013), gıda dışında kalan (Hewitt, 1997; Acaroğlu, 2007; Gore, 2009; Soylu, 2011; Schmer vd., 2011) ve toprak ıslahında önemli bir yere sahip olan (Monti, 2012) modern enerji bitkileri ile ilgili ülkemizde yapılan araştırmalar ve yetiştiricilik uygulamaları ise halen gelişme aşamasındadır.

Tez çalışması esnasında yapılan araştırmalarda, bugüne kadar yapılmış bir takım teorik araştırmalar ile pilot yetiştiricilik çalışmaları ve bakanlıklarca düzenlenen birtakım strateji planlarıyla karşılaşılmıştır. Pilot yetiştiricilik

uygulamalarından olan, Soylu (2013) ve ekibi tarafından yapılan Konya'daki dallı darı yetiştiriciliğinin başarıya ulaşması, Cısdık'ın tez çalışmasında (2008) bu tip enerji bitkilerinin/ormancılığının özellikleri ve etkileri üzerine yapmış olduğu detaylı analizler ve ülkemizin, gelecek stratejilerinde belirttiği üzere bu alanda daha birçok çalışmaya ihtiyaç duyması, bu tezin hazırlanmasına önemli bir ön basamak oluşturmuştur. **Tüm bu motivasyonlarla birlikte yapılan tez çalışması, temel olarak, ülkemizde enerji tarımının araştırılması açısından gerçekleştirilmiş önemli çalışmaları ve projeleri bir adım daha ileri götürerek; enerji bitkilerinin yetiştirilebileceği alanların tespit edilmesini (yer seçimi) sağlayan bir kriter listesi ve model oluşturulmasını amaçlamıştır.**

Tüm bunlara ek olarak, yapılan tez çalışmasında:

- Enerji bitkileri yetiştiriciliği yapılabilecek alanların tespiti konusunda etkin kriterlerin (toprak özellikleri, iklim koşulları, enerji ihtiyacı, arz/talep koşulları vb.) belirlenmesi,

- CBS, UZ-AL teknikleri ve AHP entegrasyonu ile geliştirilen ÇKKA modeli ile, enerji bitkileri yetiştiriciliği yapılabilecek alanların tespitine yönelik bir yer seçimi yaklaşımı (Mekansal Karar Destek Sistemi-MKDS) geliştirilmesi,

- Proje kapsamında belirlenecek çalışma bölgesinde (İzmir ili) seçilecek model enerji bitkisi (dallı darı) için geliştirilen yöntemin uygulanması,

- İzmir ili için model enerji bitkisi dallı darı üretimi yapılabilecek alanların haritalanması (uygunluk haritaları),

- Enerji bitkileri yetiştiriciliği için uygun alanları tanımlayacak kriterlerin (kısıt ve karar faktörlerinin) bölgemiz/ülkemiz koşullarında nasıl değerlendirilebileceğine dair bir örnek oluşturulması,

- Enerji bitkileri yetiştiriciliğinin CBS desteği ile planlanmasında ihtiyaçların ve sorunların tespiti gibi alt amaçlar da yer almaktadır.

Bu tez çalışmasında ayrıca:

- Yer seçimi sırasında tüm kriterlerin teknolojik altyapı ve personel tecrübesi ile değerlendirilmesi sonucu, ülkenin sermayesinin verimli kullanılmasının sağlanması,

- Sürdürülemeyen enerji kaynakları yerine ikame edilen ve böylece doğal kaynakların israf edilmesine engel oluşturabilecek modern enerji tarımının öneminin vurgulanması ve bu vurgunun ötesine geçerek bu tarımın yapılabileceği bölgelerin tespit edilmesi için model geliştirilmesi,

- Model oluşturulması sırasında ekolojik dengeye ve toprakların geleceğine saygı duyulması ve model adımlarında arazi kullanımının dikkatli değerlendirilmesi,

- Böylece hammadde eldesinin maksimum potansiyele sahip olacağı bölgelerin tespit edilmesi ile **biyokütle kaynaklarından maksimum faydanın elde edilmesi** işlemi gerçekleştirilmiş olacaktır.

Yapılan çalışma biyokütle kaynaklarından maksimum yararın elde edilmesi zorunluluğunu sağlayan, artan nüfusun enerji talebine cevap verebilecek nitelikte, enerji arz güvenliğini destekleyen ve yanlış toprak kullanımının önüne geçebilecek olan ve teknolojik yeteneklerle donatılmış güncel bir yöntem ve bu sorunların çözümüne yönelik düşünceler içermesi sayesinde planlama açısından büyük bir öneme sahiptir. Bunun yanı sıra tez çalışması ülkemizde bundan önce yapılmış teorik çalışmaları bir adım daha ileriye taşıma amacında olup; bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalar için ise basamak oluşturma niteliğindedir.

Bu çalışmada geliştirilen model, tüm kurum ve/veya kuruluşların, yöneticilerin, özel ve/veya tüzel kişilerin kullanabileceği ve yol gösterici bir özelliğe sahiptir. Burada gerçekleştirilen çalışma basamakları ve öneriler ise bu çalışmadan sonra yapılacak çalışmaları daha ileriye götürme niteliği taşımaktadır.

2. TEORİK BİLGİ

2.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Verilerin kapsamlı bir şekilde toplanıp depolanması, işlenmesi ve anlamlı bilgiye dönüştürülmesi için oluşturulmuş sistemlere bilgi sistemi denir. Bu sistemlerin temel işlevlerinden biri karar verme işlemini kolaylaştırarak; karar sürecini kısaltmaktır. Birçok farklı konuyla alakalı veri sayısı ve çeşidinin hızla arttığı günümüzde, bilginin etkin, kolay ve verimli bir şekilde elde edilmesine ve kullanılmasına duyulan ihtiyaç, bilgi sistemlerinin geliştirilmesini kaçınılmaz hale getirmiştir (Düzgün, 2010). Veri toplama yöntemleri -ki bazıları yersel ölçme yöntemleri, GPS tekniği, fotogrametrik yöntem, UZ-AL tekniği şeklinde ifade edilebilir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011)- tarihte oldukça önemli bir durumda iken günümüzde bunlar kadar önemli ve harita üretim aşamasını değiştirmiş olgu CBS'dir (Riffenburgh, 2012).

CBS, coğrafi olarak tanımlanabilen tüm konumsal ve nitelik (yazınsal) verilerin aynı ortamda toplanması, depolanması, güncellenmesi, amaçlar doğrultusunda sorgulanmasını sağlayan yazılım, donanım ve çalışan personelden oluşan sistemdir (Sarptaş, 2006; Çabuk vd., 2011; Aydın ve Eker, 2011; Derviş, 2015). Dünyada kullanılan birçok verinin %80 mekânsal yapıya sahip olduğu düşünüldüğünde CBS'nin önemi ve bilgi sistemlerinden farkının, sistemin değişik nesnelere ait öznitelik bilgilerine ek olarak coğrafi koordinatları referans alan bilgileri de barındırması olduğu anlaşılabilmektedir (Köktürk, 2003; Sarptaş, 2006; Düzgün, 2010; Derviş, 2015).

CBS, konumsal sorgulama ve analiz, karar-verme analizleri, sayısal veri analizleri, model analizleri, görüntüleme ve dijital harita fonksiyonları ile karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülmesinde etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Küçükönder ve Karabulut, 2007).

Bu teknoloji 1980'lerden başlayarak özellikle mekânsal verinin elde edilmesinde, yönetilmesinde ve analiz edilmesinde yeni bir teknoloji olarak ortaya çıkmıştır (Erden ve Coşkun, 2010). Bu sistemin geliştirilmesine duyulan ihtiyaç ise

kendini en çok planlama alanında göstermiştir. Bu ihtiyacın çıkış noktası, planlama çalışmalarında kullanılması gereken çok sayıdaki verinin aynı anda değerlendirilmesi ve sonucunda karar verilmesi isteğidir (Çabuk vd., 2011). Eğer karar verme sürecinde etkin olan CBS teknolojisi planlama çalışmalarında kullanılabilirse verimliliğin en az on kat artacağı öngörülmektedir (Çabuk vd., 2011). Bu verimlilik artışının nedenleri ise;

- Bilgi yönetimi ve güncelleştirmesinin verimli halde yapılmasının sağlanması,
- Hata payının minimize edilmesi,
- İş gücü ve zaman kaybının ortadan kaldırılması,
- Bilgi saklama ve arşivlemeye yönelik iyi bir altyapının sağlanması,
- Bilgi ulaşılabilirliğinin artması,
- Sistemde ve harita oluşturmada güvenliği sağlaması,
- Analiz kolaylığı,
- Bir alana ait tüm yazınsal ve konumsal verilerin aynı ortamda tutulması,
- Aynı haritayı birden fazla kullanıcının eşzamanlı olarak kullanabilmesi,
- Amaç doğrultusunda gerekli analizlerin yapılarak sonuç üretilebilmesi,
- Haritaların tümü dışında yalnızca çalışılacak kısmının ayrılabilmesi ile çalışmada işe yaramayan bilgi yükünden kurtulunması,
- Mekâna ait yazınsal ve konumsal veri üzerinden sorgulama ve raporlama yapılabilmesi olarak sayılabilir (Çabuk vd., 2011).

CBS sayesinde bir veri setine ait haritalar üretilebilir, kararlar desteklenebilir ve uygulanabilir kılınabilir, hızlı biçimde ve grafik desteği ile farklı durumlar analiz

edilebilir, disiplinler-arası çalışmalar yürütülebilir ve kolaylıkla karşılaştırmalar yapılabilir (Köktürk, 2003).

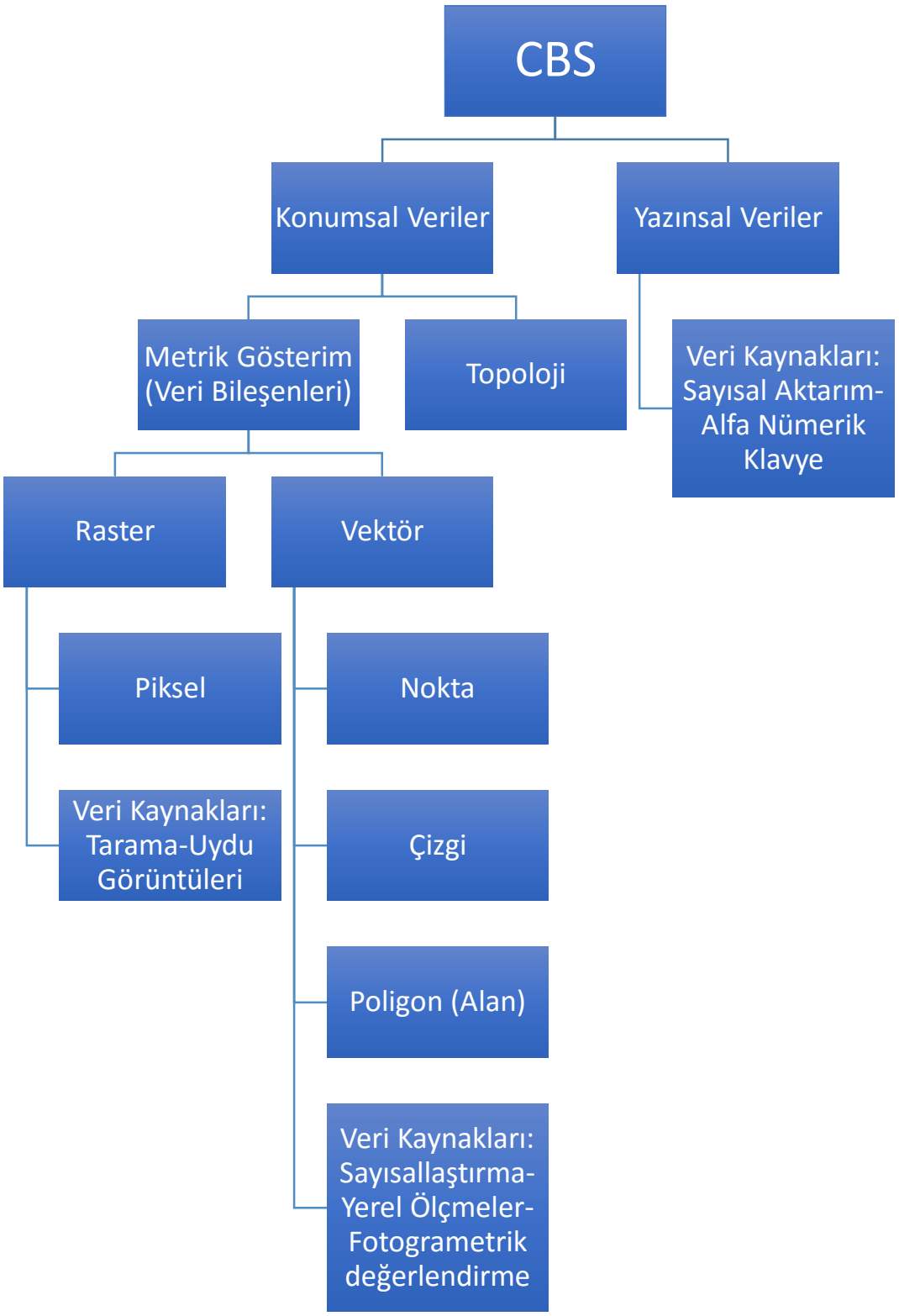
Sistemin bu kadar yararlı olmasının nedeni güncel verilerle çalışma olanağıdır. Veriler güncellendikçe veya en önemlisi güncel tutuldukça durumlarla ilgili sağlıklı bilgiler elde etmek mümkün olur. CBS ortamındaki veriler birçok kategoriye ayrılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 CBS'de veri türleri (Çabuk vd'den 2011).

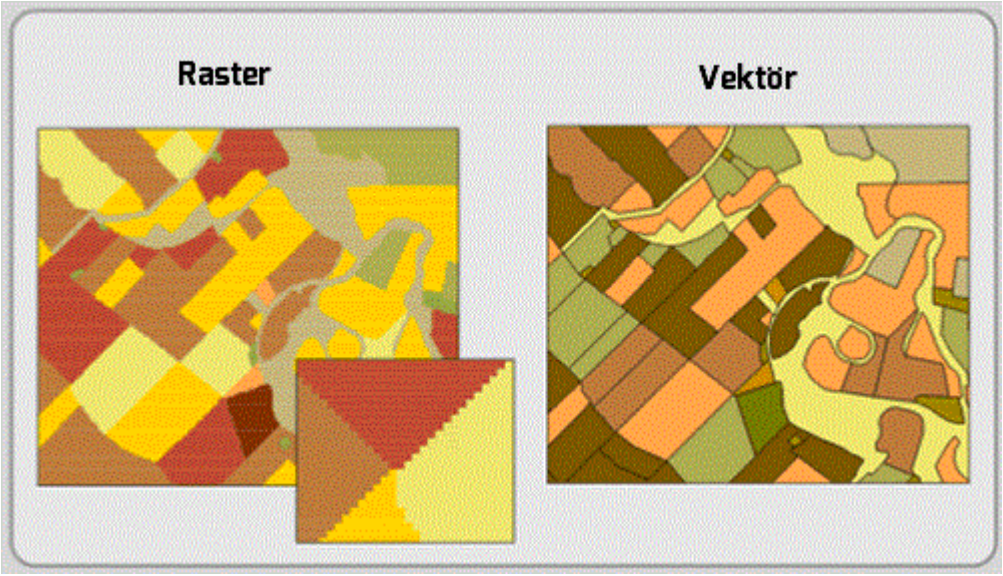
Veriler, bir CBS kurulumunun %80'ini ve aynı zamanda maliyetin yaklaşık %65'ini oluşturur (BÜ KRDAE Jeodezi Anabilim Dalı). CBS'nin kaynağı olan coğrafi veriler, özellikleri itibariyle iki değişik şekilde ifade edilirler. Bunlar konumsal (grafik) ve nitelik (grafik olmayan) bilgiler şeklindedir. Konumsal bilgiler coğrafi varlığın konumu, geometrisi, büyüklüğü ve biçimi hakkında bilgi verirken, niteliğe ait bilgiler aynı coğrafi varlığın sahip olduğu diğer yapısal özellikler hakkında bilgi verir (Derviş, 2015).

Şekil 2.2'de görüldüğü üzere, coğrafi verilerin konumsal (grafik) veri bileşeni, raster ve vektör veri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.



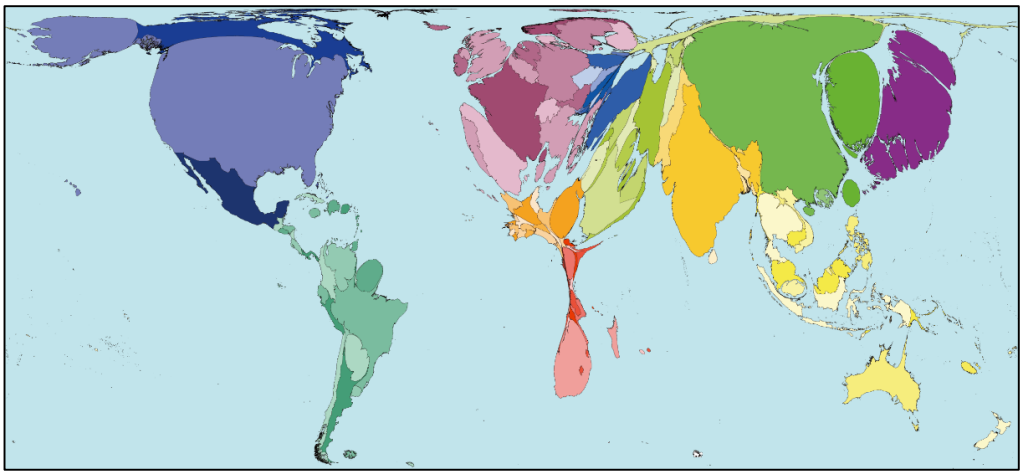
Şekil 2.2 CBS'de veri türlerini gösteren diyagram (Zeydan'dan 2013).

CBS ortamında en çok yararlanılan ve işlenen veri modelleri olan vektör ve raster verilerin birbirinden farkları bulunmaktadır (Şekil 2.3). Vektör veri gerçek dünya üzerinde konumu bilinen (x,y) koordinat bilgisini içeren üç farklı geometriye sahip (nokta, çizgi, poligon) verilerdir. Raster veri ise hücrelere bağlı olarak (pikseller) temsil edilen ve süreklilik özelliğine sahip olan verilerdir. Her bir hücre bir sayısal değeri depolar (Netcad, 2015; Zeydan, 2013). Bu iki veri tipi arasında vektör veri raster veriye kolaylıkla dönüştürülebilse de raster verinin vektör veriye dönüştürülmesi oldukça zordur (Zeydan, 2013). Raster ve vektör veriler doğrudan temin edilebileceği gibi türetilme yoluyla da elde edilebilir (Netcad, 2015; Sarptaş, 2006).



Şekil 2.3 Raster ve vektör veri modelleri, http://giscommons.org/introduction-concepts/.

CBS'nin donanımı, harita yazılımlarını ve sayısallaştırılmış coğrafya referans verilerini bütünleştirerek bilgiyi oluşturması ve bu bilgiyi analiz ederek bir takım ilişkileri, örüntüleri ve eğilimleri **haritalar** şeklinde sunması, haritacılık ürünlerinin de değişmesi anlamına gelmektedir. Günümüzde artık yalnızca bilgisayar ekranında geçici olarak görülebilen akıllı haritalar (sanal) kullanılmaktadır (Riffenburgh, 2012; Sarptaş, 2015). Haritacılık kavramı ise artık tematikleşen bir yapıya bürünmüştür. Tematik haritalar yardımıyla günümüzde birçok konu görsel ve güncel olarak yorumlanabilmektedir (Şekil 2.4) (Riffenburgh, 2012).



Şekil 2.4 Dünyadaki elektrik üretiminin ülkelere göre dağılımı, www.worldmapper.org.

Gerçekte bütün haritalar bir anlamda tematiktir. Çünkü sundukları bilgiler belirli bir grup özelliği –bunlar topografik özellikler dahi olsa- gösterecek şekilde seçilmiştir. Ancak bazı haritalar fiziksel, siyasi, kültürel, ekonomik ya da daha başka demografik konulara ve niteliklere odaklanır (Riffenburgh, 2012).

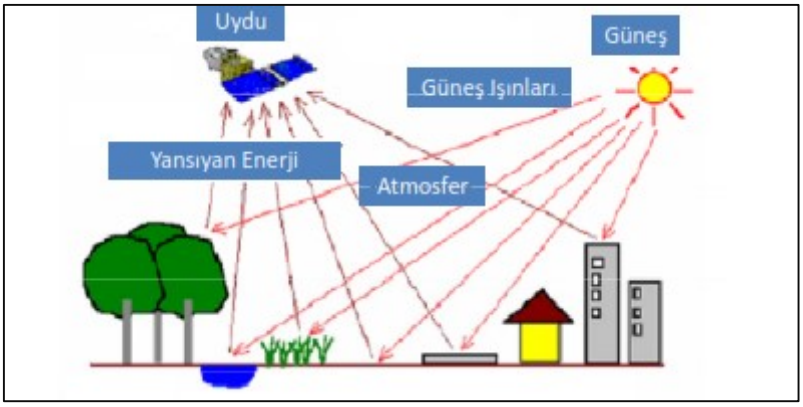
CBS'nin en önemli etkinliklerinden biri ise bu tematik haritaların üretilmesi için kullanılan ileri modelleme ve analiz tekniklerini içermesi ve gelişen teknoloji ile birlikte kompleks problemlere uzman personelin de katkısıyla çözüm bulabilmesidir (Aydın ve Eker, 2011). Tez çalışmasında da inceleneceği üzere "amaca uygun sahanın seçimi (yer seçimi)" gibi konular ile ilgili karar modellerinin oluşturulmasında ve sonucunda en uygun yerin görselleştirildiği tematik haritaların elde edilmesinde de CBS kullanılmaktadır. Ek olarak, bu tip planlama konularında etkin bir karar-destek aracı olan CBS'nin içinde barındırdığı ve modellerle desteklenen bütünleşik mekânsal karar destek sistemleri de sonuçların elde edilmesinde sürece dâhil edilmektedir.

2.2 Uzaktan Algılama (UZ-AL)

Uzaktan algılama, arada mekanik bir bağlantı olmaksızın bir cisimden yayılan veya yansıtılan elektromanyetik ışınımın nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesidir (Çabuk vd., 2011). Uzaktan algılama bir başka tanımda, yeryüzünden belli bir

uzaklıkta, atmosfer veya uzaydaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, yeryüzü ve yeryüzü objeleri hakkında bilgi alma ve bunları analiz etme tekniği ya da bilim ve sanatı olarak ifade edilmektedir (Düzgün, 2010).

Uzaktan algılamanın temel kuralı, "**uzay boşluğundaki algılayıcının görüntü alanına giren yeryüzündeki objelerin yüzeyinden yansıyan ya da yüzeyinden salınan termal enerjinin bu algılayıcılarla alınıp kaydedilmesidir**". Her obje atomik özelliklerine göre elektromanyetik enerjiyi yansıtır veya mutlak sıfırın (-273^{o}C) üzerindeki sıcaklıklarda ısıl (termal) enerji yayar. Burada objelerin bahsedilen özelliklerinden yararlanılarak her bir obje hakkında istenilen bilgiler elde edilebilir (Altınbaş, 2006). Şekil 2.5'te bir pasif algılayıcı uyduya, Güneş'ten cisimlere gelen ve bu cisimlerden yansıyan ya da salınan elektromanyetik enerjinin nasıl ulaştığı görülmektedir.



Şekil 2.5 Elektromanyetik enerji ve uydu arasındaki ilişki (Düzgün'den 2010).

Uzaktan algılamanın temeli yeryüzünün görüntüsünü kaydetme yeteneği olduğundan bu bilimin başlangıcı fotoğrafın icat edildiği tarih olarak kabul edilir. Yeryüzünün havadan kaydedildiği (balonlardan) fotoğrafların kullanımı ilk 1850'li dönemlerde başlamıştır. Bu ilk dönemlerde platform olarak güvercinler bile kullanılmıştır. I. Dünya Savaşı'nda ise hava fotoğrafları önemli bir keşif aracı haline gelmiş ve II. Dünya Savaşı sırasında da kullanımı yaygınlaşmıştır. İlk uzaktan algılama faaliyetleri Alman V-2 roketlerine yerleştirilen otomatik kamera sistemi ile başlamıştır. 4 Ekim 1957'de fırlatılan SPUTNIK uydusu ile uzayda belirli bir yörüngedeki uzay aracına film kameraların takılması mümkün olmuş ve

1960'larda meteoroloji uydularından (TIROS-1) siyah-beyaz görüntüler elde edilmiştir. Sürekli olarak yeryüzü hakkındaki bilgilerin toplanması ise 1970'lerde SKYLAB ve LANDSAT sistemleri ile başlamış ve bu sistemlerle yeryüzündeki doğal ve kültürel kaynakların belirlenmesi (haritalanması) amaçlanmıştır. Günümüzde farklı yörüngelerde bulunan ve farklı özelliklere sahip birçok uydu sistemi bulunmaktadır (Çabuk vd., 2011).

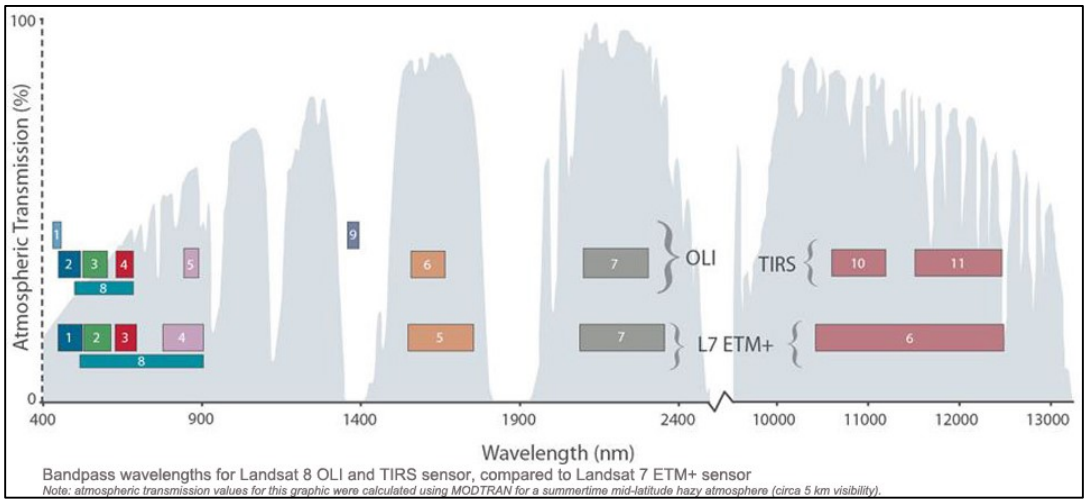
Uzay teknolojisinin işlerliğinde olan uzaktan algılama; yani uyduların sayısal görüntülerinden yararlanarak yeryüzüne ait objeler olan toprak, hidroloji, biyolojik çeşitlilik, jeoloji, maden vb.nin araştırılması ise 1970'li yıllarda ilk olarak NASA (Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) tarafından LANDSAT uyduları ile gerçekleştirilmiş, daha sonra birçok ülke, uydu geliştirme ve veri elde etme girişimlerinde bulunmuştur (Altınbaş, 2006).

UZ-AL tekniğinin temelinde, güneş (pasif sistemler) veya radar (aktif sistemler) kaynaklı algılayıcılar bulunmaktadır. Pasif sistemler bir kaynak tarafından –genel olarak Güneş- yer yüzeyine gönderilen ışınların objelerden yansımasıyla veya objelerden yayılan termal enerjiyle algılama yapar. Aktif sistemler ise kendi enerjisini kendisi üretir ve yeryüzüne gönderir; daha sonra objeden yansıyan enerji ile algılamada bulunur. Burada algılanan enerji, sayısal değerlere ve bu değerlere denk gelen görüntülere dönüştürülür, yeryüzündeki gözlem platformlarına gönderilir ve gönderilen bu ham görüntüler, radyometrik ve geometrik düzeltmeleri yapıldıktan sonra bilgisayar ortamında yorumlanır (Altınbaş, 2006). Tez çalışmasında pasif sistem kullanıldığı için burada pasif sistemler (enerji kaynağı güneş) ayrıntılandırılabilir.

Cisimler, güneşten gelen polikromatik ışınların -kendi atomik özelliklerine göre- belirli dalgaboylarını absorblar, belirli dalgaboylarını ise yansıtır. Yansıtılan dalgaboyları dünyayı belirli periyotlarla tarayan algılayıcılar (uydular) yardımıyla toplanır ve kaydedilir. Uydu sisteminde her dalgaboyunun kaydedildiği "dalgaboyları aralığı" (renkler) bulunmaktadır. Bunlara "bant" adı verilir. Bantlar, yapılarında tüm bilgiyi kaydeden "pikselleri" barındırır. Bu piksellerin büyüklüğü uydunun cinsine ve teknolojisine göre değişiklik göstermektedir. Her piksel arazi yüzeyinde belirli bir alanı kaplar. Bunlar bazı uydularda 30*30 m iken bazı

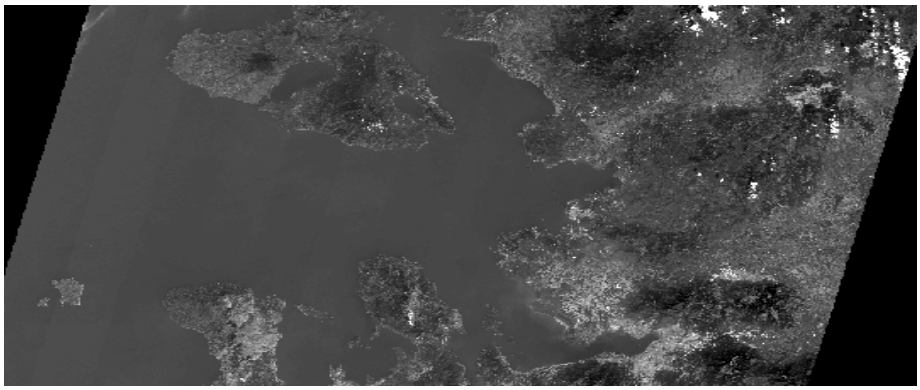
uydularda 1*1 m ye kadar değişebilir. Piksel boyutu azaldıkça bandın çözünürlüğü artar ve görüntü detayı giderek gelişir. Bantlar uyduların özelliklerine göre çeşitlilik gösterebilir.

Şekil 2.6'da, Birleşik Devletler Jeoloji Dairesi'nin (USGS) geliştirdiği LANDSAT adını taşıyan 7 ve 8. uydularına ait bant grafiği görülmektedir. Burada cisimlerden yansıyan farklı dalgaboyları uydunun farklı bantlarında toplanır. Bu grafikte iki uydunun farklı bant yapılarına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 2.6 Birleşik Devletler Jeoloji Dairesi'nin (USGS) geliştirdiği LANDSAT adını taşıyan 7 ve 8. uydularına ait bant grafiği, http://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php.

Uydular yapılarına göre çeşitli dalgaboylarını temsil eden renkleri algılayabilir. Burada toplanan renk bilgileri, bantlardaki piksellere kaydedildikten sonra görselleştirilerek yeryüzündeki istasyonlara gönderilir ve böylece kullanıma sunulur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 LANDSAT 8 uydusunun 433-453 nm'lik dalgaboyu aralığına ait görüntüsü (LANDSAT 8 Bant 1-Aerosol bandı).

UZ-AL verileri, aynı zamanda CBS için önemli bir veri kaynağıdır. Burada teknikler kullanılarak elde edilen bilgiler düşünsel değil, bizzat yer yüzeyini ölçmeye dayalıdır. UZ-AL verilerinin en etkin özelliği ise zamansal değişimlerin karşılaştırılmasına izin vermesidir. Ayrıca bu teknikler sayesinde çok kısa zaman aralıklarında ve çok geniş arazi parçaları hakkında veri elde edilebilir (Altınbaş, 2006). Geniş alanlarla ilgili bilgiler, CBS ortamına aktarıldığında analiz edilebilir ve diğer verilerle birleştirilebilir (Aydoğdu vd., 2009).

UZ-AL verilerinde kullanılan ön-işlemler

(i) Ham görüntülerdeki hatalar ve hataların düzeltilmesi

Uydu görüntüleri genel (ham) olarak gri renk tonu seviyesinde bulunurlar. Bunun yanı sıra görüntülerde kontrast oldukça düşüktür. İnsan gözü sınırlı sayıda gri renk tonu seviyesini ayırt edebildiğinden dolayı bu şekilde işlenmemiş/ham görüntüler, yorumlama açısından pek uygun olmaz (Koç vd., 2006; Sunar, 2013). Ayrıca yer istasyonlarına aktarılan bu görüntüler bir takım düzensizlikler veya verilerin alınması esnasında meydana gelen kayıplar nedeniyle bozulmalara uğrayabilir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002).

Bu görüntüler elde edilirken geometrilerinde veya piksel değerlerinde bazı geometrik veya radyometrik hatalar meydana gelebilir. Ön-işlemler ise verilerin oluşturduğu bilgilerin daha detaylı bir şekilde ortaya çıkarılabilmesi için yapılan

radyometrik ve geometrik düzeltmeleri içermektedir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002; Koç vd., 2006; Sunar, 2013; Musaoğlu, 2014). Özellikle UZ-AL verileri olan ham uydu görüntülerinde gözlemlenebilecek bozukluklar (hatalar) şunlardır;

- Radyometrik bozukluklar
- Geometrik bozukluklar (Düzgün, 2010).

Radyometrik Bozukluklar ve Düzeltmeler:

Radyometrik bozukluklar iki temel nedenden kaynaklanır (sensör ve çevresel) ve düzeltilmeleri gerekir (Düzgün, 2010; Sunar vd., 2013). Bu düzeltme ise istenmeyen algılayıcı düzensizlikleri için (sensörden kaynaklanan hatalar) verilerin kalibre edilmesinin yanında, algılanan görüntüde topografik ve atmosferik etkilerden dolayı (çevresel etkilerden kaynaklı hatalar) objede meydana gelen yanlış yansımaların giderilmesini amaçlayan düzeltmedir (Düzgün, 2010; Sunar, 2013).

Burada sensörden kaynaklı hataların giderilmesi için algılayıcı kalibrasyonu yapılabilir. Çevresel etkilerden kaynaklı hataların giderilmesi içinse (1) atmosferik düzeltme, (2) topografik düzeltme ve (3) Güneş'in açısal yüksekliğine ve Yeryüzüne olan uzaklığına bağlı düzeltmeler gerçekleştirilebilir (Sunar vd., 2013).

Geometrik Bozukluklar:

Ham görüntüler, değişik sebeplerden kaynaklanan geometrik bozukluklar nedeniyle direkt harita gibi kullanılamazlar (Sunar vd., 2013). Geometrik düzeltme ise görüntüdeki yeryüzü ve algılayıcı platformundan kaynaklanan bozuklukların (Dünya'nın dönüşü, platform hızı, tarama hızı gibi sistematik hatalar -topografik yükseklik farkları gibi sistematik olmayan hatalar) giderilmesi ve görüntünün istenilen yeryüzü koordinatlarına dönüştürülmesi işlemidir (Düzgün, 2010; Sunar, 2013)

Bu bozukluklar ham uydu görüntülerinde bulunabilir. Bu bozuklukların giderilmesi için yazılımlarda bulunan algoritmalar kullanılır ve uydu görüntülerinin radyometrik ve geometrik düzeltmeleri gerçekleştirilir.

Bu düzeltmelerden sonra UZ-AL verisi olacak olan bantlar, yorumlama için başka iyileştirme ve zenginleştirme metotlarına tabi tutulabilir.

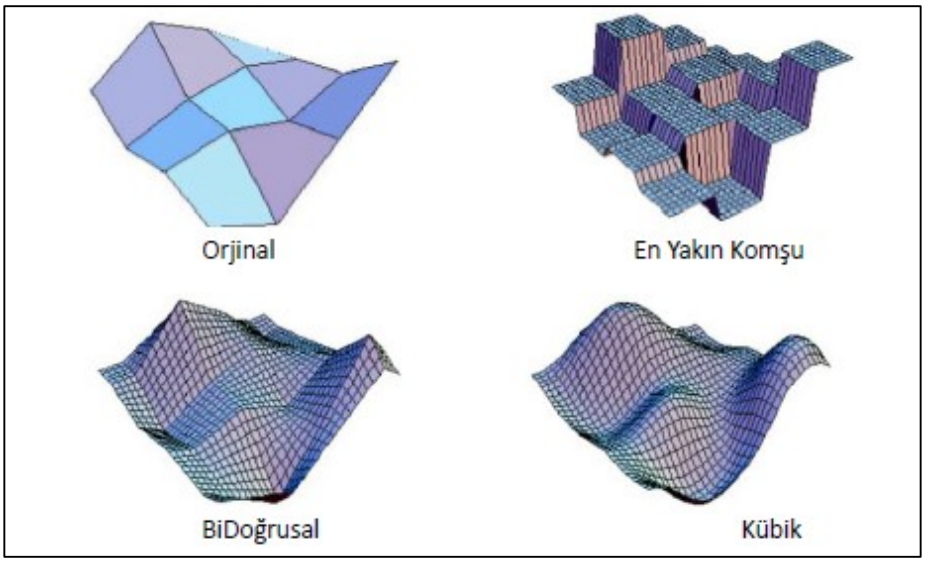
(ii) Görüntü İyileştirme

CBS ortamında işlenmesi gereken ve geometrik/radyometrik düzenlemesi yapılan UZ-AL verileri (raster veriler), iyi yorumlanabilme açısından bilgisayar ortamında iyileştirilebilir (Düzgün, 2010). Raster verilerin daha iyi yorumlanabilmesi açısından yapılacak bazı iyileştirmeler;

- Geometrik düzeltmeler sonucu yapılan Yeniden Örnekleme (resampling),
- Görüntü Zenginleştirme (genişletme, stretch) ve
- Görüntü Filtreleme (filter) olarak sayılabilir.

Yeniden örnekleme, bir diğer adıyla gri düzey enterpolasyonu, düzeltmeler sonucu oluşturulan yeni ve değer atanmamış piksellere, etrafındaki komşu pikseller hesaplanarak değer atanmasını sağlayan tekniklerin genel adıdır (Temiz ve Doğan, 2005).

Gri düzey enterpolasyonu önemlidir, çünkü sonuç görüntünün görüntü kalitesini etkiler. Seçilecek yöntemin görüntü kalitesinin doğruluğu etkileyeceği düşünüldüğünde, bu yöntemin, verilerin orijinal değerlerini koruması sağlanmalıdır. Burada, sıkça kullanılan üç yöntem olan; en yakın komşuluk, bi-lineer enterpolasyon ve bi-kübik enterpolasyondan (Şekil 2.8) kısaca bahsedilmesi gerekmektedir (Temiz ve Doğan, 2005).



Şekil 2.8 Yeniden örnekleme tekniklerine ait görseller (Düzgün'den 2010).

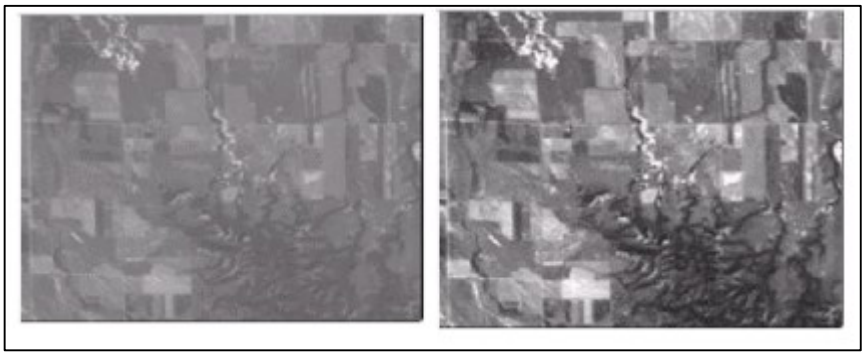
En yakın komşulukta dönüşüm sonrası en yakın komşu pikselin parlaklık değeri alınır. Çok hızlı bir yöntem olmasına karşın birçok durumda sonuç görüntüde basamaklı bir görünüm oluşur. Bi-lineer enterpolasyon ise, değeri bulunacak pikselin dörtlü komşuluğunu araştırır ve bu komşulukta, parlaklık fonksiyonunun bi-lineer olduğunu kabul eder. Sonuç görüntüde, basamaklanma etkisi azalırken bulanıklaşma görülür. Bi-kübik enterpolasyon yöntemi, parlaklık fonksiyonu olarak bi-kübik polinomal yüzey fonksiyonu kullanır. Enterpolasyon için on altı komşu pikselden yararlanılır. Bi-kübik enterpolasyonda, en yakın komşuluk enterpolasyonundaki gibi blok etkisi sorunu yoktur; ayrıca bu yöntem bi-lineer enterpolasyonundaki bulanıklaşma sorununu da çözer (Temiz ve Doğan, 2005).

Görüntü zenginleştirme algoritmaları, görüntülere uygulanan görsel ve işlevsel amaçlı iyileştirme yöntemleridir. Raster veriler piksellerden oluşmaktadır ve bu piksellerin her biri –verinin niteliğine göre- belli değerlere sahiptir. Ancak bu görsellerden bilgi elde etmek istendiğinde, ham hallerini kullanmak, yapılacak görsel yorumlamanın zorlaşmasına neden olur. Bu görüntülerden daha verimli biçimde bir sonuç elde etmek istendiğinde öncelikle raster'ların görsel özellikleri iyileştirmeli ve daha iyi yorumlanabilir hale getirilmelidir. Görüntü zenginleştirme teknikleri sadece görüntünün görsel niteliğini iyileştirmek için de kullanılabilir (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, 2001).

Görüntü zenginleştirme yöntemleri arasında görüntünün histogramında genişletme yapan minimum-maksimum, standart sapma, histogram eşitleme ve yüzdesel klip (percent clip) teknikleri bulunmaktadır (ArcGIS, 2015). Minimum-maksimum genişletmesi, histogramın başlangıcından sonuna kadar yapılan lineer bir genişletme iken, standart sapma genişletmesi piksel değerlerinden hesaplanan standart sapma değerinin tanımladığı değerler arasında yapılan genişletmedir. Percent clip yönteminde ise belirlenen minimum ve maksimum değerlerinin yüzdesel kliplemeleri arasında genişletme yapılır (ArcGIS, 2015).

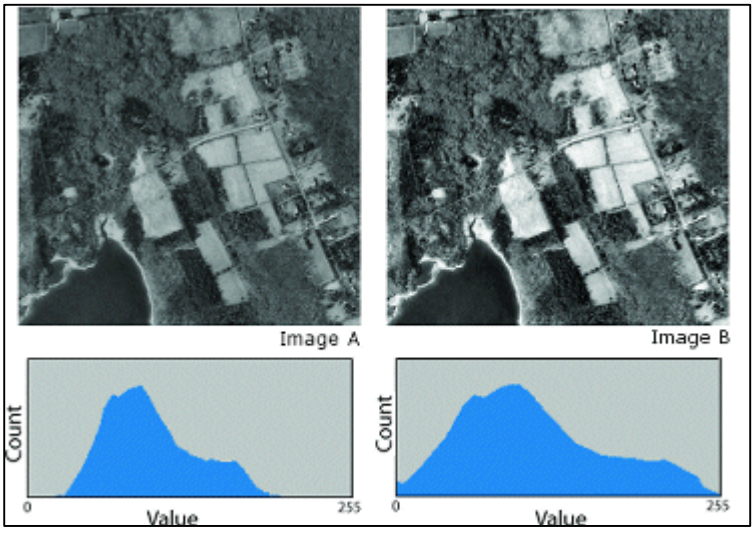
Burada histogram, bir değer grubunda, her bir değerin o grup içinde kaç kere tekrar ettiğini gösteren grafiktir. Resim histogramı ise bir raster veride her bir piksel değerinden kaç adet bulunduğunu gösteren grafiktir. Bu grafiğin bir ekseni, değer aralığını gösterir, diğer eksen ise rasterda bu değerlerin her birinden kaç tane bulunduğunu gösterir (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, 2001; Sunar vd., 2013).

Bu zenginleştirmelerin temeli, objeler arasında ton farkının az olduğu durumlarda, görüntünün görsel olarak yorumlanmasını zorlaştıran durumları ortadan kaldırabilecek "kontrast iyileştirmesine" dayanmaktadır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Kontrast iyileştirme tekniği. Soldaki resim iyileştirilmemiş görüntüyü, sağdaki resim ise kontrast iyileştirmesi yapılmış görüntüyü temsil etmektedir (Düzgün'den 2010).

*Kontrast iyileştirme*de orijinal piksel değerlerinin görüntülenen piksel değerlerine daha farklı biçimlerde dağılımını sağlayan metodun ne olduğu büyük önem taşır (Şekil 2.10); çünkü her bir metodun görüntülenen nesne üzerinde farklı bir etkisi vardır (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, 2001).



Şekil 2.10 Görüntü histogramında yapılan farklı genişletmeler, http://help.arcgis.com/En/Arcgisdesktop/10.0/Help/index.html#//009t00000059000000.

Filtreleme ise görüntünün belli bir hücresi ve komşuluğundaki lokal hücrelerin gri değerleri (parlaklık değerleri) üzerinde yapılan aritmetik ya da istatistiksel uygulamaları içerir. Filtreleme çeşitleri kendi içinde farklılık gösterir. Düşük geçirgenli filtre gri değerleri keskinleştirip yüksek frekanslı değerleri düzleştirir (Şekil 2.11). Düşük geçirgenli filtre çeşidi içinde yer alan *ortalama filtre* ise periyodik gürültüyü (tuz-karabiber tipi gürültü) ortadan kaldırmak için yapılır. Bu tip filtrelemeden sonra görüntü (özellikle obje kenarları) bulanıklaşır. Yüksek geçirgenli filtre ise görüntünün yüksek frekanslı ayrıntı içeren kısımlarını belirginleştirme için kullanılmaktadır (Şekil 2.12). Bu filtreleme çeşidinde kontrast ve kenar belirginliği artar (Düzgün, 2010).



Şekil 2.11 Düşük geçirgenli filtre örneği (Düzgün'den 2010).



Şekil 2.12 Yüksek geçirgenli filtre (Düzgün'den 2010).

2.3 Yer Seçimi ve CBS Destekli Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA)

Uygun sahaların analizler sonucu seçilmesi yani yer seçimi, saha içinde yapılacak çalışmaların ve projelerin sağlıklı yürütülmesi için yapılan en önemli ön basamaktır. Bu ön basamak, kurum veya kuruluşların yeni alan taleplerinde, var olan sahalarını değiştirmek istemelerinde ya da kendilerine uygun olan alanları genişletme amacına sahip olmaları durumunda oluşan ve gelecekte yapılacak tüm çalışmaları etkileyen bir karar niteliği taşımaktadır (Aytekin ve Kaygın, 2005). İncelenmesi gereken bir alanın, bu alanda yapılacak herhangi bir çalışmaya uygun olup olmadığına karar vermeden önce, detaylı analizler ve incelemeler yapılmalıdır. Çünkü bu karar, uzun döneme hitap eden, stratejik ve dinamik bir yapıda olmasının

yanı sıra, seçilen alanların gelecekteki uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini şekillendiren bir etkendir. Sahanın uygunluğu belirtilip üzerinde yapılacak çalışmalar başlatıldıktan sonra, sahanın yerini değiştirmek çok zor ve pahalı bir iştir. Bu nedenle uygun saha tespit edilirken çeşitli alternatifler içerisinden, çalışmanın niteliğine en uygun yerin seçilmesi gerekir (Aytekin ve Kaygın, 2005; Doğan, 2010; Erden ve Coşkun, 2011; Uludağ ve Deveci, 2013).

Bir sahanın yapılacak çalışmaya uygun olup olmadığına karar verilmesi, karar vericiler ve uygulayıcılar için oldukça zaman alıcı ve karmaşık bir süreçtir. Saha uygunluğunun analiz edilmesi sürecinde kullanılan kriterler, genellikle arazi kullanımına dair, jeomorfolojik, politik ve/veya sınırlayıcı etmenler (yollar gibi) kullanılarak tanımlanır. Bu verilerin geleneksel yöntemlerle işlenmesi ise oldukça zaman alıcı bir iştir (Küçükönder ve Karabulut, 2007). Bu geleneksel yöntemlerin büyük bir bölümü;

- **Kriter verilerin toplanmasında,** verilerin büyük ölçüde yersel ölçümlere dayanması ve bu ölçümlerin dijital ortamda olmamasından veya aktarılmamasından kaynaklı olmaktadır. Örneğin, yapılacak bir çalışma, orman alanlarındaki ağaç sayısı verisini gerektiriyorsa, geleneksel yöntem olarak orman envanterini de içeren orman amenajmanı verilerine başvurulur. Orman amenajmanı tekniği ise orman mühendisleri tarafından gerçekleştirilen oldukça emek ve zaman isteyen, yersel ölçmelere dayalı bir işlemdir. Günümüzde bu işlem, dijital ortama aktarılan hava fotoğrafları veya uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen obje tabanlı segmentasyon gibi tekniklerle daha kısa sürelerde yapılabilmektedir (Özdemir, 2004). Burada geniş yeryüzü parçalarının analizi için kullanılabilecek bilgisayarlar, bu bilgisayarda kullanılabilecek yazılımlar ve yeryüzünü takip eden/kaydeden uydular/radarlar gibi sistemler, gelişen teknolojinin önemini ortaya çıkarmaktadır.

- **Karar verme aşamasında** ise bu geleneksel yöntemlere, karar sürecinde kullanılan mekanizmalarda rastlanabilmektedir. Burada yetkili personel, yönetici ve/veya akademisyen tarafından yapılan saha uygunluğu analizi sonucunda, sahanın "uygun" ya da "uygun değil" gibi yargılarla

değerlendirilmesi sağlanır. Fakat gerçek hayatta ve dinamik yeryüzü baz alınarak yapılan çalışmalarda alınan kararlar çoğu zaman bu şekilde kesinlikler içermez ve bu kesinliği içeren karar mekanizmaları sık sık eleştirilir. Bu sebeple tıpkı gerçek dünyada olduğu gibi uygunluğun, kesinlik içeren değerlerinin arasında kalan yargılarını da (iyi, orta, çok iyi, çok kötü vb.) kapsayacak yeni mekanizmalara gerek duyulmaktadır (Uludağ ve Deveci, 2013). Bu tekniklerden ilerleyen başlıklarda bahsedilecektir.

Bir karar verme işleminde, geleneksel yöntemlerle değerlendirilmesi oldukça karmaşık ve zaman alıcı olabilen, yer seçimi kararlarını etkileyen ve bu kararın alınmasında değerlendirilmesi gereken pek çok kriter bulunmaktadır. Yer seçiminde dikkate alınması gereken kriterler arasında çalışmanın niteliğine de uygun olacak şekilde:

- Ekonomik
- Teknik (ekonomi dışı faktörler) (Aytekin ve Kaygın, 2005) ve
- Toplumsal ve politik kriterler bulunabilir.

Bahsedilen bu kriterler (ileriki paragraflarda ayrıntılandırılacağı üzere) ise, hiçbir çalışma için sabit olarak tanımlanmaz. Kriterler, çalışmanın niteliğine ve çevrenin özelliklerine bağlı olarak, plancı-karar verici tarafından daha önce belirtilmiş bazı stratejilere, bazı bilimsel çalışmalarla ortaya konmuş uygunluk sınıflarına ve yasal zorunluluklara göre her çalışma için özel olarak belirlenir (Çabuk vd., 2011).

Gerçek yaşamda ise karar vericiler, önceki paragrafta bahsedilen özelliklere sahip birden fazla kriteri göz önüne alarak karar vermek zorundadır. Burada karar verme, kriterlerin, çok amaçlı ve çok nitelikli karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi sayesinde gerçekleştirilebilir. Bu problem grupları genel olarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemleri olarak adlandırılmaktadır (Derviş, 2015). Problemler çok kriterli olduğunda verilecek kararlar da çok kritere göre

şekillendirilmelidir. Bu şekilde çok kriterli problemlere cevap veren teknik ise Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) olarak adlandırılmaktadır.

ÇKKA'nın genel amacı çoklu seçime yönelik kriterlerin ve bu kritere ait farklı önem derecelerinin varlığında mümkün/alternatif birçok seçenek arasından "en iyi" seçeneğin seçilmesinde karar vericiye destek olmaktır (Erden ve Coşkun, 2011).

Bu analiz tekniğinin en önemli özelliklerinden biri ise yapısında hem bilimsel hem de sezgisel yaklaşımlara yer verebilme yeteneğidir. Bu durum sadece nicel faktörlerin ele alınması zorunluluğunu ortadan kaldırır. ÇKKA tekniğine birçok alanda olduğu gibi saha uygunluğu analizleri ve yer seçimi süreçlerinde de sıkça rastlanmaktadır. Saha uygunluğu ve yer seçimi kararlarının mekânsal analizleri gerektirmesi ise ÇKKA tekniğinin CBS ile entegre edilmesini mümkün hale getirmektedir. Bu tip karar verme işlemlerinde CBS gibi modern teknolojilerin kullanımı sadece daha hızlı sonuca ulaşılmasını sağlamaz, aynı zamanda farklı senaryoları analiz etme ve değerlendirebilme imkânı da sunarak, karar vericiler için önemli bir karar destek mekanizması meydana getirir. Ayrıca bu tip teknolojilerin kullanılması, yukarıda bahsedilen geleneksel metodlardan farklı olarak değişik bilgilerin bir arada değerlendirilip sonuca ulaşıldığı etkin kararların verilmesi sürecinde de oldukça etkin seçenekler sunmaktadır (Sağır, 2006).

CBS günümüzde, konumsal boyutu olan pek çok teknik ve sosyal projede etkin bir karar-destek aracı olarak kullanılmaktadır (Uygunol ve Durduran, 2008). CBS'lerin karar destek sistemi olarak daha iyi hizmet verebilmeleri amacıyla iki yönelim tanımlanmıştır:

- Birincisi, mekâna ait karar destek sistemlerinin analitik problem çözmeye dayalı olarak yapılandırılmasıyla ÇKKA'nın oluşturulması;

- İkincisi, ÇKKA ile CBS'lerin bütünleşik bir yapıda kullanılmasıdır (Erden ve Coşkun, 2010).

ÇKKA'nde, kararın doğruluğu büyük ölçüde karar verme sürecinde hangi kriterlerin değerlendirildiğine (hangi kriterlerin elendiğine) ve karar vericiler (uzman personel, yönetici, kurum/kuruluşlar, akademisyenler vb.) tarafından sunulan kriter ağırlıklarına bağlıdır. Örneğin bir endüstriyel tesis yer seçiminde, karayollarına yakın olma kriteri ÇKKA'nde değerlendirilmeye alınmaz ise, elde edilen karar, ulaşım kolaylığı açısından hatalı olabilir. Gerçek problemlerde ise, bu kriterlerin tümüne doğru şekilde ulaşmak çoğu zaman mümkün değildir. Politik ve toplumsal problemlerde, karar vericilerin birden çok olduğu, verilerin büyük ölçüde değişkenlik içerdiği durumlarda, söz konusu kriterlerin doğru bir şekilde belirlenmesi daha da karmaşık bir hâl almaktadır (Derviş, 2015).

Burada CBS ile ÇKKA metodunun birlikte kullanılması ise, konumsal verilere ilişkin karar verme sürecinde oluşan problemlerin çözümünde birden fazla alternatife olanak tanırken; değişken ve bağımsız kriterleri bir arada değerlendirme imkanı da sunmaktadır. Ayrıca uzmanlık/ilgi alanlarına sahip birçok kişi (karar vericiler, yöneticiler, toprak sahipleri) değerlendirme sürecine katkı sağlayabilir. Bu nedenle, birçok konumsal soruna ilişkin problemin çözümünde, verilecek kararların konumsal değerlendirmelerle güçlendirilmesi amacıyla CBS tabanlı ÇKKA'ya başvurulur (Kavzoğlu vd., 2010). Tipik bir ÇKKV probleminin üç temel bileşeni vardır. Bunlar; **kriterler, kriterlerin uygunluk aralıkları ve her bir kriterin göreceli ağırlığıdır** (Derviş, 2015).

Tüm bu özellikleri içeren sağlıklı bir karar verme süreci, aşağıdaki adımları içerecek şekilde yapılandırılmalıdır:

- Yer seçimi alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi;

- Kriterlerin uygunluk aralıklarına göre standardizasyonu;

- Hiyerarşi matrislerinin oluşturulması ve kriterlerin ağırlıklarının (önem derecelerinin) hesaplanması;

- Alternatiflerin değerlendirilmesi ve yer seçimi kararının verilmesi (Erden ve Coşkun, 2011).

2.3.1 Kriterler: Kısıtlar ve faktörler

Yer seçiminde etkin kriterler; yer seçimi yapılacak konunun niteliğine uygun olan ve yer seçimi planlamasına dâhil edilmesi beklenen tüm fiziksel, coğrafik, atmosferik ve antropojenik ve diğer birçok özelliği tanımlamaktadır. Bu özelliklerin tamamı, bazı açılardan, çalışmanın amacına uygun olmayabilir. Örneğin enerji santrali yapılacak yerin tespit edilmesi gibi bir uygulamada değerlendirilebilecek kriterlerden biri *arazi kullanım sınıfı*dır. Ancak arazi kullanım sınıfları içerisinde *tarım alanları*, santral kurulmasına uygun değildir ve bu sebeple çalışma alanı için eleyici, kısıtlayıcı bir nitelik oluşturur. Çalışma alanı bu arazi kullanım sınıfı tarafından kısıtlandığı için bu tür kriterlere ***kısıt*** adı verilmektedir. Kısıtlar genel olarak büyük bir kesinlik içerir ve çalışma alanlarından çıkartılır.

Şekil 2.13'te görüldüğü üzere kısıtlandırma işlemi çalışma alanında hariç bırakılacak alanları temsil etmektedir. Kısıt haritaları ikili sisteme sahiptir. Bu durum, haritada hariç bırakılan alanın 0 ile kalan alanların 1 ile temsil edilmesini sağlamaktadır. Örneğin tez kapsamında, "Hangi bölgelerde enerji tarımı yapılmamalı?" sorusu eleyici kriterlerin tespit edilmesi sırasında sorulabilir.



Şekil 2.13 Kısıt haritası.

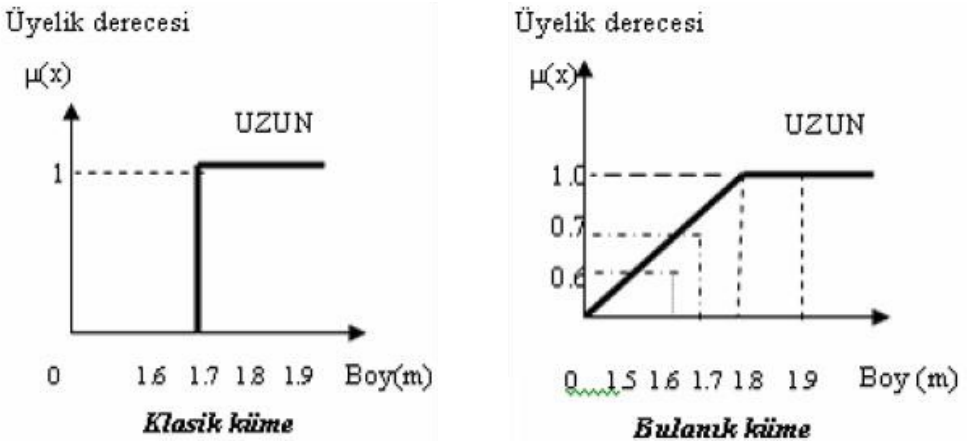
Kısıtlara ek olarak bir diğer kriter kümesi ise ***faktör***lerdir. Bu kriterlerin en önemli özelliği, içinde barındırdığı bilgilerin belirli bir aralığının, çalışma niteliğine uygun olmasıdır. Örneğin *arazinin eğimine* ait veri tabakasının enerji santrali kurulumuna uygun olan belirli bir değer aralığı bulunmaktadır. Bu değer aralıkları, ayrıca uygunluk aralıkları olarak da adlandırılabilir. Uygunluk aralıkları kısıtlar kadar kesinlik içermez. Bu aralıkta, uygunluk artar, azalır veya sabit kalır. Uygunluk aralıklarının 0-1 arasında kümelendirilmesine ***faktör standardizasyonu*** adı verilir.

2.3.2 Faktör standardizasyonu: FUZZY bulanık mantık tekniği

Faktörler standardize edilirken iki çeşit mantıksal yaklaşım kullanılır. Bunlardan birincisi "Klasik Mantık" (Boolean veya Aristo mantığı) olarak adlandırılır. Klasik mantıkta kriterlerin, bir uygunluk aralığının elemanı olup olmadığının cevabı ya *evet* ya da *hayır* olmak üzere kesindir (Maxson, 2007; Aydın ve Eker, 2011; Uludağ ve Deveci, 2013; Derviş, 2015). Burada uygun olan değerler tamamen 1, uygun olmayan değerler ise tamamen 0'dır. Ancak bu durum yeryüzü ile ilgili olan yer seçimi çalışmalarının doğruluğunu etkileyecektir (Uludağ ve Deveci, 2013). Buna şöyle bir örnek verilebilir;

"Eğim faktörü" farklı dereceleri bir arada içerir. Örneğin enerji santrali kurulacak alanların seçimi için eğim uygunluğu maksimum 25°'ye kadar geçerli olduğunda, klasik mantığın faktör standardizasyonu, sadece 0-25° aralığındaki eğim derecelerinin uygunluğunu eşit/1 (uygun) olarak kabul edecek ve diğer eğim derecelerini 0 (uygun değil) olacak şekilde sınıflandıracaktır. Ancak bu durumda uygunluk bu aralıktaki her değerde aynı olacaktır. Maksimum eğim derecesi (25°), uygunluğun son değeri olmasına rağmen; bu değerin de diğer değerler gibi aynı uygunluğa sahip olması bu mantığı kısıtlayıcı bir etkendir. Bunun yanı sıra, dünya yüzeyinde, eğim, yükseklik ve buna benzer faktörler sürekli değildir, kısa mesafeler içerisinde birçok varyasyon içerebilir (Maxson, 2007). Bu durumda örneğe, başka bir mantıksal yaklaşım olan FUZZY-Bulanık Mantık yöntemi ile bakılması gerekebilir. Bu mantık sisteminde uygunluk, bir küme olarak ele alınır ve bu küme arasında ([0,1] arasında) değişiklik gösterir. Böylece bahsedilen örnekte, 0-25° arasında azalan bir uygunluk söz konusu olur (Maxson, 2007; Uludağ ve Deveci,

2013). Şekil 2.14'te yukarıda bahsedilen klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki fark görülmektedir. Klasik mantıkta uygun kümenin içindeki her değer aynı uygunluk derecesine (üyelik derecesine) sahipken; bulanık mantıkta kümenin içindeki tüm değerler farklı uygunluk derecesine (0 ile 1 arasında artan veya azalan) sahip olurlar.



Şekil 2.14 Klasik mantık ve bulanık mantığın şekilsel gösterimi, http://www.bilisimdergi.com/Bulanik-Mantik-2-2.html

FUZZY modülü yapay zekâ temeline sahip bulanık mantık analiz modülüdür ve Lotfy A. Zadeh (1965) tarafından geliştirilmiştir (Derviş, 2015).

FUZZY modülü ile doğada kesin belirlilik halinin yani Aristoteles felsefesine göre işleyen bir kesinliğin (Ural, 2004) çoğu zaman mümkün olamadığı ve dolayısıyla klasik mantık ile yapılan çözümlemelerin yetersiz kalabildiği ifade edilebilir (Aydın ve Eker, 2011).

Bulanık küme yaklaşımı, kesinlik kavramını ortadan kaldırarak belirsizlik kavramının tanımını yeniden vermekte ve tüm kriterlere üyelik derecesi atayarak matematiksel olarak tanımlama yapmaktadır. Böylece kriterler, bulanık küme içerisinde üyelik dereceleri tarafından gösterilen daha büyük ve daha küçük değerlere ait olabilirler (Derviş, 2015).

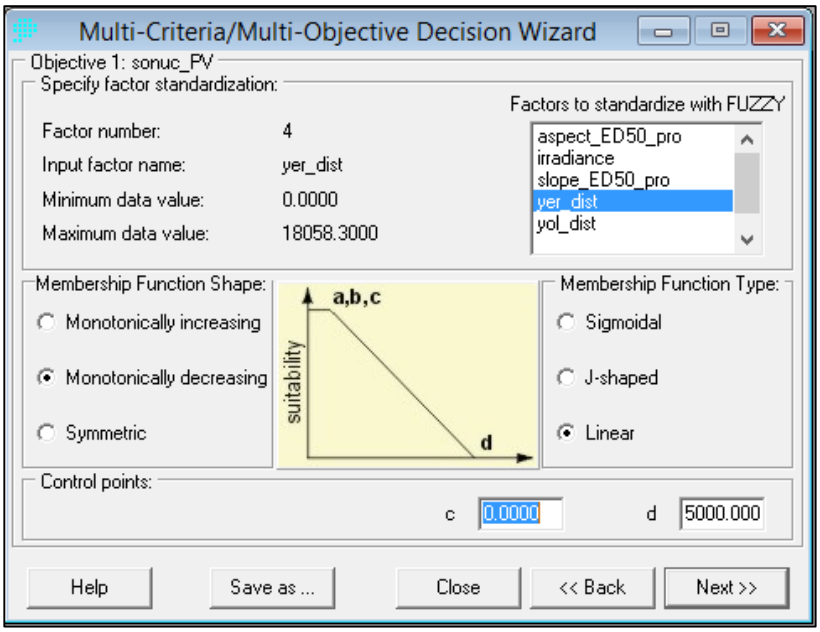
Zadeh'e göre bulanık mantığın üç özelliği vardır;

- Bulanık mantığın doğruluk değerleri, sayılar yerine kelimeler şeklinde kendini göstermektedir.

- Bu kelimeler, çok doğru, oldukça doğru, çok yanlış gibi ifadeler içerir.

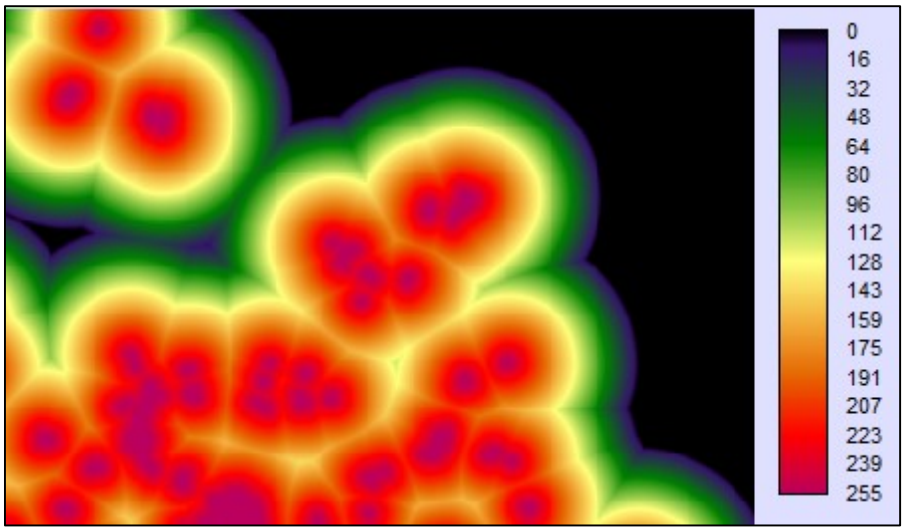
- Çıkarım kurallarının geçerliliği içinse, kesin doğruluktan söz edilemez (Zadeh, 1965; Zadeh, 1995; Ural, 2004; Derviş, 2015).

Şekil 2.15'te TerrSet yazılımına ait FUZZY modül görüntüsü kullanılarak standardizasyonun CBS ortamında nasıl yapıldığı gösterilmiştir. Fuzzy uygunluk aralığı grafikte görülmektedir. Uygun olan bölge çokgenin içinde kalan bölgedir.



Şekil 2.15 Faktör verilerin bulanık mantık ile standardize edilmesi.

Şekil 2.16'daki görüntü bir standardize edilmiş faktör haritasıdır. Burada uygunluk değeri 0 olan alanlar, tamamen uygun olmayan alanlar iken; 255 değeri en uygun alanları temsil etmektedir. Arada kalan bölgeler uygunluğun sürekli değerlerine sahiptir. Burada 0-255 (genel olarak 0-1 aralığına denk gelmektedir) aralığı TerrSet yazılımında kullanılan 8-bit'lik radyometrik çözünürlükten kaynaklanmaktadır. Böylece tüm faktörler aynı uygunluk skalasına sahip olurlar.



Şekil 2.16 Bulanık Mantık sonucu elde edilen uygunluk aralığı.

2.3.3 Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

AHP, problemleri hiyerarşik bir yapıda ele alan ve ikili karşılaştırma mantığına dayanan çok kriterli analiz tekniğidir (Ömürbek vd., 2013). AHP gibi çok kriterli analiz teknikleri ile çok sayıda ve/veya birbirinden bağımsız faktörün etkisi dikkate alınarak, karar vericinin en uygun kararı vermesi sağlanır.

AHP, 1970'lerin sonlarında Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHP'nin karar vericiler tarafından tercih edilmesinin nedeni çok kriterli kararların alınmasında taraflı (sübjektif) kriterleri de dikkate alabilmesidir. Çok kriterli karar verme yaklaşımlarından olan AHP'de nitel faktörler başlıca öneme sahiptir. Bu teknik, alternatiflerin ayrıntılı değerlendirilmesinde nitel ve nicel faktörleri birleştirebilen bir tekniktir. AHP çeşitli seviyelerde birbirinden bağımsız olan faktörlerin, içinde bulundukları hiyerarşik yapıda değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. AHP'de problem hiyerarşik bir biçimde yapılandırılmaktadır. Hiyerarşinin en üstünde bir amaç yer almakta ve amacın altında sırasıyla kriterler olacak biçimde yapı tamamlanmaktadır (Ömürbek vd., 2013).

AHP tekniğinin en önemli yanı nümerik değerlerin anlamlı bilgiyi ve yorumlamayı oluşturmasıdır. Nümerik değerlerle oluşturulan matrislerin değerlendirmesi ile "kriter önemi" olarak adlandırılan anlamlı bilgi oluşturulmuş

olur. AHP'de bu bilginin oluşturulabilmesi için yaratılan matriste "ikili karşılaştırma yapılır". Karşılaştırmanın yapılacağı matriste yazılan nümerik değerlerin anlamları ise Tablo 2.1'de bulunmaktadır.

Tablo 2.1 AHP matrisi oluşturulurken kullanılan nümerik değerler ve anlamları (Saaty'den 2008).

Önem Derecesi	Anlamı
1	İki kriter de eşit önemdedir.
3	Bir kriter diğerine göre biraz daha fazla önemlidir.
5	Bir kriter diğerine göre oldukça fazla önemlidir.
7	Bir kriter diğerine göre çok fazla önemlidir.
9	Bir kriter diğerine göre son derece (ekstrem) önemlidir.
2,4,6,8	Ara değerler (Uzlaşma gerektiğinde kullanılabilir -iki ardışık yargı arasındaki değerler-)

Tablo 2.1'de verilen nümerik değerler ile AHP matrisi oluşturulur. Burada AHP'nin daha iyi bir şekilde anlaşılması adına ABD'de hangi içeceğin tüketiminin önemli olduğu ile ilgili yapılan bir araştırmanın AHP matrisi tanıtılacaktır (Şekil 2.17).

An Example of Estimation Using Judgments

Drink Consumption in the U.S.	Coffee	Wine	Tea	Beer	Sodas	Milk	Water
Coffee	1	9	5	2	1	1	1/2
Wine	1/9	1	1/3	1/9	1/9	1/9	1/9
Tea	1/5	2	1	1/3	1/4	1/3	1/9
Beer	1/2	9	3	1	1/2	1	1/3
Sodas	1	9	4	2	1	2	1/2
Milk	1	9	3	1	1/2	1	1/3
Water	2	9	9	3	2	3	1

The derived scale based on the judgments in the matrix is:

Coffee	Wine	Tea	Beer	Sodas	Milk	Water
.177	.019	.042	.116	.190	.129	.327

with a consistency ratio of .022.

The actual consumption (from statistical sources) is:

.180	.010	.040	.120	.180	.140	.330

Şekil 2.17 ABD'de içecek tüketimi ile ilgili AHP matrisi ve matrisin hesaplanması ile elde edilen kriter önem değerleri (Saaty'den 2008).

Yukarıda gösterilen matriste matrisin birinci satır ve sütununda bulunan içecek adları işlenen konunun niteliğine özgün olan kriterlerdir. İkili karşılaştırmalarda satır ve sütun başlarında kriterler aynı sıra ile yazılır. Daha sonra her kriter birbiri dahil olmak üzere ikili karşılaştırmalara tabi tutulur. Örnek vermek gerekirse, yukarıda görüldüğü gibi, "kahvenin" kendisi ile karşılaştırılmasında önem derecesi 1'dir; bu durum eşit önem derecesini göstermektedir. "Kahve" ile "çay" karşılaştırıldığında ise "kahvenin" "çaydan" 1/5 nümerik değeri ile oldukça fazla önemli olduğu görülmektedir. Burada matris hesabı yapıldığında önem bakımından en fazla değere sahip olan içeceğin 0.327 ile "su" olduğu görülmektedir. "Su" diğer kriterlere göre %32 ile daha fazla ağırlığa; yani öneme sahip olmuştur.

AHP analizinde nümerik değerler matrise yazılırken genel olarak "uzman görüşlerinden" yararlanılır. Çalışmanın niteliğine yönelik alanlarda çalışan uzmanlar, yöneticiler, planlamacılar vb. bu matrisleri oluşturur. Oluşturulan matrislerin sonuçları ise geometrik ortalamaya tabi tutularak, kriterlerin ağırlıkları hesaplanır. AHP gibi süreçler şu üç parametre nedeni ile önemlidir: (1) Karar verme aşamasına giden yolun her zaman kesinlikler içermediği; tam aksine gerçek

dünyada coğrafi verilerin değişkenlik ve belirsizlik içerdiği ve tüm verilerin birbirini etkilediği bir durumda bu verilerin bağımsız olduğunu düşünmenin ve ayrı ayrı değerlendirerek sonuca ulaşmaya çalışmanın yanıltıcı olabilmesi, (2) Hiyerarşi modellerinin stokastik modeller olması ve belirsizliği barındırması ve (3) İnsan faktörünün (karar vericiler, yöneticiler, personeller vb.) çalışmanın niteliği ile ilişkili kriterler (örneğin enerji bitkisi yetiştirilebilecek yerin seçimine ait kriterler) hakkında yorumlarının hesaba katılması (Ömürbek, 2013).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Al-Hanbali ve arkadaşlarının (2011) yapmış olduğu çalışmada, Ürdün'ün Mafraq kenti çalışma bölgesi seçilerek optimum katı atık depolama sahasının kurulabileceği yere ait tespit yapılmıştır. Burada CBS tabanlı ağırlıklandırılmış lineer kombinasyon analizi (WLC-Weighted Linear Combination) ve UZ-AL tekniklerinden faydalanılmıştır. Bunun için öncelikle çalışmanın niteliğine uygun olacak şekilde farklı kaynaklardan vektör ve raster veriler toplanmıştır. Bu veriler; yerleşim alanları, tarım alanları, ulaşım yolları, yüzey akiferleri, yeraltı havzaları, boru sistemleri, su yapıları, akıntılar ve arazi eğimidir. Yerleşim alanının genişlemesinin tespiti için LANDSAT uydusuna ait 1989, 1999 ve 2009 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Saha uygunluğu, CBS tabanlı WLC ile tespit edilmiş ve sonuç olarak, alanın %84'ünün katı atık depolama sahası için en uygun ile ılımlı uygun arasında değiştiği, kalan kısmın ise zayıf uygunlukla kötü uygunluk arasında değiştiği görülmüştür. Bu tespitin yapılmasına ek olarak WLC modülüne, çevresel, biyofiziksel ve ekonomik değişkenler eklenmiş ve özel olarak üç alternatif saha belirlenmiştir. Ayrıca uydu görüntüleri ile oluşturulan farklı yıllara ait arazi kullanım haritalarının incelenmesiyle, son 30 yıl içerisinde yerleşim oranının %240 arttığı tespit edilmiştir.

Wang ve arkadaşlarının (2014) yapmış olduğu çalışma ise Japonya'nın Fukushima kentini kapsaması açısından oldukça ilginç ve kayda değerdir. Yapılan çalışmada Fukushima bölgesinde CBS desteği ile yersel olarak yenilenebilir enerji tesislerine ait bir yaklaşım gerçekleştirilmiştir. Bu analizde yenilenebilir enerji türleri olarak güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik potansiyeli tespit edilerek haritalandırılmıştır. Bölgede öncelikle jeolojik, topografik ve arazi kullanımına ait kısıtlar tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan kriterlerden Daiichi nükleer santral patlamasından kurtulan nüfus ve orman radyasyon seviyeleri, bu çalışmayı diğer saha uygunluğu çalışmalarından ayırmaktadır. Yenilenebilir enerji için geliştirilen konumsal planlama yaklaşımında enerji tüketimi analizi, yenilenebilir enerji potansiyelinin tahmini ve enerjide kendine yetebilme analizleri yer almaktadır. Çalışmada, bölgede en yüksek yenilenebilir enerji potansiyelinin güneş enerjisinde olduğu, orman alanlarında devam eden radyasyon etkisi nedeniyle biyokütle potansiyelinin çok yüksek olmadığı, 2020 yılı sonunda

Fukushima bölgesinin %40'ının kendi kendine yetebilecek potansiyele sahip olacağı tespit edilmiştir. Hedeflenen CBS-destekli yaklaşım ile yenilenebilir enerji planlamasında karar verme süreci ile ilgili bilgilerin görselleştirilmesiyle sürece önemli destek sağladığı belirtilmiştir. Üretilen "enerjide kendi kendine yetebilme haritaları" ile gelecekte enerjide kendi kendine yetebilme tahminleri yapılabileceğinin de altı çizilmiştir.

Koikai J.S. (2008), Batı Kenya'da kurulabilecek biyoetanol tesisleri için uygun potansiyele sahip sahaları değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için çalışmada CBS tabanlı uygunluk modellerinden yararlanılmıştır. Batı Kenya'nın Nyanza bölgesi ülkenin en fazla mısır yetiştiriciliği yapılan yeri olması analizlerin bu bölgede yapılmasını sağlamıştır. Öncellikle biyoyakıt tesisi belirlemek için gerekli olan faktörler belirlenmiş ve puanlanmıştır. Çalışmanın saha uygunluğunun analiz edilen bölümünde CBS destekli "ağırlıklandırılmış çakıştırma uygunluk analizi" kullanılmıştır. Öncelikle faktörler toplamları 1 olacak şekilde ağırlıklandırılmış ve ağırlıklandırılan faktör haritaları ArcGIS programında bulunan Map Algebra modülü ile çakıştırılmıştır. Yer tespitinin yapılabilmesi için tercih edilen faktörler ise yol ağı, ana şehirler ve mısır üretim noktalarına ve marketlerine olan uzaklık verileridir. Sonuç olarak ise Kuzey Nyanza bölgesinin biyoetanol tesisleri için uygun sahalara sahip olduğu ifade edilmiştir.

Pareta (2013) tarafından yapılan çalışmada ise turizm gelişimi için CBS ve UZ-AL tabanlı yer seçimi modellemesi yapılmıştır. Çalışma bölgesi olarak Vietnam'ın Quang Nam bölgesinin Hai An şehri seçilmiştir. Bu şehrin seçilmesindeki sebep yerleşim alanlarının giderek turizm alanlarını işgal etmeye başlamasıdır. Burada belirtilen önemli bir diğer nokta ise turizm konusunda CBS uygulamalarının, "turizm bazlı arazi yönetimi ve rekreasyon-doğal yaşam çatışmaları" gibi konular ile maddi desteklemelerin azlığı ve koordine olmayan prosedürler sayesinde bu bölgede bu zamana kadar kısıtlı kalmasıdır. Yapılan bu çalışma ise turizm gelişimi için CBS uygulamaları ile planlama analizleri yapılmasına olanak sağlamıştır. Değerlendirilen kriterler arasında yol bağlantıları, demiryolu istasyonlarına yakınlık, havayollarına yakınlık, kültürel miraslar, sahiller, plajlar, su yapıları ve göller bulunmaktadır. Öncelikle bu kriterlerin eleyici

aralıkları ile uygunluk sınıfları belirlenmiş ve puanlanmış daha sonra ise karar verme analizi ile (*decision making modelling*) sonuç haritasına ulaşılmıştır.

Lewis ve arkadaşlarının (2014) yaptığı çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri'nde kuraklığa dayanıklı dallı darı bitkisinin yersel uygunluğu bulanık mantık içeren CBS teknikleri ile belirlenmiştir. Yapılan modele fiziksel ve ekonomik kriterler eklenmiş ve Fuzzy üst üste bindirme teknikleri ile uygunluk sınıflandırması yapılmıştır. Sonuçlara göre uygun bölge zaten uzun yıllardır üzerinde durulan Great Plains bölgesi seçilmiştir. Bu sonucun seçilebilmesi için dallı darıya yönelik yüksek çözünürlüklü hava ve toprak verisinden türetilmiş kuruluk indeksi kullanılmıştır. Uygun görülen alan olan Kansas'ta kuruluk indeksinin çalışmaya % 80 oranında yeterli olduğu görülmüştür. Böylece çalışmada uygunluk analizi ve görselleştirilmesi yapılmıştır.

Maxson (2007) tarafından yapılan tez çalışmasında ise Mississippi eyaleti için bulanık mantık (Fuzzy logic) tabanlı CBS modellemesi ile dallı darı için ekolojik uygunluğu olan alanların tespiti işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada dallı darı'yı etkileyebilecek toprak verileri incelenmiş ve bitkinin yetişebileceği uygunluk aralıkları tespit edilmiştir. Bu toprak verileri; su tutma kapasitesi, eğim, pH, drenaj, toprak rengi ve toprak deseni şeklinde belirtilmiştir. Verilerin çalışma için oluşturulması amaçlanarak, 15 cm toprak derinliğinden alınan numuneler ile analizler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu kriterler için eleme aralıkları, bitki ve toprak bilimcilerin desteği ile belirlenmiş; bu aralıklar elendikten sonra kalan aralıklarla birlikte kriterler FUZZY modülüne tabi tutulmuştur. FUZZY modülü içeren final modelinin çalıştırılması ile ekolojik olarak dallı darı'nın yetişebileceği uygun alanların tespit edilmesi –uygunluk aralığının beş sınıfa ayrılması ile- sağlanmıştır.

Mississippi' de yapılan başka bir çalışma olan Arias'ın (2008) yapmış olduğu çalışmada ise bu bölgede dallı darı için uygun toprak kategorizasyonu CBS desteği ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, ÇKKA Sistemi ve Duyarlılık Analizi (toprağın dallı darıya uygun olup olmadığına dair analiz) bir arada kullanılmıştır. Burada dikkat çeken en önemli nokta, Arias'ın da belirttiği üzere, toprak ile ilgili güncel verilerin kısıtlı olmasıdır. Bu sebeple toprak verileri NRCS-USDA'dan

sağlanmıştır. Yine de bu veriler çözünürlüğü nedeniyle zayıf kalmaktadır. Arazide ölçümler yapılarak gerçekleştirilebilecek geleneksel yöntem ise hem pahalı hem de yorucudur. NRCS-USDA'dan alınan veriler, ALMANAC (Agricultural Land Management Alternatives with Numerical Assessment Criteria) simülatörüne entegre edilerek potansiyel biyokütle verimi tahminlemeleri oluşturulmuş ve bu tahminler arasında en iyi olanı, "biyokütle verimliliği ve toprak bazlı dallı darı yetiştirilmesi uygunluğu" parametresi ile korelasyonu en iyi sağlayan tahmin olarak seçilmiştir. Korelasyon formulizasyonu olarak Pearson formulizasyonu tercih edilmiştir. Böylece hem toprak uygunluğu hem de verimliliği yüksek alanın seçilmesi sağlanmıştır. Model oluşturulması sırasında lineer ağırlıklandırma modülü kullanılarak arazi uygunluğu tahminlemesi yapılmıştır

Fiorese ve Guariso'nun (2010) yapmış olduğu çalışmada ise bölgesel ölçekte, enerji bitkilerinden biyokütle tahminlemesi yapabilecek CBS destekli bir yaklaşım geliştirilmiştir. Burada kullanılan kriterler, jeomorfoloji, iklimsel veriler, doğal miraslar, şimdiki arazi kullanım sınıfları verileridir. Çalışmada ayrıca potansiyeli en iyi olan bitkiler tespit edilmiş ve bölgeye göre maksimize biyoenerji üretimi formülize edilmiştir. Çalışmada marjinal (tarım dışı) alanların enerji bitkisi yetiştiriciliği için kullanılması önerilmiştir. Çalışmanın metodu (1) CBS'de direkt kullanılabilecek kartografik dataların ve (2) istatistiksel datalardan türetilen verilerin CBS'ye entegrasyonu ile oluşturulmuştur. Burada öncelikle yasal ve çevresel zorunluluklara dikkat edilerek alanda kısıtlamalar yapılmış ve daha sonra faktörlerin uygunluk aralığına göre uygun sahalar bulunduktan sonra çalışmada verilen formülizasyonlarla biyokütle potansiyeli tahminlemesi ve enerji bitkisi yetiştiriciliği sonucu ne kadar sera gazı emisyonunun önleneceği hesaplanmıştır.

Aydın ve arkadaşlarının (2013) yaptığı çalışmada batı Türkiye'nin yenilenebilir hibrit (rüzgâr-güneş) enerji sistemlerinin arazi seçimleri için CBS tabanlı metodoji geliştirilmiştir. Burada özellikle üzerinde durulan, tek tip yenilenebilir enerji kaynağı ile sürekli enerji elde edilmesinin mümkün olmadığı; bu sebeple çalışmada iki kaynağın hibrit edildiğidir. Böylece biri ile elektrik üretmek mümkün olmadığında diğer kaynak devreye girebilir. Bunun için çalışmada çevresel uygunluklar ve ekonomik fizibiliteler incelenerek kriterler

bulunmuş, kriterler FUZZY karar verme prosedürü ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucu, FUZZY analizinden çıkan haritaların çakıştırılması ile elde edilmiştir.

Charabi ve Gastli'nin (2011) yaptığı çalışmada Umman'da PV-Paneller için arazi uygunluğu FUZZY ÇKKA ile incelenmiştir. Çalışmada teknik, ekonomik ve çevresel kriterler belirlenmiştir. Bunların içinden kısıtlar (yerleşim alanları, yüzeyüstü sular vb.) çıkarılmış ve faktörlerin uygunluk aralıkları FUZZY modülü ile işlenmiştir. AHP analizi ise faktör ağırlıklarının elde edilmesinde kullanılmıştır. Sonuç haritasının tespiti için ArcGIS yazılımının FUZZY Logic Ordered Weight Averaging (FLOWA) uygulamasından yararlanılmıştır.

Uyan'ın (2013) çalışmasında ise Türkiye'nin Konya ilinde güneş tarlası için uygun alanların belirlenmesine yönelik AHP analizi yapılması göze çarpmaktadır. Çalışmada yersel, iklimsel ve ekonomik kriterler belirlenmiş ve öncelikle bu kriterlerin içinden kısıtlar çıkartılmıştır. Daha sonra, faktör veriler için AHP analizi yapılmış ve oluşturulan AHP matrisinin sonucuna göre ağırlıklar belirlenmiştir. Sonuç olarak tüm faktör haritalar ağırlık değerleri ile birlikte çakıştırılarak uygunluk haritası elde edilmiştir. Uyan'ın yaptığı bu çalışmada faktörler ağırlıklandırılmış; ancak standardizasyon yerine faktörlerin farklı uygunluk aralıkları önem derecelerine göre puanlanmıştır. Bu durum aynı uygunluk aralığında bulunan tüm değerlerin eşit önemde olduğunu gösterir ve sonuçlar bulanık mantık yöntemi kadar gerçeklik içermez.

Thapa (2012) yaptığı çalışmada, Kuzey Dakota'da dallı darı bitkisinin yetiştirilebileceği uygun alanların haritalanmasını iklim parametrelerini dikkate alarak ve CBS/UZ-AL desteği ile gerçekleştirmiştir. Burada dikkate alınan veriler daha çok iklim, toprak ve arazi kullanım verileridir. Bu veriler çalışma bölgesini kapsayacak şekilde elde edilmiştir. Bunun yanı sıra arazi uygunluğu tespiti yapılırken bitkinin yetiştirilme planlaması, potansiyel biyokütle verimi ve uzun süreli arazi kullanım alışkanlıkları da dikkate alınmıştır. Çalışmanın dikkat çeken özelliklerinden biri, ALMANAC ekin modelinin kullanılmasıdır. Bu model sayesinde farklı iklim ve toprak karakteristiklerinde bitkinin potansiyel verimi simüle edilebilmektedir. Burada, uygunluk haritasının bulunmasında, faktörler AHP ile ağırlıklandırılmış ve MCA (Multi Criteria Analysis) modeli ile Kuzey

Dakota için sonuç haritasına ulaşılmıştır. Sonuç haritası için MCA'da kullanılan yöntem ise ağırlıklı çakıştırma yöntemidir.

Janke ise (2010) yaptığı çalışmada Colorado bölgesinde rüzgâr ve güneş çiftliklerini CBS tabanlı Çoklu Kriter Analizi ile modellemiştir. Çalışmada; 1) Bölgeye ait arazi örtüsü sınıflarının rüzgâr ve güneş potansiyelinin araştırması, 2) Güneş ve rüzgâr tarlaları için uygun alanların CBS desteği ile elde edilmesi amaçlanmıştır. Kriterler ağırlıklandırılmış ve çakıştırılmış; böylece sonuç haritası elde edilmiştir.

Özşahin ve Kaymaz'ın (2013) yaptığı çalışmada, Hatay ilindeki rüzgâr enerjisi santralleri (RES)'nin yapım yeri seçiminin coğrafi faktörler kapsamında ve CBS metotları kullanılarak sorgulanması amaçlanmıştır. Veriler ÇKKA esası çerçevesinde CBS yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, "Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)" ve ilgili literatür eşliğinde tespit edilen 15 farklı parametreyi kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Faktörler yeniden sınıflandırılma yöntemine tabi tutulmuş ve sonuç görüntüleri ağırlıklı çakışma yöntemi ile üst üste bindirilerek uygunluk haritasına ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçların geçerliliği arazi çalışmaları ile yerinde kontrol edilmiştir. Ancak burada kuş göç yollarına uzaklık ve yerleşim alanlarına uzaklık gibi verilerin bulunmaması, tespit edilen uygun alanların eleştirilmesine sebep olabilir.

Memduhoğlu vd. (2012) yaptığı çalışmada, Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde tek bir rüzgar türbini yerleştirilmesi amacıyla CBS-ÇKKA yer seçim yöntemi kullanmıştır. Karar mekanizması için, radarlara, havaalanına, şehir merkezine, akarsulara, enerji nakil hatlarına uzaklık ve güç yoğunluğu gibi kriterler, AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Faktör haritaları ise yeniden sınıflandırma yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu sınıflandırmalar 1-9 arasında (9 en uygun; 1 uygun değil) manuel olarak yapılmıştır. Bu sistem klasik sistemden biraz farklı olsa da; bulanık mantık kadar, uygunluk aralığına indirgeyen ve sürekli" bir standardizasyon haritası vermez. Daha sonra bu yeniden sınıflandırılmış faktörler, AHP ağırlıkları ile çarpılmış ve böylece rüzgar türbini kurulacak alan belirlenmiştir. Burada ağırlıklı kriterler ve binaların bulunduğu

yerler gibi ağırlıklandırma yapılmadan ele alınan kriterler, hep birlikte CBS ortamında değerlendirilmiştir.

Haaren ve Fthenakis (2011) yaptığı çalışmada ise ABD'nin New York eyaletinde rüzgar tarlası kurulabilecek uygun alanların belirlenmesi için ÇKKA modeli kullanmış, uygunluk kriterlerini ekonomik, planlama, fiziki ve ekolojik olarak sınıflandırılarak modele entegre etmiştir. Modelin çalıştırılması ile rüzgar türbinleri kurulabilecek uygunlukta olan alanların belirlenmesi sağlanmıştır.

Farajzadeh ve arkadaşları (2013) çalışmalarında, AHP ve FUZZY TOPSİS tabanlı ÇKKA modeli kullanmış; kriterleri çiftli karşılaştırma yöntemine göre ağırlıklandırmıştır. Burada FUZZY TOPSİS tekniği tıpkı AHP gibi karşılaştırma ile önem derecelerinin belirlenmesi tekniklerinden biridir. Çalışmada, kriterler, iklimsel ve çevresel olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Kriterler ağırlıklandırılırken İran'ın yenilenebilir enerji organizasyonlarından birinde bulunan uzmanlardan yardım alınmıştır. FUZZY standardizasyonu yapılırken ise FUZZY üçgenleri yönteminden yararlanılmıştır. Uygun haritasının çıkartılması işleminde kriterlerin FUZZY üçgen standardizasyonu ve ağırlıkları ÇKKA modeline entegre edilmiştir.

Gastli ve arkadaşlarının (2009) yapmış oldukları çalışmada ise Umman'ın Duqum kentinde yoğunlaştırılmış güneş santrali (CSP) kullanılarak oluşturulacak deniz suyu desalinasyon tesisinin kurulabileceği uygun alanların tespiti CBS desteği ile sağlanmıştır. Burada öncelikle kısıtlar çalışma alanından kesilerek çıkartılmış ve çeşitli etkiler (sosyoekonomik, çevresel vb.) karar analizi (decision making) ortamında değerlendirilmiştir. Tüm bu değerlendirmeler ve kısıtlamalar ile Duqum, Umman için tesislere ait uygun noktaları gösteren sonuç harita elde edilmiştir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Yer Seçimi İçin İzlenen Yöntem

Enerji bitkisi yetiştiriciliği yapılabilecek uygun yerin seçimine yönelik yöntem genel olarak şu adımları içerir;

Araştırma Sınırlarının Belirlenmesi: Saha uygunluğu analizi (uygun yer seçimi) gibi çalışmaların yapılabilmesi için öncelikle araştırma sınırlarının tespit edilmesi gerekmektedir. Araştırma sınırlarının içinde çalışmaya (enerji bitkileri yetiştiriciliği) hitap eden özelliklerinin olması ise sonuçların etkili olmasını sağlar.

Enerji bitkinin seçilmesi: Enerji bitkisi yetiştiriciliğine yönelik bir çalışmanın yapılabilmesi için kriterlerin belirlenen model bitkiye göre seçilmesi gerekir. Model bitki seçimi, bu sebeple, çalışmanın niteliğini belirleyen önemli bir etkendir. Ancak geliştirilen yer seçimi modeli başka bitkilerle de güncellenebilir olursa ve eğer kriterlerin güncellenmesi mümkün olursa, farklı bitkilerle de çalışılabilir.

Kriterlerin Belirlenmesi: Enerji bitkisi yetiştiriciliğine yönelik uygun alanların tespit edilebilmesi için; bu işlemin gerçekleştirilmesinde kullanılması gereken birtakım kriterler bulunmaktadır. Bu kriterler çalışmaların amaçlarına göre değişiklik gösterebilir ve CBS bazlı çalışmalarda kısa zaman aralıklarında güncellenebilir.

Veritabanı oluşturulması: Kriterlerin belirlenmesinden sonra gerçekleştirilen işlemdir. Bu aşamada kriterleri temsil eden veriler; açık kaynak veritabanlarından hiçbir koşul gerektirmeden, kurum ve kuruluşlardan izin ve/veya satın alınarak, yersel ölçümlerden oluşturularak veya elde bulunan başka verilerden türetilerek elde edilebilir. Veritabanı oluşturulması aşaması, verilerin bahsedilen çeşitliliğinden dolayı bu tip çalışmaların en çok zaman alan kısmını oluşturmaktadır.

Yer Seçimi Modelinin Oluşturulması: Bu aşamada, çalışmada kullanılabilecek model tercihi yapılır. Burada seçilen CBS bazlı model, çalışmanın sonucunu etkileyen en önemli etmendir. Günümüzde CBS bazlı birçok yer seçimi çalışmasında -Önceki Çalışmalarda bahsedildiği gibi- varyasyonel modeller

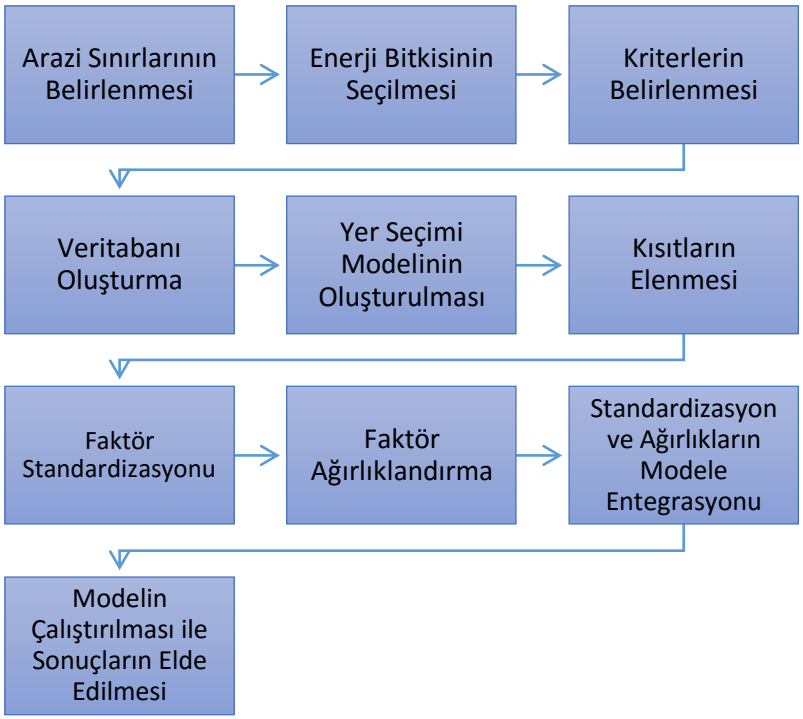
kullanılmaktadır (“MCE”-ÇKKA, “WS”-Ağırlıklı Toplam, “WLC & Reclass”-Ağırlıklandırılmış Lineer Kombinasyon & Yeniden sınıflandırma vb.). Bu modeller, alt basamaklarında farklı veri işleme modüllerine sahip olduklarından dolayı (FUZZY, RECLASS vb.) kullanıldıklarında farklı sonuçlar verebilmektedir. Dolayısıyla burada önemli olan gerçek dünyaya özgü kriterlerin (jeomorfoloji, iklim vb.) varlığında insan beyninin yapmaya çalıştığı karar üretme yöntemine yakın modellerin geliştirilmesi ve tercih edilmesidir. Bir yer seçimi genel olarak bazı alt basamaklara ayrılır:

- *Uygun olmayan kriterlerle çalışma sahasının kısıtlanması:* Enerji bitkisi yetiştirilecek alanların tespit edilebilmesi için öncelikle enerji bitkisi yetiştirilemeyecek alanların belirlenmesi ve bu alanların tüm araziden elenmesi gerekir. Burada, eğer varsa, yer seçimi için uygun olmayan bu kısıtlar çalışma alanından çıkartılır.

- *Faktör standardizasyonu:* Bazı veriler, bitki yetiştiriciliğine imkân sağlayabilecek uygun değer aralıklarına sahiptir (faktörler). Faktör standardizasyonu, faktörün barındırdığı tüm değerlerden çalışmaya uygun olan aralığın ayrılmasını sağlayan bir işlemdir. Standardizasyon için farklı mantıksal yöntemler kullanılabilir (klasik veya bulanık mantık).

- *Faktör Ağırlıklandırma:* Faktör verilerin önem derecelerinin tespit edilmesi. Bu aşamada ağırlıklandırma yöntemleri çalışmadan çalışmaya değişiklik gösterebilir (AHP, ANP-Analitik Ağ Prosesi vb.).

  Burada anlatılan tüm bu aşamalar ayrıca Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Yer seçimi basamakları.

4.2 Model Enerji Bitkisi: Dallı Darı (Switchgrass)

1930'ların ortalarında ABD Tarım Departmanı ve bazı üniversiteler tarafından araştırılmaya başlanan dallı darı bitkisi, 1940'larda ABD'de mera koruma programı kapsamında yararlanılan bir tür haline gelmiştir. Bu bitki ile enerji bitkisi olarak ilgilenilmesi ise 1980'lerde ABD Enerji Departmanı'nın biyokütle enerji türlerini araştırmasıyla gerçekleşmiştir (Monti, 2012). 1991'de ise bu bitki, 37 ayrı türün arasından çok yıllık model enerji bitkisi olarak seçilmiştir (Acaroğlu, 2007; Monti, 2012). Dallı darının çevre ve enerji alanında bu kadar önemli olmasının sebebi biyolojik yapısının hem çevreye katkı sağlaması hem de yüksek karbon tutulumuna izin vererek sera gazı etkisi azaltımına katkı sağlamasıdır (Schmer vd., 2011; Monti, 2012).

Dallı darının tez çalışması kapsamında seçilmesini sağlayan iki çok önemli motivasyon bulunmaktadır. Bunlardan

- Birincisi; bir önceki paragrafta bahsedildiği üzere bu bitkinin ABD Enerji Departmanı tarafından 37 bitki arasından model bitki olarak seçilmesi,

- İkincisi ise; Türkiye'de Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden Prof. Dr. Süleyman Soylu önderliğinde kurulan bir ekibin, Konya'da üç yıl süren (2007-2010) dallı darı yetiştiriciliğinin başarıya kavuşmasıdır (Soylu, 2011).

Tüm bunlara ek olarak dallı darının tez çalışmasına model bitki olarak seçilmesinde, bu bitkinin diğer önemli özellikleri de etkili olmuştur. Bu özelliklerden ilerleyen paragraflarda bahsedilecektir.

Şekil 2.18'de görülen dallı darı, fotosentez veriminin yüksek olmasının yanında toprağın verimliliğini arttırabilecek ve sürdürülebilir ikinci nesil lignoselülozik biyoyakıt hammaddelerinden de biridir (Acar, 2013). Toprak potansiyelini iyi kullanması yanında bu bitki, besin zincirinde önemli yeri olan bitkiler (mısır, buğday vb.) için elverişsiz olan (tarım için elverişsiz-marjinal) topraklarda bile yetişebilir (Hewitt, 1997; Acaroğlu, 2007; Gore, 2009; Soylu, 2011; Schmer vd., 2011).



Şekil 2.18 Dallı darı bitkisi,
http://www.omafra.gov.on.ca/CropOp/images/crop_images/industrial/biomass/sg/sgf2_zoom.jpg

Dallı darının biyolojik yapısı, bitkinin çok yıllık bir C_4 bitkisi olduğunu göstermektedir (Soylu, 2011; Monti, 2012;). Avustralyalı araştırmacılar olan Hatch ve Slack (1966) tarafından 1966'da bulunan (Hatch-Slack yolu) C_4 (fotosentez son ürünü 4 karbonlu) mekanizmasına sahip bitkilerden biri olan dallı darının karbon tutma mekanizmasında, C_3 bitkilerinden farklı olarak (fotosentez son ürünü 3 karbonlu), RuBisCO (rubiloz-1,5-bifosfat karboksilaz/oksijenaz) enzimi yerine çok yüksek aktiviteye sahip olan PEPc (fosfenol pürivik karboksilaz) enzimi gelişmiştir (Sage ve Monson, 1999; Osborne ve Beerling, 2006; Blankenship, 2014). PEPc'nin CO_2'ye ilgisi, RuBisCO'nun CO_2'ye ilgisinden çok daha fazla olduğundan dolayı bu enzim, çok düşük CO_2 konsantrasyonunda bile fotosentez yapabilir. Bu özelliğe ek olarak, PEPc'nin aktivitesinin dallı darıda, buğdaya, yulafa ve pancara göre 60 kat daha fazla olması, bitkinin yüksek fotosentez verimine sahip olmasını sağlamaktadır (Slack ve Hatch, 1966; Sage ve Monson, 1999; Monti, 2012). Yüksek fotosentez verimi ise bitkide fotosentez işlemi ile oluşacak son ürünün fazla olması ve toprakta barındırdığı karbonun artması anlamına gelmektedir.

Kuraklığa dayanıklı olan (Hewitt, 1997) bu bitkinin güçlü vejetatif aksamı ve derin bir kök sistemi bulunmaktadır (Şekil 2.19) (yaklaşık 3m.). Dikim yapıldıktan sonra, çok yıllık bir bitki olduğundan, herhangi bir toprak işlemesine ve/veya yoğun gübrelemeye ihtiyaç duymadan birçok yıl ürün verebilir (Hewitt, 1997; Acaroğlu, 2007; Gore, 2009).



Şekil 2.19 Land Institute'de sergilenen Dallı darı bitkisinin kök sistemi, http://en.wikipedia.org/wiki/Panicum_virgatum#mediaviewer/File:Dallı darı_roots.jpg

Dallı darının bu denli önemli olmasının en önemli nedenlerinden biri topraktaki organik madde miktarını arttırması; yani toprakta karbonu tutabilmesidir (Acaroğlu, 2007; Soylu, 2011). Artan organik madde ise;

- Toprağın aşınmaya karşı olan direncini arttırır ve yüzey akışını azaltır. Böylece toprak ve su erozyonu önlenir (Hewitt, 1997; Acaroğlu, 2007; Schmer vd., 2011).

- Yüzey akışının azalmasıyla birlikte su toprağa karışarak bitkiye ulaşır (Yanmaz ve Usul, 2006). Su erozyonunu önleyen bu bitki dolayısıyla toprağın su tutma kapasitesini arttırır.

- Kimyasal gübrelerin yıkanarak dere sularına karışmasını önler. Böylece su kirliliğini azaltır (Acaroğlu, 2007; Schmer vd., 2011).

- Bitki besin maddesi miktarını arttırır. Yüksek toprak altı biyokütlesi meydana getiren dallı darı sayesinde, toprağın, karbon tutma miktarı artar. Bu da toprak altında gerekli enerjinin (biyokütle enerjisi) depolanması anlamına gelmektedir (Soylu, 2011).

Organik maddeyi arttıran dallı darının diğer özellikleri ise şöyledir;

- Soğuk havalara karşı dayanıklıdır (Soylu, 2011).

- Fosil yakıtlara bağımlılığı azaltabilme potansiyeli yüksektir (Schmer vd., 2011).

- Mısır gibi bir gıda ürünü değildir (Zhuang vd., 2013),

- % 4.6 kül muhtevasına (kül içeriği sonbaharda %5 iken ilkbaharda %3 olur) sahip olduğundan dolayı yüksek emisyon oluşturmaz. (Qin vd., 2006; Acaroğlu, 2007; Timmons vd., 2008).

- Bir halofit bitkidir (tuzcul/tuzu seven) (Hendricks ve Bushnell, 2008). Tuzlu topraklarda yapılan dallı darı yetiştiriciliği ile tuzluluğun getirdiği toprak stresi azaltılabilir. Böylece sürdürülebilir bitki üretim sistemleri ile tuzlu arazilerin ülke ekonomisine kazandırılması ve tuzlu koşullarda doğal bitki örtüsü korunması sağlanabilir (TC Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005).

- Kültür bitkileri olan tarım bitkileri ile zor koşullar altında birlikte yetiştirildiğinde, onlarla rekabet etmeden su ve mineral alımına yardımcı olur ve ayrıca kültür bitkilerinin kökleri etrafında yoğunlaşan Na, Cl, SO_4 gibi toksik iyonları da bünyelerinde depolayarak kültür bitkilerini stresten uzak tutar (Dikilitaş, 2012).

- Ayrıca bu bitki biyogaz için şanslı bitkiler olarak görülmektedir ve bu alanda önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir (Akınerdem ve Öztürk, 2007).

- Diğer enerji bitkilerine göre daha hızlı büyür (Hewitt, 1997).

Tüm bu özellikleri sayesinde dallı darı;

- Otlatma için yem ihtiyacının karşılanmasında, saman ve kuru ot temininde, yem bitkilerinde kalite arttırıcı olarak,

- Şeritsel tarımda (toprak erozyonunun ve su erozyonunun önlenmesinde),

- Kumul ve bozulmuş alanların yeniden canlandırılması için,

- Vahşi yaşamda (Ethanol Producer Magazine, 2007; Schmer vd., 2011),

- Enerji hammaddesi olarak; yakma sistemlerinde veya sıvı/gaz yakıt olarak,

- Lif, kağıt, küspe yapımında,

- İlaç, biyomedikal, plastik yapımında

- Biyorafineride,

- Yerel halkın ekonomik olarak kalkınması ve istihdamı için kullanılabilir (TC Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005; Schmer vd., 2011; Monti, 2012).

4.3 Yer Seçimi Kriterleri

Saha uygunluğu analizinden önce yapılacak işlemlerden biri kriterlerin belirlenmesidir. Bu başlıkta genel olarak yer seçiminde hangi kriterlerin ele alınabileceği ile ilgili bilgiler verilecektir.

4.3.1 Toprak kriterleri

pH: pH değeri toprağı, kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak etkiler. pH, bitkinin büyümesini için gerekli olan ve N, K, S, P, Mo, Cu vb. elementleri içeren birçok makro ve mikro besinlerin kullanımıyla direkt ilişki halindedir. Eğer pH yüksek olursa toprağa ait besinler bitki kökü için kullanılabilir olmazlar. pH değeri düşük olduğunda ise bu besinler bitki toprağında toksik etki gösterirler. Düşük değerler toprağın nitrojen, sülfür ve fosfor gibi elementlerin kullanımına katkıda bulunan mikroorganizmaların aktivitesini kısıtlar (Maxson, 2007). Bu sebeple bitkinin sağlıklı yetişebilmesi için pH değerinin uygun aralıkta olması gerekmektedir.

Tablo 4.1 Toprak pH değerleri (Arias'tan, 2008).

Toprağın pH Aralığı			
Ultra Asidik	<3.5	**Nötr**	6.6-7.3
Ekstrem Asidik	3.5-4.4	**Hafif Alkali**	7.4-7.8
Çok Güçlü Asidik	4.5-5.0	**Ortalama Alkali**	7.9-8.4
Hafif Asidik	6.1-6.5	**Güçlü Alkali**	8.5-9.0
		Çok Güçlü Alkali	>9.0

Toprak Kuru Madde Yoğunluğu (TKM-BD): Kuru madde yoğunluğu kök gelişimini etkileyen oldukça önemli bir kriterdir. Toprağın kuru madde yoğunluğu arttıkça kök gelişim oranı, toprak tabakaları arasında gerçekleşen kök penetrasyonunun negatif etkilenmesi nedeniyle azalmaktadır (Arias, 2008).

Georgia Üniversitesi Bitki ve Toprak Bilimleri bölümünün yaptığı araştırmaya göre artan kuru madde yoğunluğu bitkiyi, kökün gelişimini azaltıcı ve su ve besinlere ulaşmasını engelleyici eşik değerini aşacak şekilde etkiler. Normal olarak kök gelişimi toprak kuru madde yoğunluğu arttıkça azalmaktadır (Arias, 2008). Bu sebeple bu kriter değerinin fazla yüksek olmaması gerekmektedir.

Toprak Organik Karbon Değeri (TOK-SOC): Bir bitkinin yetişmesinde kök sistemi oldukça önemlidir. Kök sisteminin sağlıklı gelişimi, ekolojik adaptasyonun, potansiyel verimin artmasına ve bitkinin toprak koruma özelliklerinin gelişmesine yardımcı olur. Toprak koruma özellikleri, bozulmuş tarımsal bölgelerde genel olarak besin ve su alımı potansiyeli ile ilgilidir. Burada artan organik karbon değeri toprağın desenini geliştirir, kuru madde yoğunluğunu azaltır ve en önemlisi toprak erozyonu riskinin en aza indirir (McLaughlin ve Walsh, 1998). Toprak organik karbonun ortalamadan yüksek olduğu bölgelerde ayrıca gübreleme yapmaya gerek kalmaz; eğer yapılırsa da gübrelemenin verimi oldukça artar (McLaughlin vd., 1999).

4.3.2 Jeomorfolojik Kriterler

Eğim: Bu faktör, erozyon kontrol pratikleri ve yönetim teknikleri nedeniyle enerji bitkilerinin ekilmesi ve hasadı için oldukça kritik bir öneme sahiptir. Eğim parametresi suyun akışını ve su süzülmesinin konsantrasyonunu direkt olarak etkileyen bir özelliğe sahiptir. Yüksek ve dik eğimler yüksek su akışına ve düşük su süzülmesine neden olurlar (Maxson, 2007). Burada süzülme, suyun toprak altına geçmesi anlamına gelmektedir (Yanmaz ve Usul, 2006). Yüksek eğimler toprak kaybına ve sonuç olarak erozyonda artışa sebep olur. Bu da bitki kökünün su alamamasına sebebiyet verir (Maxson, 2007).

Yükseklik: Yükseklik, bir bölgenin deniz seviyesinden yüksek ya da alçak olduğuna dair bir göstergedir. Deniz seviyesinden alçak olan veya 2.5 metreden alçak olan bölgeler sel riskine sahiptir. Çok yüksek bölgeler ise ulaşılabilirlik açısından kritik bir yapıya sahip olur (Pareta, 2013).

Bazı enerji bitkileri marjinal alanlarda (tarım dışı) da yetişebilir; bu sebeple yer seçiminde, yükseltisi fazla olan noktaların da –ulaşılabilirliği değerlendirilmek kaydı ile- göz önüne alınması gerekebilir.

4.3.3 İklimsel Kriterler

Sıcaklık: Bazı enerji bitkileri, yetiştirilme için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyabilir. Bunun yanı sıra bazı bitkiler, aşırı soğuk koşullara oldukça dayanıklı olabilir (Soylu, 2011; Thapa, 2012). Ancak bu bitkiler, çok soğuk koşullara dayanabilmesine rağmen öldürücü soğuklarda kısa bir büyüme süreci yaşar ve sonunda yetişemez hale gelir. Bu durumda "minimum kış sıcaklığı" bitkinin kışın hayatta kalabilmesi için önemli bir parametre oluşturur. Sıcaklığın, bitkinin ölebileceği eşik değerden yüksek olması, sağlıklı bir yetiştiricilik ve büyüme sezonunun verimli olması açısından yeterince öneme sahiptir (Thapa, 2012).

Yağış: Bitkilerin yetiştirilmesinde/büyümesinde, suya erişim önemli bir yere sahiptir. Bazı enerji bitkileri (dallı darı gibi), orta derece ve yüksek kuraklık durumunda oluşan strese karşı dayanıklılık gösterebilir. Ancak neredeyse tüm bitkiler ekstrem kuraklık durumunda yetişemez hale gelmektedir. Ekstrem kurak bölgelerde bitkinin biyokütle verimi büyük oranda azalır. Yağışın arttığı dönemlerde verim artışı da görülür. Bu sebeple yağış miktarının bitkinin biyokütle veriminin azalacağı değerden yüksek olması istenmektedir (Thapa, 2012).

4.3.4 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı bitkinin yetiştirileceği alanların belirlenmesi için değerlendirilebilecek önemli bir bileşendir.

Tarım Alanları: Özellikle de gıda tarımı yapılacak alanların enerji hammaddesi eldesi için kullanılmasının kısıtlanması, arazi kullanımının iyi değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu sebeple *tarım alanları* elenmesi gereken kısıtlardan biri sayılabilir.

Orman Alanları: Bu alanlar da önemli bir kısıt olarak ifade edilebilir. Tarım alanlarında enerji bitkisi yetiştiriciliğinin sağlanması giderek yeni tarım alanı ihtiyacını doğurabilir ve bu durumda orman alanları yeni tarım alanları elde etmek için yok edilebilir.

Tüm bu sebeplerden dolayı, eğer bölgede enerji bitkisi yetiştiriciliği için uygun alan aranıyorsa; başta tarım alanları olmak üzere, orman alanlarının çalışma bölgesinden elenmesi gerekmektedir. Çayır, mera ve marjinal alanlar ise yetiştiricilik için ideal bölgeler olabilir (Acaroğlu, 2007; Fischer vd., 2009; Gore, 2009; Schmer vd., 2011).

Bir önceki paragrafta bahsedilen arazi kullanım sınıfları genel olarak enerji bitkileri yetiştirilecek alanlarla ihtilaf halinde olduğundan dolayı özellikle açıklanmıştır. Bunların dışında kalan ve değişik niteliklere sahip diğer arazi sınıflarıyla ilgili ise, aşağıda bulunan maddelerdeki gibi yorumlar yapılabilir:

***Yerleşim alanları*:** Bu alanlar etrafında tampon oluşturulacak şekilde kısıtlanmalıdır. Tampon oluşumunun nedenlerinden biri de yerleşim alanlarının gün geçtikçe genişlemesidir. Tampon oluşturulması ile gelecekte oluşabilecek yerleşim bölgesi genişlemelerine karşı hazırlıklı olunabilir.

***Endüstriyel bölgeler* (*sanayi alanları, lojistik alanları, serbest bölgeler, organize sanayi bölgeleri* gibi):** Enerji bitkisi yetiştiriciliği konusunda spesifik bir tampon oluşturma koşuyla kısıtlanmasalar da alandan elenmeleri gerekir.

Sit Alanları, doğal koruma alanları, ulusal parklar, sulak alanlar, sazlık ve tuzla alanları*:* Alandan direkt elenmesi gereken kısıtlardır. Bu alanlar için düşünülmesi gereken, kültürel miraslara ve önemli ölçüde geniş biyoçeşitliliğe sahip doğal yaşama saygı duyulmasıdır.

Kent içi yeşil alanlar: Bu bölgeler, kentlerin genişlemesiyle yok olmaya başlamıştır. Bu sebeple bu alanların korunması ve enerji bitkisi yetiştiriciliği yapılmaması gerekmektedir.

Irmaklar ve yüzey suları: Etrafında tampon oluşturularak kısıtlanabilir. Tampon bölgenin sebebi, bitkilerin, özellikle baraj gölleri gibi yüzey sularından kökleriyle yüksek miktarda su çekme olasılığının önlenmesidir. Bitki ile su arasına mutlaka tampon bölge konulmalıdır. Ancak bu tampon bölge çok geniş olmak zorunda değildir.

Askeri alanlar, havalimanları, üniversite alanları, spor alanları: gibi kurum/kuruluşlara ait veya kamuya açık etkinlik alanlarının neredeyse tüm yer seçimi çalışmalarında elenebileceği söylenebilir.

Yollar ise farklı yer seçimi çalışmalarında farklı şekilde muamele görebilir. Genel itibariyle enerji bitkisi yetiştiriciliği yapılacak alanların yolların bitişiğinde olması eleştirilebilir. Bitkinin yüksekliği veya köklerinin yol materyaline doğru yönlenmesiyle genişleme alanının kısıtlanması veya yola zarar vermesi (fırtına da sökülen ağaçların yol materyalini kaldırması gibi) şeklinde ekstrem gibi gözüken durumlarında yer seçiminde değerlendirilmesi gerekir. Bu sebeple yolların da etrafına tampon bölge konulabilir. Ancak bu ulaşılabilirliğin engellenmemesi açısından da fazla geniş tutulmamalıdır.

Turizm alanları, plajlar, kumullar: Bu alanlar da giderek büyüyen yerleşim alanlarından etkilendikleri için bu tip çalışmalarda direkt kısıtlanmalıdır.

Yukarıda sayılan alanların dışında kalan sınıflar da olabileceğinden, bu sınıflar da farklı çalışmalar için değerlendirmeye alınabilir ve elenen bölgeler olabilir.

Burada bahsedilen verilerin uygunlukları veya arazi kullanım sınıfı başlığında bahsedilen tampon bölgelerin büyüklükleri çalışmadan çalışmaya değişebilir. Bu sebeple her çalışma için amaçlara göre güncelleme ve yeniden değerlendirme yapılmalıdır. Tablo 4.2'de bu kriterlere ait uygunluk aralıklarının ve/veya tampon bölge büyüklüklerinin farklı amaçlara yönelik yer seçimi çalışmalarında nasıl değerler aldığı gösterilmektedir. Burada yapılan kaynak taraması, sadece enerji bitkisi yetiştiriciliği konusuna spesifik olarak odaklanmamıştır; çünkü yukarıda bahsedilen kriterler yalnızca enerji bitkisi yetiştiriciliği için değil; birçok çalışma için kriter olabilecek niteliktedir. Dikkate alınması gereken husus, bu kriterlerin yukarıda da bahsedildiği üzere çalışmaların özeliklerine göre farklı değerler alabileceğidir.

Tablo 4.2 İncelenen saha uygunluğu çalışmaları ve çalışmalarda ele alınan kriterler

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
Yerleşim Alanları	Hanbali vd. (2011)	Alan, etrafına yapılan 1000 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Wang vd. (2014)	Güneş enerjisi tarlaları için: Elenmiştir. Rüzgar türbinleri için: Alan etrafına yapılan 2000 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Koikai (2008)	Uygunluk değeri: Alana uzaklık; ✓ 3 mil ise: Düşük ✓ 1-3 mil ise: Orta ✓ < 1 mil ise: Yüksek
	Asakerch vd. (2014)	Alana; ✓ Minimum uzaklık: 5 km. ✓ Maksimum uzaklık: 10 km.
	Aydın vd. (2010)	Uygunluk değeri, Şehir Merkezi için; ✓ 0-2000 m için: 0 (Uygun değil) ✓ 2000 m-3000 m: 0-1 (Uygunluk mevcut) ✓ 3000 m- : 1 (En Uygun)

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
		Büyükşehir merkezi için: ✓ 0-1000 m için: 0 (Uygun değil) ✓ 1000 m-2000 m: 0-1 (Uygunluk mevcut) ✓ 2000 m- : 1 (En Uygun) Yapılar için: ✓ 0-400 m için: 0 (Uygun değil) ✓ 400 m-500 m: 0-1 (Uygunluk mevcut) ✓ 500 m- : 1 (En Uygun)
	Uyan (2013)	✓ Alan etrafında oluşturulan tampon aralığı: 500 m. Uygunluk değeri; ✓ <500 m için: 1 ✓ 500 m-2000 m için: 2 ✓ 2000 m-5000 m için: 3 ✓ >5000 m için: 4
Tarım Alanları	Hanbali vd. (2011)	Alan, etrafına yapılan 500 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Wang vd. (2014)	Güneş enerjisi tarlaları için: Elenmiştir. Rüzgar türbinleri için: Elenmiştir.
	Koikai (2008)	Uygunluk değeri: Alana uzaklık; ✓ > 3 mil ise: Düşük ✓ 1-3 mil ise: Orta ✓ < 1 mil ise: Yüksek (Mısır tarlaları için)
Havalimanları	Wang vd. (2014)	Rüzgar türbinleri için: Alan, etrafına yapılan 2500 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Koikai (2008)	Uygunluk aralığı: Alana uzaklık; ✓ 5 mil ise: Düşük ✓ 1-5 mil ise: Orta ✓ < 1 mil ise: Yüksek

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-3000 m için: 0 ✓ 3000 m-6000 m için: 0-1 ✓ 6000 m- için: 1
	Aydın vd. (2010)	Uygunluk değeri: ✓ 0-3000 m için: 0 ✓ 3000 m-6000 m için: 0-1 ✓ 6000 m- için: 1
	Pareta (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-10 km için: 4 ✓ 10 km-20 km için: 7 (Uygunluk skoru 4-7 arasında değişmektedir)
Orman Alanları	Wang vd. (2014)	Güneş sistemi tarlalarının kurulmasını önlemek için tüm çalışma sahasından elenmiştir. Rüzgar türbini sahalarının kurulmasını önlemek için tüm çalışma sahasından elenmiştir. Biyokütle tesislerinin kurulumunu önlemek için tüm çalışma sahasından elenmiştir.
	Pareta (2013)	Alan, etrafına yapılan 1 km'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
Sit Alanları	Wang vd. (2014)	Alan, etrafına yapılan 2000 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-1000 m için: 0-1 ✓ 1000 m- için: 1
Koruma Alanları	Wang vd. (2014)	Güneş sistemi tarlalarının kurulmasını önlemek için tüm çalışma sahasından elenmiştir. Rüzgar türbinleri için: Alan, etrafına yapılan 2000 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir. Biyokütle tesislerinin kurulumunu önlemek için tüm çalışma sahasından elenmiştir.

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
Endüstriyel Bölgeler	Wang vd. (2014)	Güneş sistemi tarlalarının kurulmasını önlemek için tüm çalışma sahasından elenmiştir.
	Uyan (2013)	✓ Alan etrafında oluşturulan tampon aralığı: 500 m. Uygunluk değeri; ✓ <500 m için: 1 ✓ 500 m-2000 m için: 2 ✓ 2000 m-5000 m için: 3 ✓ >5000 m için: 4
Diğer Arazi Sınıfları	Wang vd. (2014)	Güneş sistemlerinin kurulacağı araziler ve rüzgar türbini kurulacak alanlar için kısıtlanan arazi sınıfları; Ulusal Parklar / Pirinç tarlaları / Kumsallar / Golf Alanları / Havalimanları / Erozyon alanları Biyokütle tesisleri kurulacak alanlar için kısıtlanan arazi sınıfları; Ulusal Parklar / Doğal Hayatı Koruma Alanları
	Uyan (2013)	✓ Çıplak arazi: Uygun ✓ Tarım arazisi: Uygun değil
	Lewis vd. (2014)	Kısıtlanan alanlar; Ekin alanları / Yüzey suları / Kar-buz ve sulak alanlar
Demiryolları	Koikai (2008)	Uygunluk değeri: Alana uzaklık; ✓ 3 mil ise: Düşük ✓ 1-3 mil ise: Orta ✓ < 1 mil ise: Yüksek
	Asakerch vd. (2014)	Uygunluk değeri: ✓ <1000 m için: 1 ✓ >1000 m için: 0
Yollar	Hanbali vd. (2011)	Alan, etrafına yapılan 200 m'lik tampon bölge ile kısıtlanmıştır.
	Wang vd. (2014)	Güneş sistemi tarlalarının kurulmasını önlemek için kısıtlanmıştır.

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
	Koikai (2008)	Uygunluk değeri: Alana uzaklık; ✓ 1 mil ise: Düşük ✓ 1-5 mil ise: Orta ✓ < 1 mil ise: Yüksek
	Asakerch vd. (2014)	Uygunluk değeri: ✓ <1000 m için: 1 ✓ >1000 m için: 0
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-2 km için: 1 ✓ 2 km-10 km için: 1-0 ✓ 10 km- için: 0
	Uyan (2013)	Uygunluk değeri: ✓ <100 m için: 1 ✓ 100 m-1000 m için: 2 ✓ 1000 m-3000 m için: 3 ✓ 3000 m-5000 m için: 4 (Uygunluk skorları aralığı: 1-4)
	Pareta (2013)	Alan, etrafına yapılan 250 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
Nehirler/Yüzey Akıntıları	Hanbali vd. (2011)	Alan, etrafına yapılan 500 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Wang vd. (2014)	Güneş sistemi tarlalarının kurulmasını önlemek için kısıtlanmıştır. Rüzgar türbinleri için: Alan, etrafına yapılan 500 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Koikai (2008)	Uygunluk değeri: Alana uzaklık; ✓ 3 mil ise: Düşük ✓ 1-3 mil ise: Orta ✓ < 1 mil ise: Yüksek

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-100 m için: 0 ✓ 100 m-500 m için: 0-1 ✓ 500 m- için: 1
	Pareta (2013)	Alan, etrafına yapılan 50 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir..
Göller/Yüzey Suları	Wang vd. (2014)	Güneş sistemi tarlalarının kurulmasını önlemek için kısıtlanmıştır. Rüzgar türbinleri için: Alan, etrafına yapılan 500 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-2500 m için: 0 ✓ 2500 m-5000 m için: 0-1 ✓ 5000 m- için: 1
	Pareta (2013)	Alan, etrafına yapılan 50 m'lik tampon bölge ile çalışma alanından elenmiştir.
Elektrik İletim Hatları	Koikai (2008)	Uygunluk değeri: Alana uzaklık; ✓ > 1 mil ise: Düşük ✓ 0.5 mil-1 mil ise: Orta ✓ < 0.5 mil ise: Yüksek
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-2000 m için: 1 ✓ 2000 m-10000 m için: 1-0 ✓ 10000 m- için: 0
	Uyan (2013)	Uygunluk değeri: ✓ <3000 m için: 1 ✓ 3000 m-6000 m için: 2 ✓ 6000 m-10000 m için: 3 ✓ >10000 m için: 4 (Uygunluk skorları aralığı: 1-4)

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
Sulak Alanlar/Kuş Göç Yolları/Doğal Kaynaklar	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-2500 m için: 0 ✓ 2500 m-5000 m için: 0-1 ✓ 5000 m- için: 1
	Aydın vd. (2010)	Uygunluk değeri: ✓ 0-2500 m için: 0 ✓ 2500 m-5000 m için: 0-1 ✓ 5000 m- için: 1
pH	Maxson (2007)	1. Yaklaşım: ✓ Ortalama-Hafif Asidik: En Uygun ✓ Güçlü-Ortalama Asidik: Orta ✓ Güçlü-Hafif Asidik: Orta ✓ Çok Güçlü-Ortalama Asidik: Orta ✓ Çok Güçlü-Hafif Asidik: Orta ✓ Çok Güçlü-Güçlü Asidik: Zayıf 2. Yaklaşım: ✓ Ekstrem Asidik: En Az Uygun ✓ Çok Güçlü Asidik: Zayıf ✓ Güçlü Asidik: En Az Uygun ✓ Ortalama Asidik: En Çok Uygun ✓ Hafif Asidik: En Çok Uygun ✓ Nötr: İyi ✓ Hafif Alkali: Orta ✓ Ortalama Alkali: En Az Uygun ✓ Güçlü Alkali: En Az Uygun
	Fiorese ve Guariso (2009)	Uygunluk değeri: ✓ 0-5 için: 0 ✓ 5-8.5 için: 1 ✓ 8.5- için: 0
Yükseklik	Wang vd. (2014)	Uygunluk değeri: ✓ <1000 m için: 1 (Rüzgar Türbinleri için)

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
	Pareta (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 2.5 m için: Zayıf ✓ 2.5 m-5 m için: En İyi ✓ >5 m için: Orta
	Fiorese ve Guariso (2009)	Uygunluk değeri: ✓ 0-750 m için: 1-0 ✓ 750 m- için: 0
Eğim	Hanbali vd. (2011)	Uygunluğun bulunduğu maksimum değer: ✓ < %12
	Wang vd. (2014)	Uygunluk değeri: Güneş sistemi tarlaları için ✓ 0- %2.5 için: 1 ✓ %2.5-%15 için: 1-0 Rüzgar türbinleri için; ✓ 0-20^{o} için: 1-0 Biyokütle tesisleri için; ✓ 0- %20 için: 1-0
	Asakerch vd. (2014)	Uygunluğun bulunduğu maksimum değer: ✓ < %3
	Aydın vd. (2013)	Uygunluk değeri: ✓ 0-%10 için: 1 ✓ %10-%30 için: 0-1 ✓ %30- için: 0
	Uyan (2013)	Uygunluk değeri: ✓ <%1 için: 1 ✓ %1-%2 için: 2 ✓ %2-%3 için: 3 ✓ >%3 için: 4 (Uygunluk skorları aralığı: 1-4)
	Maxson (2007)	Uygunluk değeri: ✓ %1-%2 için: Orta ✓ %2-%8 için: En İyi

Kriter	Kaynak	Kriter Bilgisi
		✓ %8-%12 için: Orta ✓ %12-%16 için: Zayıf ✓ >%17 için: En Kötü
	Fiorese ve Guariso (2009)	Uygunluk değeri: ✓ 0-%20 için: 1-0 ✓ %20- için: 0
Kuru Madde Yoğunluğu (TKM)	Brummer vd. (2007)	Yaklaşık Uygun Değer: ✓ % 85 yetiştirme uygunluğu ile 1.43 g/cm³ (İncelenen çalışma aralığı 1.11-1.46 g/cm³)

4.4 CBS ve UZ-AL Analizleri İçin Kullanılan Yazılımlar

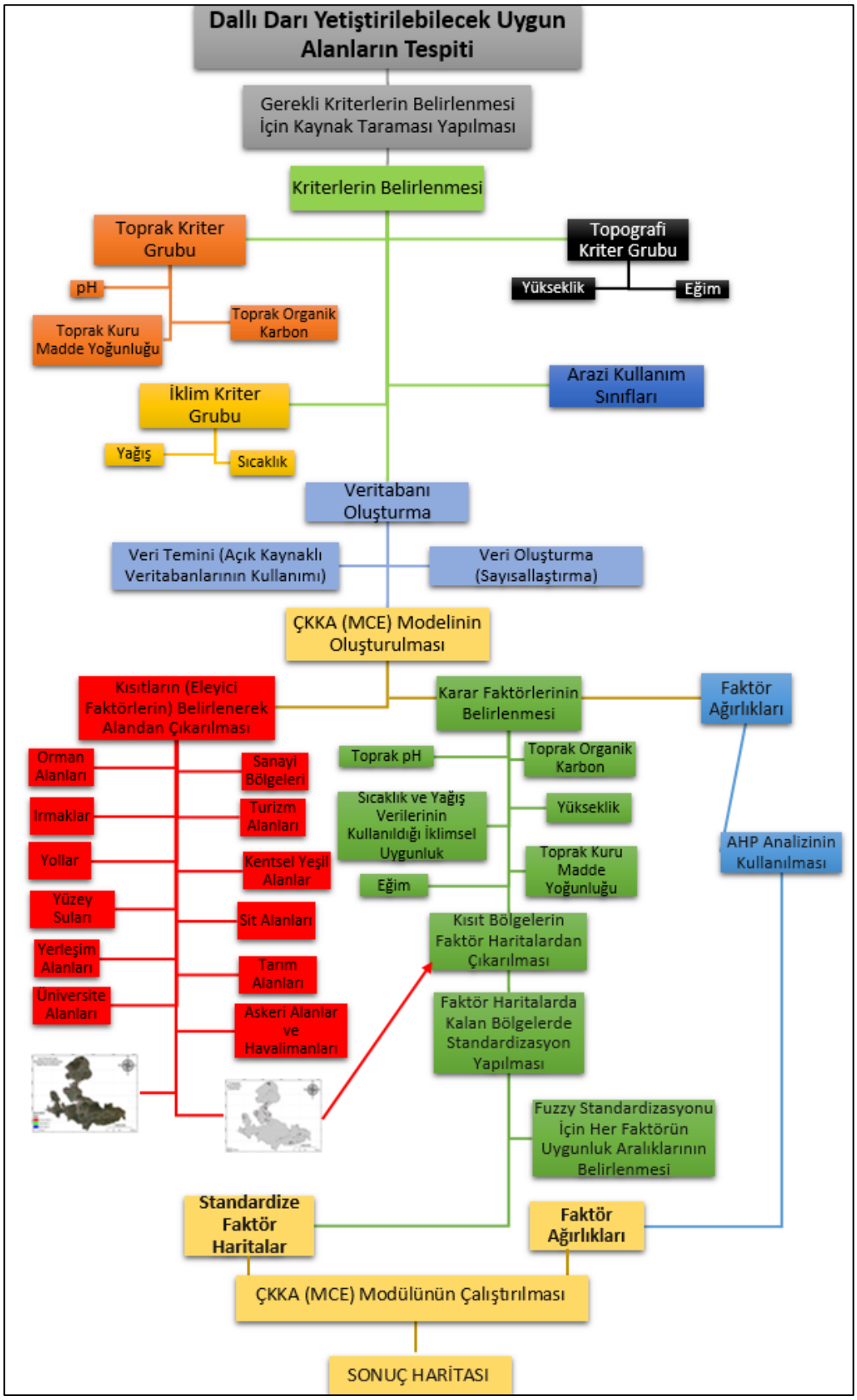
Çalışma kapsamında kullanılan CBS ve UZ-AL yazılımları ise Tablo 4.3'de belirtilmektedir.

Tablo 4.3 Çalışmada kullanılan CBS ve UZ-AL yazılımları.

Yazılım	Yazılım Hakkında Bilgi
ArcGIS	Merkezi ABD Kaliforniya, Redlands'da bulunan ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) firması tarafından geliştirilmiştir.
TerrSet	1987 tarihinden itibaren ABD Massachusetts, Worcester'da bulunan Clark Üniversitesi'ne bağlı Clark Labs'ta geliştirilen bir yazılımdır.
QGIS	QGIS geliştirme takımı tarafından oluşturulan açık kaynaklı bir yazılımdır.

4.5 Çalışma Yöntemi

Yapılan tüm bu genel tanıtımdan sonra model bitki olarak seçilen dallı darının yetiştirilebileceği yerlerin seçimine yönelik yöntemin oluşturulması aşamasına geçilmiştir. Burada izlenecek yöntem Şekil 4.2'de verilmektedir.



Şekil 4.2 Yöntem diyagramı.

Çalışma Bölgesi: Başlık 5.1'de anlatılan niteliklerinden dolayı İzmir ili seçilmiştir.

Model Enerji Bitkisi: Başlık 4.2'deki özelliklerinden dolayı Dallı Darı olarak belirlenmiştir.

Yer Seçimi Kriterleri ve Veritabanı Oluşturma: Yer seçimi kriteri olarak; **pH, TKM, TOK, yükseklik, eğim, yağış, sıcaklık** verilerine uluslararası açık kaynaklı veri tabanlarından ulaşılmıştır (Tablo 5.2). Ayrıca arazinin monitörize edilmesini sağlayan **uydu görüntüleri** de yine uydu görüntülerinin arşivlendiği veritabanından elde edilmiştir. Bu verilerin dışında kalan bir takım verilere erişimin sağlanamaması ise kurumlar arası veri paylaşımının bir takım prosedürlere bağlanması, bazı verilerin maliyetli olması ve ülkemizde zaten verinin oluşturulmamış olması nedeniyledir. **Arazi kullanım sınıfı** verilerine de kurumlar arası paylaşımın prosedürel sorunları ve maliyeti nedeniyle ulaşılamamıştır. Fakat bu verilerin dijital olarak elde edilememesine rağmen arşiv veritabanında çevre planı olarak altlık haritalarının bulunması, bu haritaların sayısallaştırılarak çalışmaya dâhil edilmesine olanak sağlanmıştır. Arazi kullanım haritasının sayısallaştırılması, (CBS yazılımı ortamına aktarılması, dijitalize edilmesi) tez çalışmasının en çok zaman alan basamağı olmuştur. Sayısallaştırma esnasında yapılan hassas ve göz yorucu işlemler çalışmanın en çok emek gerektiren kısmını oluşturmuştur.

ÇKKA Modelinin Oluşturulması: Burada yer seçimi modeli olarak ÇKKA yöntemi seçilmiş ve çalışma süresinde bu modelin **TerrSet** ortamında oluşturulması sağlanmıştır. Tercih edilen ÇKKA modelinde;

- Kriter veriler,
    - Kısıtlar
    - Faktörler

- Faktör verilerin standardize edilmesine yönelik oluşturulan uygunluk aralığı grafikleri,

- Bu grafiklerle faktör verilerin standardize edilmesini sağlayan FUZZY modülü,

- Kısıtların hem alandan hem de standardize verilerden çıkarılmasını sağlayan OVERLAY modülü,

- Faktör verilerin ağırlık değerlerinin hesaplanmasını sağlayan AHP matrisi modülü ve sonuç olarak,

- FUZZY ve OVERLAY modülleri ile oluşturulan verilerin ve AHP sonuçlarının entegre edildiği, saha uygunluğunun tespit edilmesini sağlayan MCE modülü bulunmaktadır.

Oluşturulan ÇKKA modeli, yükseklik ve eğim verilerinin uygunluk aralıklarında değişikliklerin yapıldığı 7 farklı senaryo için tekrarlanmıştır. Böylece farklı uygunluk aralıklarında sonuç verilerinin nasıl değişeceği de incelenmiştir.

Modelde izlenecek adımlar ise şöyledir;

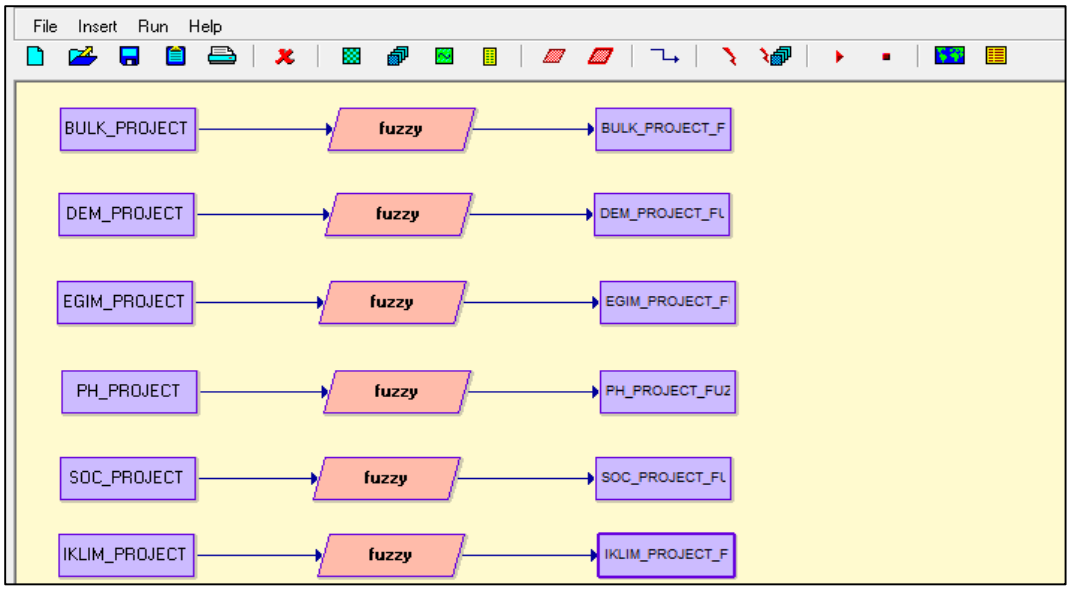
Kısıtların elenmesi: Dallı darı veya herhangi bir enerji bitkisinin yetiştirilmesi için uygun olamayan veriler bu aşamada elenecektir. Çalışma kapsamında elenen veriler arazi kullanım verileri olmuştur.

FUZZY faktör standardizasyonunun yapılması: Burada yapılan işlemler;

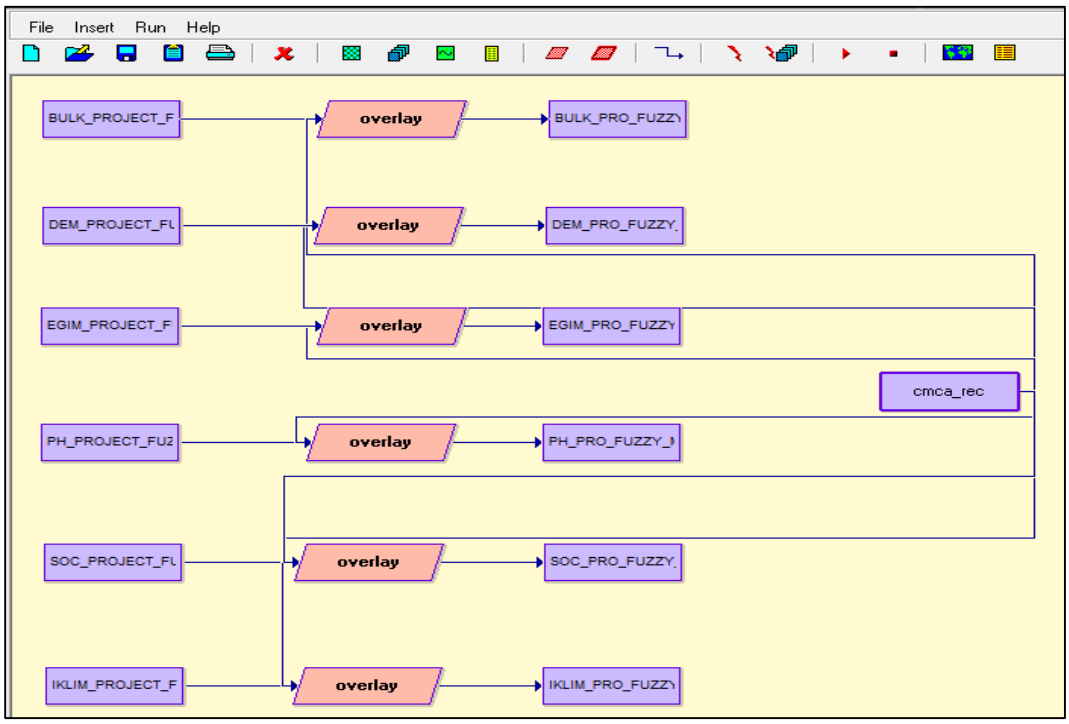
- Faktörlere ait "uygunluk aralığı" grafiklerinin oluşturulması,

- Grafiklerin FUZZY modüle (Şekil 4.3) entegre edilmesi ve modülün çalıştırılmasıyla standardize haritaların elde edilmesi ve,

- Standardize haritaların, kısıtlarla OVERLAY modülü kullanılarak kırpılması (Şekil 4.4) şeklinde özetlenebilir.



Şekil 4.3 TerrSet ortamında bulunan Macro Modeler'da tasarlanmış FUZZY modellemesi.



Şekil 4.4 TerrSet Macro Modeler'da tasarlanan OVERLAY modellemesi.

AHP ile Faktör Ağırlıklarının Belirlenmesi: Bu aşamada, faktör verileri içeren ve farklı iki uzman tarafından ele alınan iki AHP matrisi oluşturulmuştur. Bu matrislerde faktörler, ikili karşılaştırma tekniği ile karşılaştırılmış ve uzmanların verdikleri öneme göre Tablo 2.1'de bahsedilen değerlere göre puanlanmıştır.

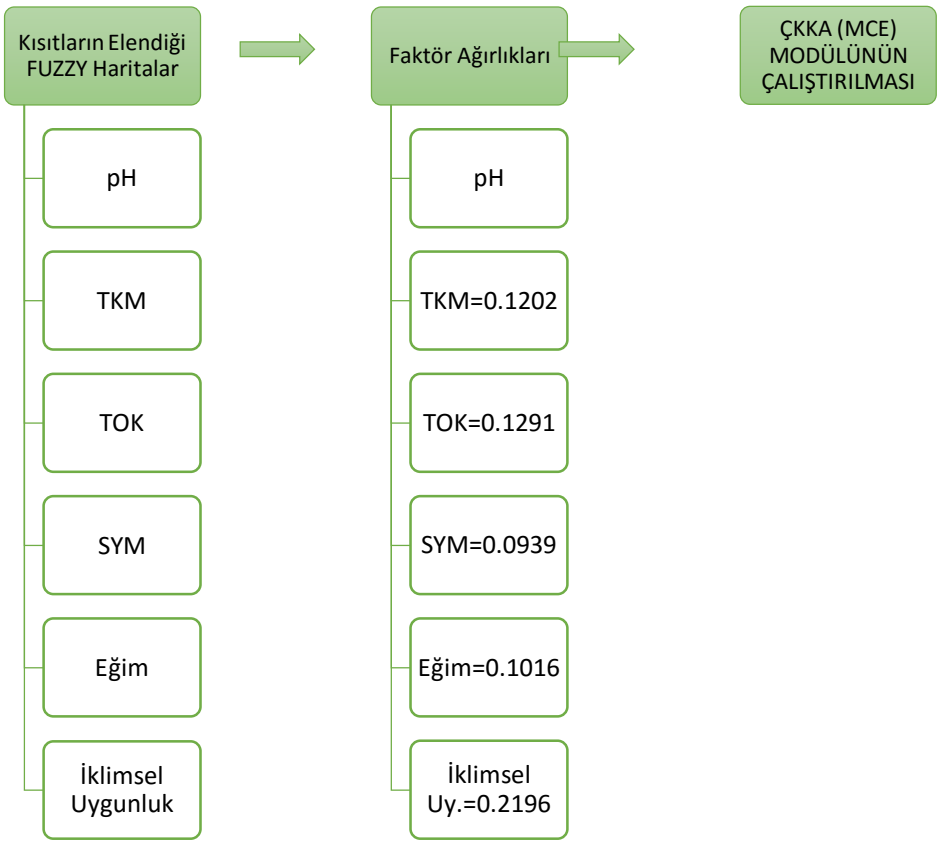
Matrislerin hesaplanması ise AHP modülü ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonra iki matrisin hesabından elde edilen bu faktör ağırlıklarının "geometrik ortalamaları" alınmış ve sonuç ağırlık değerleri tespit edilmiştir.

MCE Modülünün Çalıştırılması: Tezin bu aşamasında saha uygunluğu sonuç haritalarının bulunabilmesi için MCE (Şekil 4.6) modülü kullanılmıştır.

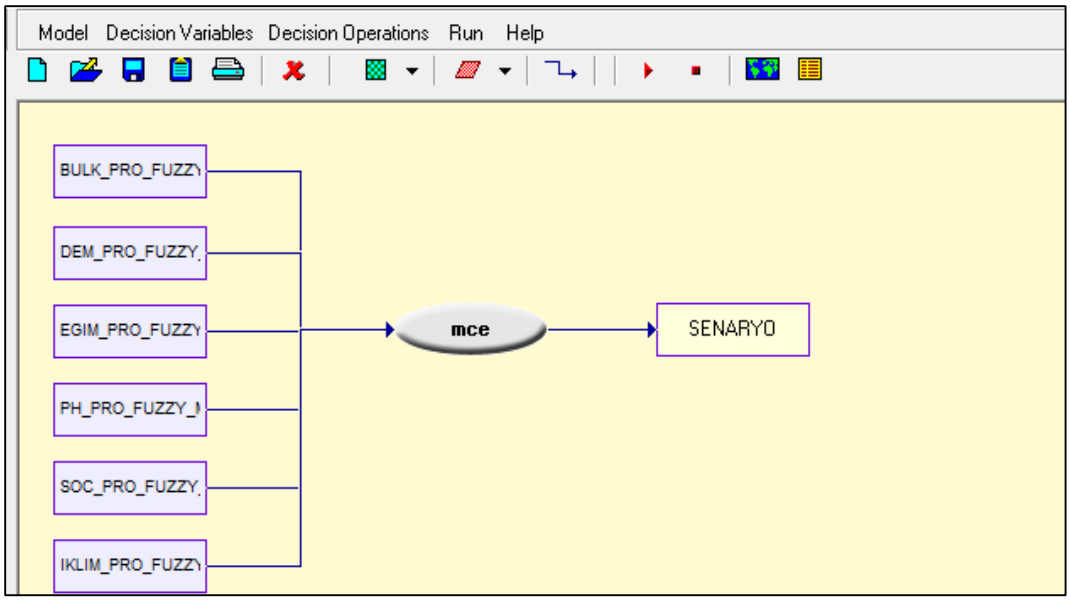
MCE modülüne entegre edilecek veriler ise;

- Kısıtlara göre kırpılan FUZZY standardizasyonlu haritalar ve
- Faktör ağırlıklarıdır.

Burada MCE modülü her senaryo için ayrı ayrı çalıştırılmış ve saha uygunluğunu gösteren sonuç haritalar oluşturulmuştur. Şekil 4.5'de her senaryo için geçerli MCE modülü ve basamakları gösterilmektedir.



Şekil 4.5 ÇKKA modülünün oluşturulması.



Şekil 4.6 Her senaryo için kullanılacak MCE modülünün, "Spatial Decision Modeler" modelinde gösterimi.

5. ÖRNEK ÇALIŞMA

5.1 Çalışma Bölgesi: İzmir



Şekil 5.1 İzmir ili yerbulduru haritası

İzmir (Şekil 5.1), rakamlara bakıldığında, Türkiye'nin nüfus açısından üçüncü büyük kenti unvanını taşımaktadır (TÜİK, 2014). Kuzeyde Madra Dağları, güneyde Kuşadası Körfezi, batıda Çeşme Yarımadası'nın Tekne Burnu, doğuda ise Aydın, Manisa il sınırları ile çevrilmiş İzmir, batıda kendi adıyla anılan bir körfeze sahiptir (Coğrafya Dünyası, 2015). Şehrin yüzölçümü yaklaşık 1215230 hektardır (ha). Bu yüzölçümünün 624023 ha'ını tarım alanları oluşturur; bu da toplam alanın % 51'ini temsil ettiğinden İzmir'e bir tarım şehri demek yanlış olmaz. Orman alanları da 428878 ha ile toplam alanın % 35.29'unu oluşturur. Yerleşim alanları ise bu iki alana nazaran küçüktür (30365 ha; toplam alanın % 2.5'i). Bu alanın pilot bölge olarak seçilmesindeki sebeplerden biri tezin gerçekleştirildiği araştırma enstitüsünün bu ilde olmasıdır. İzmir iline ait veriler, yaşanılan yer olması sebebiyle başka bölgelere göre daha kolay elde edilebilmiştir. Tezde bu alanın seçilmesindeki motivasyon ise toplam alanın 59749 ha ile % 4.92'sini temsil eden tarım dışı çayır,

mera ve çorak arazilerdir. Tarım dışı bu alanların nispeten kayda değer büyüklüğe sahip olması ve bu tip alanlarda yetiştiriciliğin amaçlanması, çalışmanın yapılmasına önemli bir dayanak oluşturmaktadır.

5.2 Yer Seçimi Kriterleri

Dallı darı yetiştiriciliğine uygun sahaların analizinde önemli rol oynayan değişkenlerin ve bu değişkenlerin kapsadığı kriterlerin listesi Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1 Dallı darı yetiştiriciliğine yönelik yer seçimini etkileyen değişkenler ve kriterler.

Değişkenler (Kriter Grupları)	Karakteristikler	Kriterler
PEDOLOJİK DEĞİŞKENLER	Toprak Karakteristiği	Toprak pH'ı Toprağın kuru madde yoğunluğu
	Kimyasal Karakteristik	Toprak organik karbon
JEOMORFOLOJİK DEĞİŞKENLER	Topografya Karakteristiği	Yükseklik Eğim
İKLİMSEL DEĞİŞKENLER		Yağış Sıcaklık
ARAZİ KULLANIMI		Arazi kullanım sınıfları

5.3 Veritabanının Oluşturulması

Bu kapsamda incelenen potansiyel veri tabanları Tablo 5.2'de listelenmektedir:

Tablo 5.2 Çalışmanın niteliğine uygun olan veriler ve bu verilerin tespiti için araştırılan veri kaynakları.

Veri Adı	Veri Kaynağı Adı
Yerleşim Alanı / Tarım Alanı / Havalimanları / Orman Alanları / Sit Alanları / Endüstriyel Bölgeler / Koruma Alanları / Askeri Bölgeler ve diğer arazi kullanım sınıflarını içeren altlık harita	T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014 yılı İzmir-Manisa Çevre Planını içeren altlık pafta haritalar.
Karayolu / Göller	 National Imagery and Mapping Agency's (NIMA) Digital Chart of the World (DCW®), Dünya Vektör Harita Veritabanı
Irmaklar	National Renewable Energy Laboratory (NREL), The Geospatial Toolkit

Veri Adı	Veri Kaynağı Adı
Yükseklik	Industry (METI) of Japan and the United States National Aeronautics and Space Administration (NASA), ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM)
Uydu Görüntüleri	U.S. Geological Survey (USGS) and NASA, LANDSAT 8 OLI/TIRS uydusu http://earthexplorer.usgs.gov/
pH / Kuru Madde Yoğunluğu / Organik Karbon İçeriği	International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), SoilGrids1km, http://soilgrids1km.isric.org

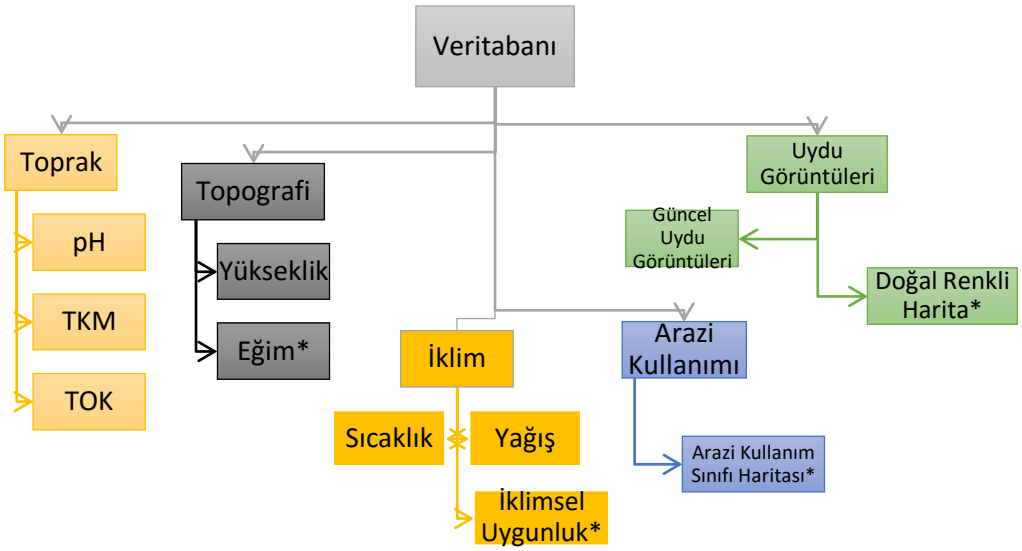
Veri Adı	Veri Kaynağı Adı
pH (alternatif veritabanı)	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), ISRIC-World Soil Information, Institute of Soil Science – Chinese Academy of Sciences (ISSCAS) or Joint Research Centre of the European Commission (JRC), Harmonised World Soil Database (HWSD)
Sıcaklık ve Yağış verileri	WorldClim-Global Climate Data, http://www.worldclim.org
Dallı darıya ait bitki özellikleri verisi	Land and Water Development Division of FAO (AGLL), EcoCrop Database, http://ecocrop.fao.org

Elde edilen ve/veya oluşturulan verilerin listesi ise Tablo 5.3'de ifade edilmektedir.

Tablo 5.3 Elde edilen veya oluşturulan verilerin listesi.

Veri Adı	Veri Temini Türü	Veritabanı/Veri Adı
pH	Açık Kaynak	http://soilgrids1km.isric.org
TKM	Açık Kaynak	http://soilgrids1km.isric.org
TOK	Açık Kaynak	http://soilgrids1km.isric.org
Yükseklik	Açık Kaynak	ASTER GDEM
Eğim	Veri Türetimi	DEM Verisi
Yağış	Açık Kaynak	http://www.worldclim.org
Sıcaklık	Açık Kaynak	http://www.worldclim.org
Arazi Kullanımı	Veri Oluşturma (Sayısallaştırma)	İzmir-Manisa Çevre Planını içeren altlık pafta haritalar
Uydu Görüntüleri	Açık Kaynak	http://earthexplorer.usgs.gov/

Şekil 5.2'de ise temin edilen ve oluşturulan verilere ait diyagram bulunmaktadır.

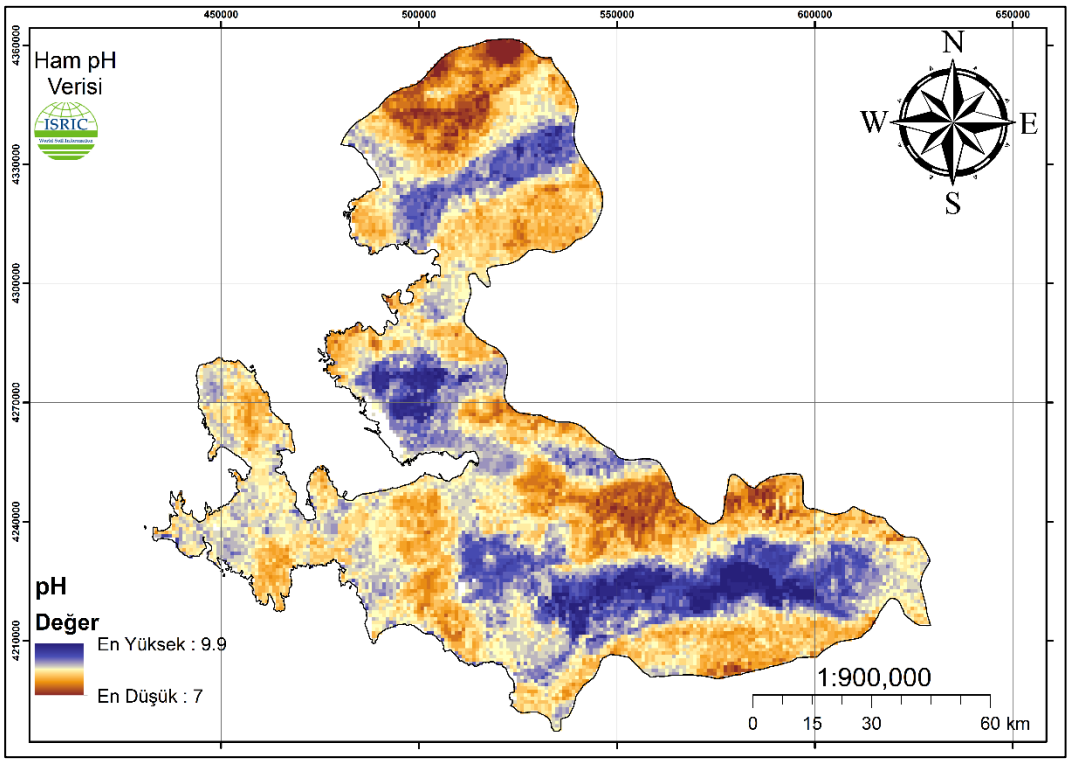


Şekil 5.2 Temin edilen ve oluşturulan* veriler.

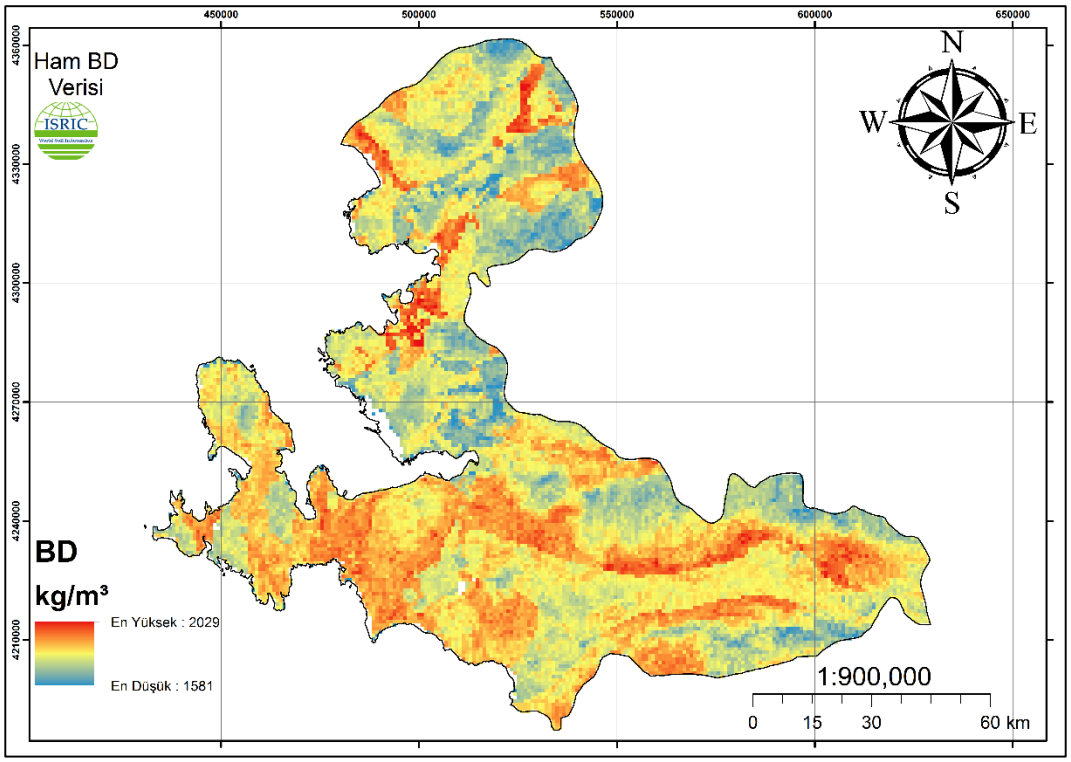
5.3.1. Veri Temini

Toprak verileri: pH, TKM ve TOK

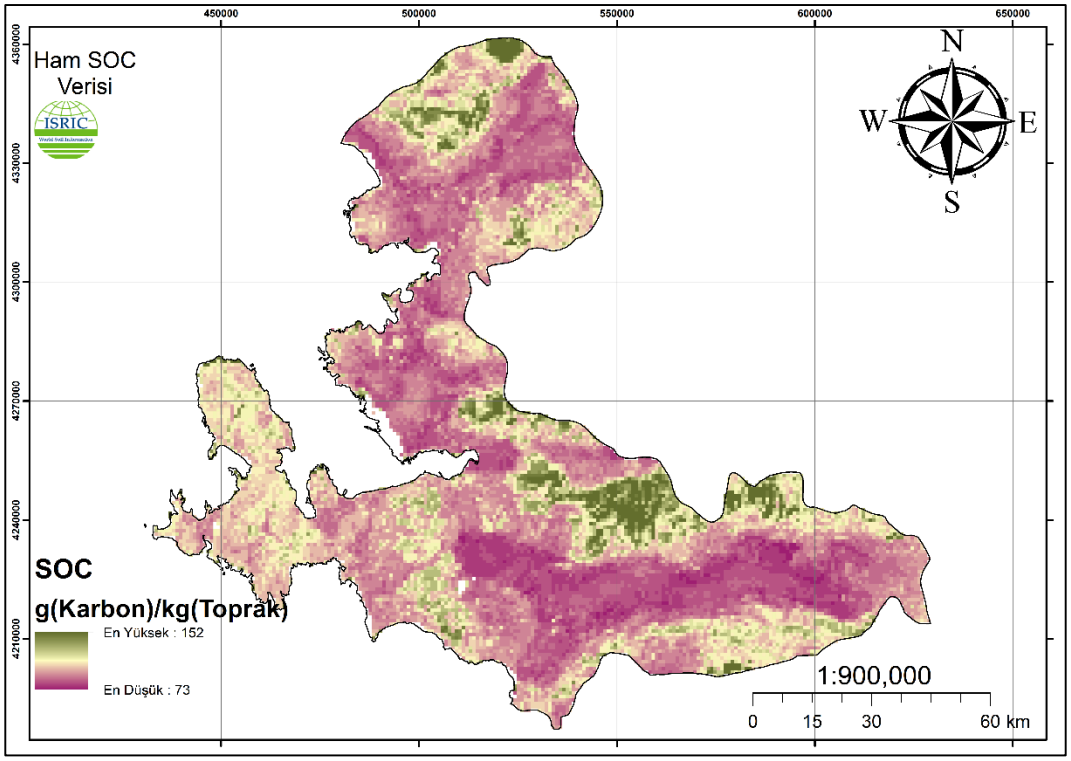
Burada pH verisi Şekil 5.3'te, TKM verisi Şekil 5.4'te ve TOK verisi ise Şekil 5.5'te gösterilmektedir. Bu veriler ISRIC toprak veritabanından alınan 1km çözünürlüğe sahip verilerdir.



Şekil 5.3 pH verisinin gösterimi.



Şekil 5.4 TKM (BD) verisinin gösterimi.



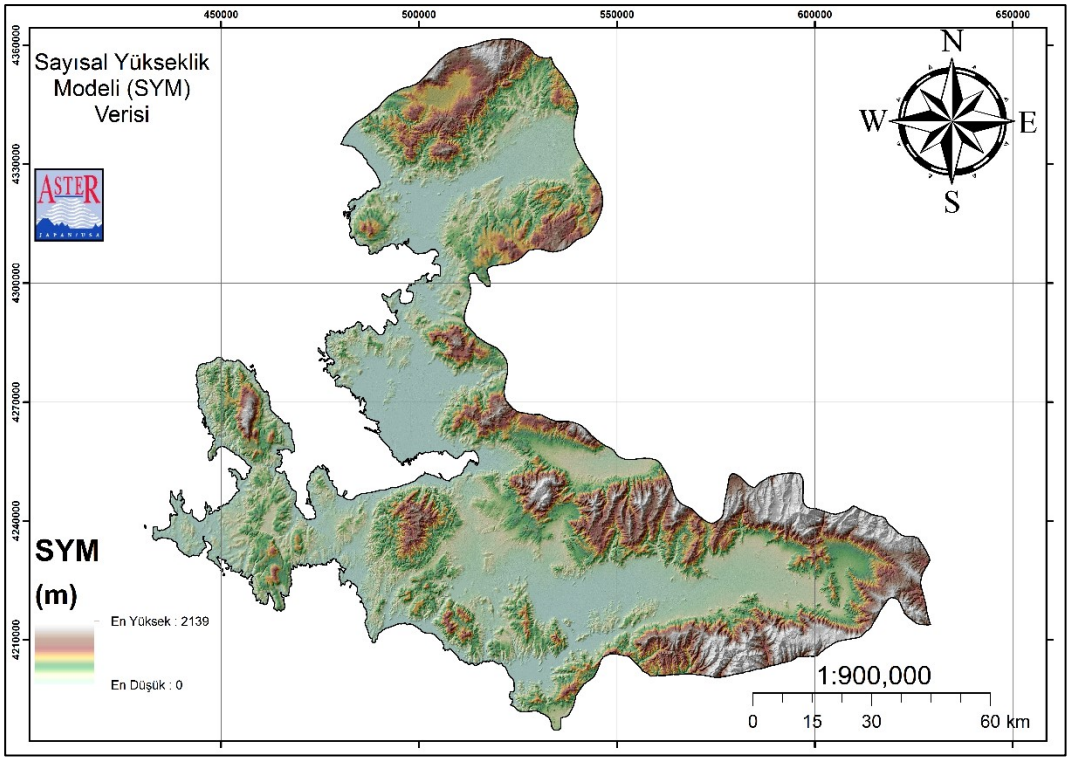
Şekil 5.5 TOK (SOC) verisinin gösterimi.

Jeomorfolojik veri: Yükseklik

ASTER GDEM veri tabanından alınan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-DEM) verisi Şekil 5.6'da ve verinin özellikleri ise Tablo 5.4'de verilmektedir.

Tablo 5.4 Aster GDEM veritabanında bulunan DEM verilerine ait özellikler.

ASTER GDEM	
Data Formatı	Geotiff
Datum	WGS84/EGM96
Yersel Çözünürlük	Yatay yüzeyde 15m.
Oluşturulduğu Tarih	15.03.2011



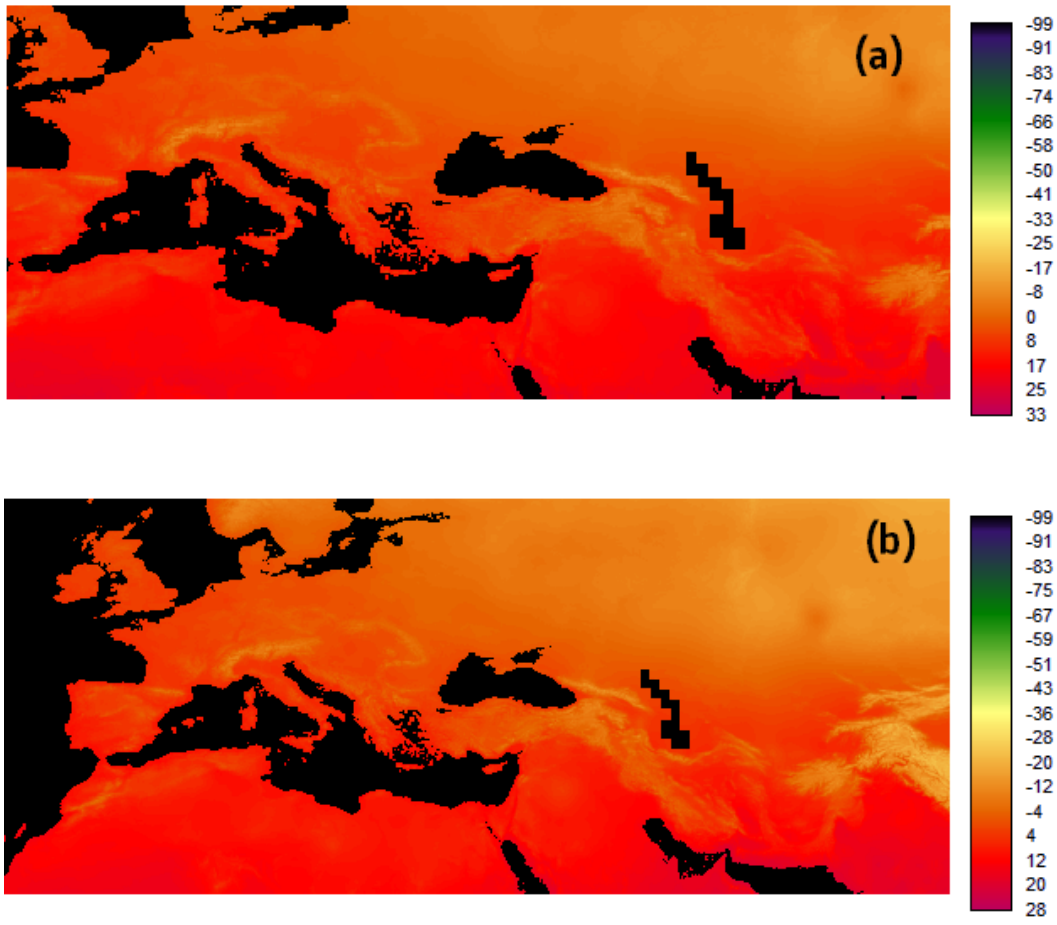
Şekil 5.6 Sayısal Yükseklik Modeli.

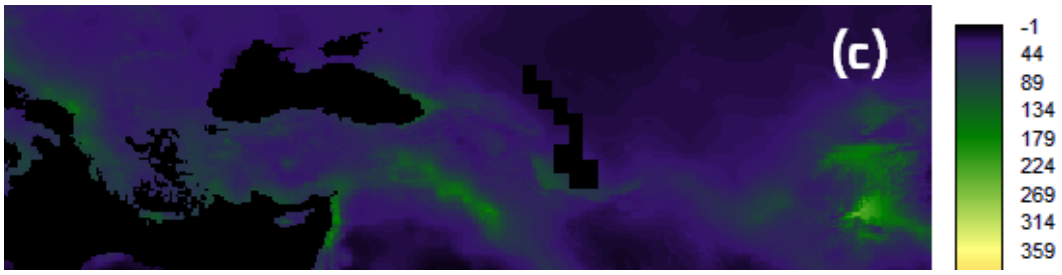
İklimsel veriler: Sıcaklık ve yağış

Çalışmanın iklimsel verileri Worldclim (www.worlclim.org) veri tabanından alınmıştır. Veritabanından alınan ve günümüz iklimsel uygunluk haritasının elde edilmesini sağlayan raster veriler aşağıda tanıtılmaktadır:

- 1950-2000 aylık sıcaklık verilerinin ortalaması; tort (1950-2000),
- 1950-2000 aylık minimum sıcaklık verileri ortalaması; tmin (1950-2000),
- 1950-2000 aylık toplam yağış verileri; ytop (1950-2000),

Şekil 5.7'de örnek olan bir aya ait sıcaklık ve yağış verileri gösterilmektedir.



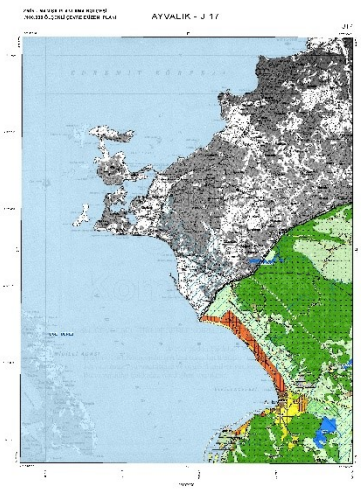
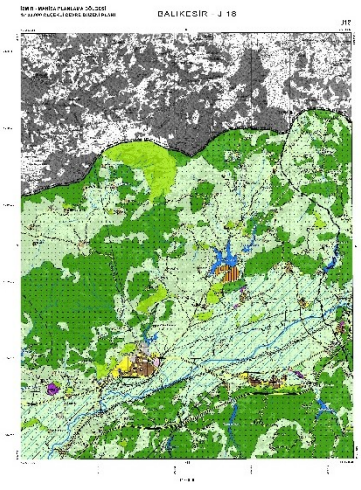


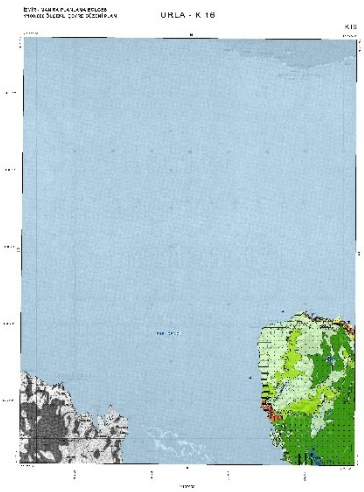
Şekil 5.7 WorldClim'den elde edilen (a) Mart ayı ortalama sıcaklığı (°C), (b) Mart ayına ait minimum sıcaklık ortalaması (°C) ve (c) Mart ayı toplam yağış miktarı (mm).

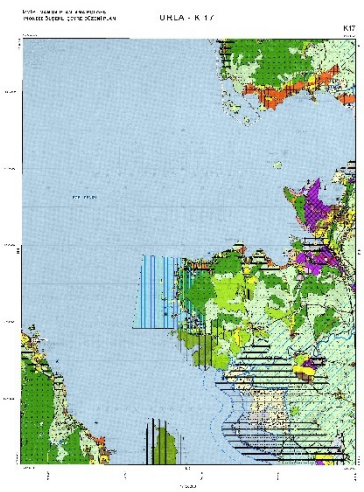
Arazi kullanımı verileri: Arazi kullanımına ait altlık haritalar

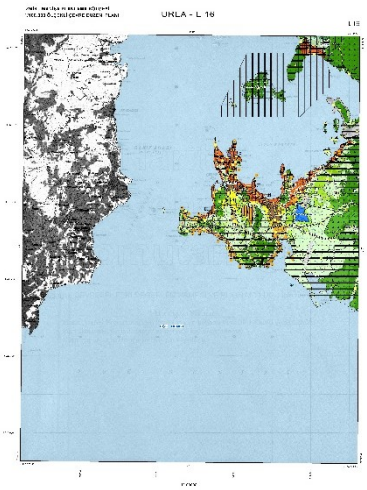
Arazi kullanım haritasının oluşturulması için elde edilen veriler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca 2014 yılında hazırlatılan İzmir-Manisa Planlama Bölgesi 1/100,000 ölçekli Çevre Düzeni Planı'nın kamu ile paylaşılan resim formatındaki referanslandırılmamış paftalarıdır. Bu paftalar Tablo 5.5'te gösterilmektedir.

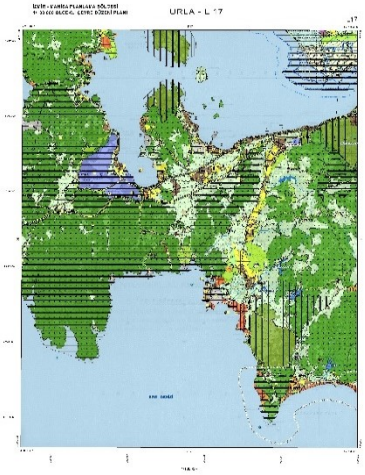
Tablo 5.5 Projeksiyonsuz altlık paftalar

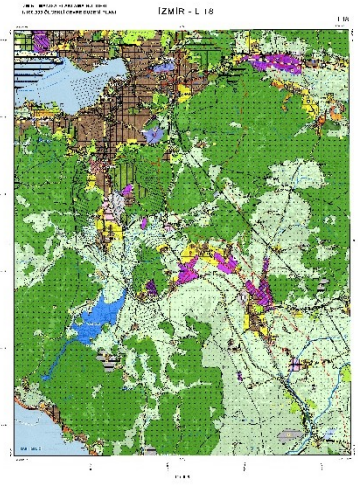
	

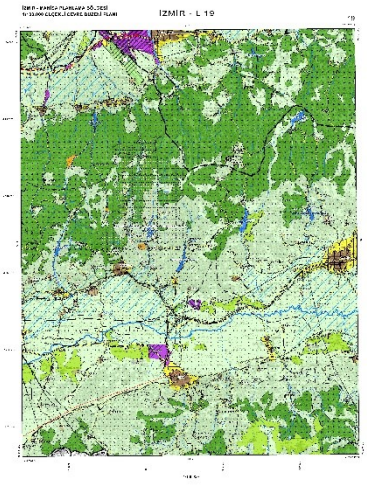

URLA - K 16

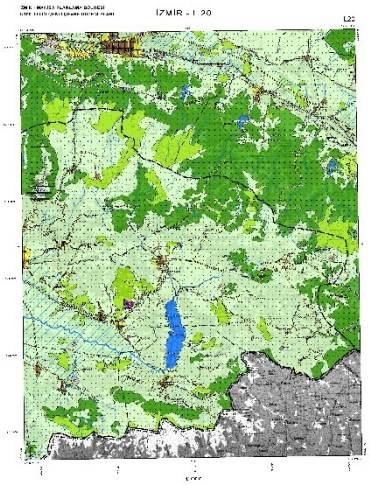

URLA - K 17

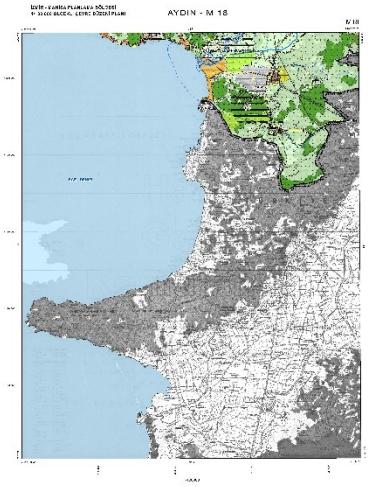

URLA - L 16

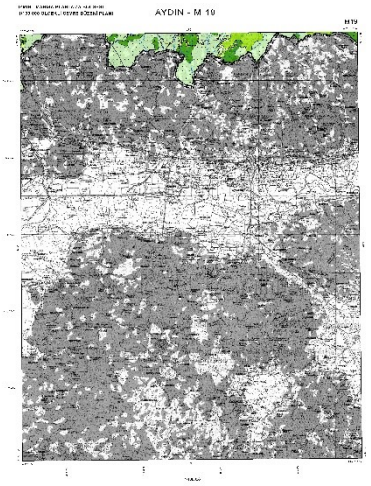

URLA - L 17


IZMIR - L 18


IZMIR - L 19







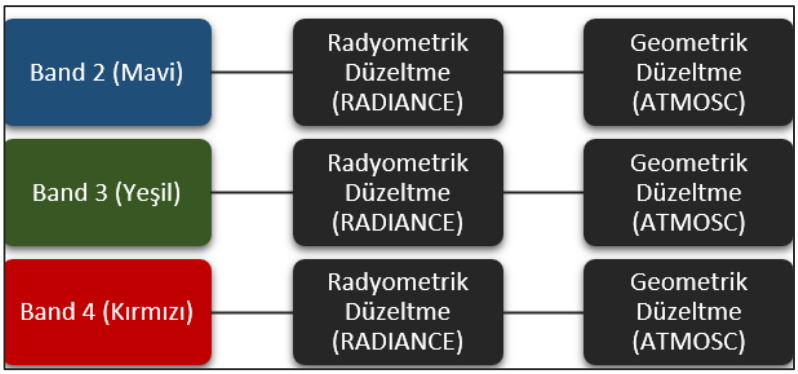
Geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmış uydu görüntüleri

Çalışma için gerekli olan uydu görüntüleri, Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Merkezi (USGS) ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)'nın geliştirdiği LANDSAT 8 OLI/TIRS uydusundan elde edilmiştir. Uydunun özellikleri Tablo 5.6'da belirtilmektedir.

Tablo 5.6 LANDSAT 8 uydusuna ait bilgiler.

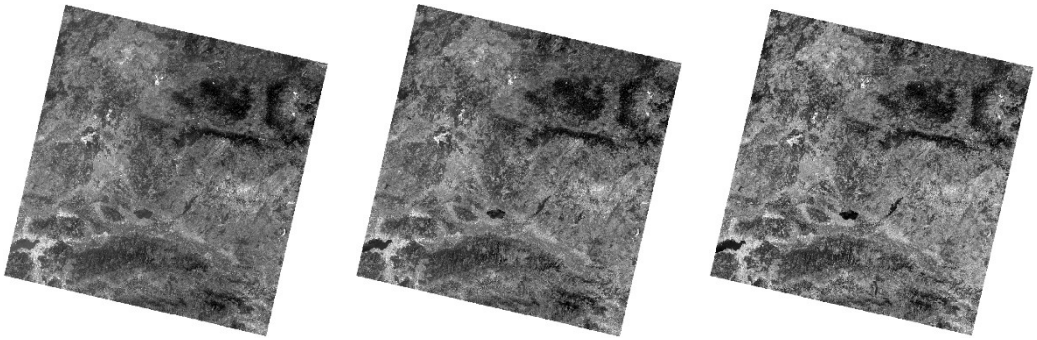
LANDSAT 8 OLI/TIRS	
OLI-Çok spektrumlu bantları	1-7,9 / 30-metre çözünürlük
Bant 8	15 m çözünürlük
TIRS – Termal bantlar	10 – 11 / 100 m çözünürlük
Data Formatı	Geotiff
Geometrik Düzeltmesi	Kübik eğri yöntemi
Harita Projeksiyonu	Universal Transverse Mercator (UTM)
Datum	World Geodetic System (WGS) 84
Radyometrik Çözünürlüğü	16-bit piksel değeri

Uydudan 3 LANDSAT paftası ve bu paftaların içerdiği 11 band görüntüsü alınmıştır. Buradan elde edilen görüntüler doğal renk kombinasyonu oluşturmak için kullanılacaktır. Bu kombinasyonun gerçekleştirilebilmesi için özellikle uydunun 2., 3. ve 4. bantlarına ait görüntüler gerekmektedir. Görüntüler ise Şekil 5.8'de belirtildiği gibi radyometrik ve geometrik düzeltmelerden geçirilmiştir. Düzeltmeler, TerrSet yazılımının RADIANCE ve ATMOSC modülleri ile gerçekleştirilmiştir.



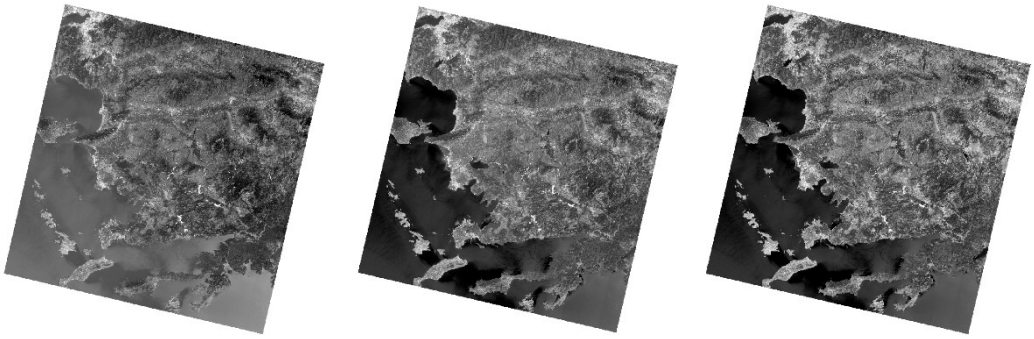
Şekil 5.8 TerrSet ortamında gerçekleştirilen işlemler.

Düzeltmeleri yapılan 1. (path 180; row 33), 2. (path 180; row 34) ve 3. (path 181; row 33) LANDSAT paftasında yer alan 3 bandın görüntüleri sırasıyla Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de verilmektedir.



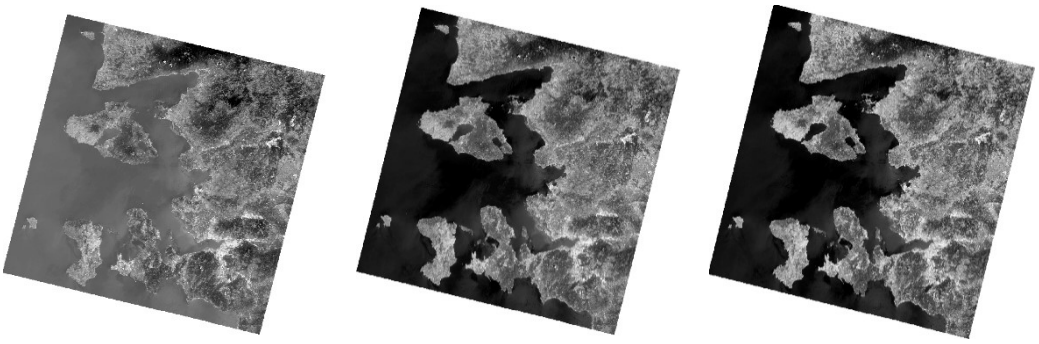
(a) Mavi **(b) Yeşil** **(c) Kırmızı**

Şekil 5.9 LANDSAT 8 uydusuna ait bantlar (1).



(a) Mavi **(b) Yeşil** **(c) Kırmızı**

Şekil 5.10 LANDSAT 8 uydusuna ait bantlar (2).



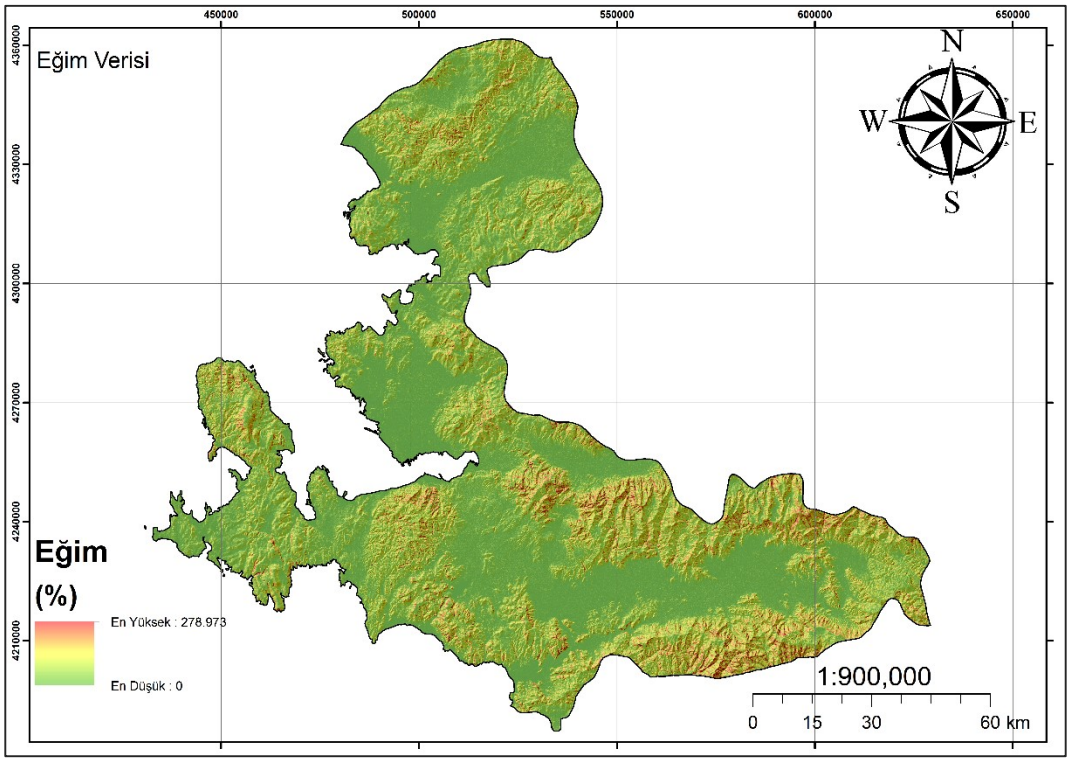
(a) Mavi **(b) Yeşil** **(c) Kırmızı**

Şekil 5.11 LANDSAT 8 uydusuna ait bantlar (3).

5.3.2. Veri Oluşturma

Eğim Verisi

Çalışma bölgesine ait arazi eğimi veri katmanı (haritası), SYM (DEM) verisi (Şekil 5.6) kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 Eğim verisi.

Yağış ve Sıcaklık Verilerinden İklimsel Uygunluk Haritasının Oluşturulması

Burada, Worldclim'den elde edilen veriler yardımıyla referans olarak seçilen bitkilerin bugüne ait iklimsel uygunluk haritasının üretimi sağlanmıştır. Bu uygunluk haritasının üretilmesi içinse bitkilerin uygun sıcaklık ve yağış aralıklarının bilinmesi gerektiğinden dolayı öncelikle FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) tarafından oluşturulan Ecocrop (http://ecocrop.fao.org) veritabanından bitkiye ait KTMP, TMIN, TOPMIN, TOPMAK, TMAK, RMIN, ROPMIN, ROPMAK, RMAK değerleri elde edilmiştir. Bu veriler şu şekilde tanıtılabilir:

Sıcaklık için;

- Bitkinin öldüğü sıcaklık (KTMP),
- Bitkinin büyüdüğü minimum sıcaklık (TMIN),
- Optimal minimum sıcaklık (TOPMIN),
- Optimal maksimum sıcaklık (TOPMAK),
- Bitkinin büyümeyi durdurduğu maksimum sıcaklık (TMAK).

Yağış için;

- Minimum yağış miktarı (YMIN),
- Optimal minimum yağış miktarı (YOPMIN),
- Optimal maksimum yağış miktarı (YOPMAK),
- Maksimum yağış miktarı (YMAK) (Eastman, 2015).

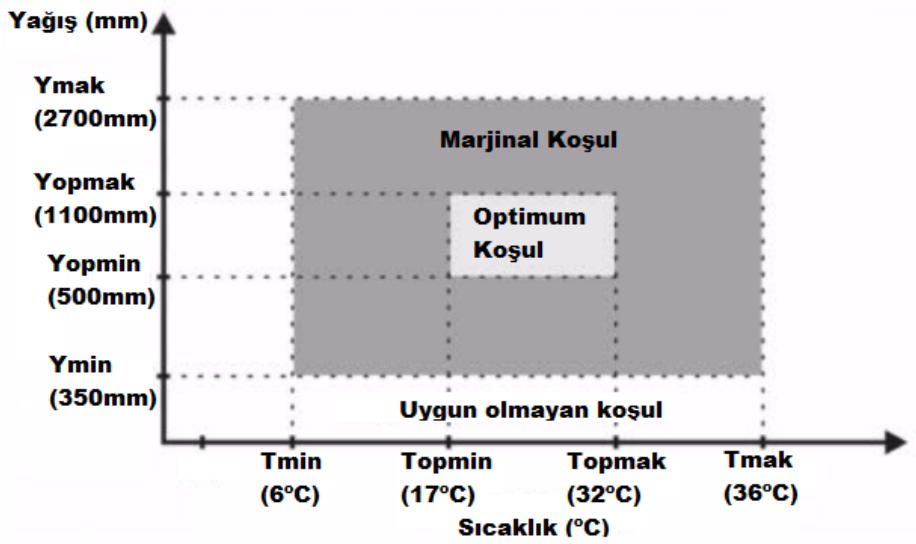
EcoCrop veritabanından alınan verilerin değerleri ise Tablo 5.7'de belirtilmektedir.

Tablo 5.7 Panicum virgatum/Switcgrass'a ait ECOCROP veritabanı

<table>
<tr><td rowspan="2">Tanım</td><td colspan="2">Yaşam Formu</td><td colspan="2">Yapısı</td><td colspan="2">Yaşam Döngüsü</td><td colspan="2">Kategori</td><td colspan="2">Fizyoloji</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ot</td><td colspan="2">Dik</td><td colspan="2">Çok yıllık</td><td colspan="2">Yem/ot; çevresel</td><td colspan="2">Çoklu kök; C4 fotosentezi</td></tr>
<tr><td rowspan="14">Ekoloji</td><td colspan="4">Gerekli Sıcaklık (°C)</td><td colspan="4">Yıllık Yağış (mm)</td><td colspan="2">Toprak Derinliği</td></tr>
<tr><td colspan="2">Optimum</td><td colspan="2">Mutlak</td><td colspan="2">Optimum</td><td colspan="2">Mutlak</td><td>Optimum</td><td>Mutlak</td></tr>
<tr><td>Min</td><td>Mak</td><td>Min</td><td>Mak</td><td>Min</td><td>Mak</td><td>Min</td><td>Mak</td><td>Orta (50-150 cm)</td><td>Sığ (20-50 cm)</td></tr>
<tr><td>17</td><td>32</td><td>6</td><td>36</td><td>500</td><td>1100</td><td>350</td><td>2700</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">Toprak Verimliliği</td><td colspan="4">Toprak Tuzluluğu</td><td colspan="2">Toprak Deseni</td></tr>
<tr><td colspan="2">Optimum</td><td colspan="2">Mutlak</td><td colspan="2">Optimum</td><td colspan="2">Mutlak</td><td>Optimum</td><td>Mutlak</td></tr>
<tr><td colspan="2">Orta</td><td colspan="2">Düşük</td><td colspan="2">Düşük (<4dS/m)</td><td colspan="2">Düşük (<4dS/m)</td><td>Açık</td><td>Açık</td></tr>
<tr><td colspan="4">Işık Yoğunluğu</td><td colspan="4">Toprak pH</td><td colspan="2">Toprak Drenajı</td></tr>
<tr><td colspan="2">Optimum</td><td colspan="2">Mutlak</td><td colspan="2">Optimum</td><td colspan="2">Mutlak</td><td>Optimum</td><td>Mutlak</td></tr>
<tr><td>Min</td><td>Mak</td><td>Min</td><td>Mak</td><td>Min</td><td>Mak</td><td>Min</td><td>Mak</td><td>İyi</td><td>İyi</td></tr>
<tr><td>Çok Parlak</td><td>Çok Parlak</td><td>Çok Parlak</td><td>Açık Gökyüzü</td><td>6</td><td>7</td><td>4.9</td><td>8.2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Öldürücü Sıcaklık</td><td colspan="4">Durgun Zamanda (°C)</td><td colspan="4">Erken Büyümede (°C)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">-10</td><td colspan="4">-1</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

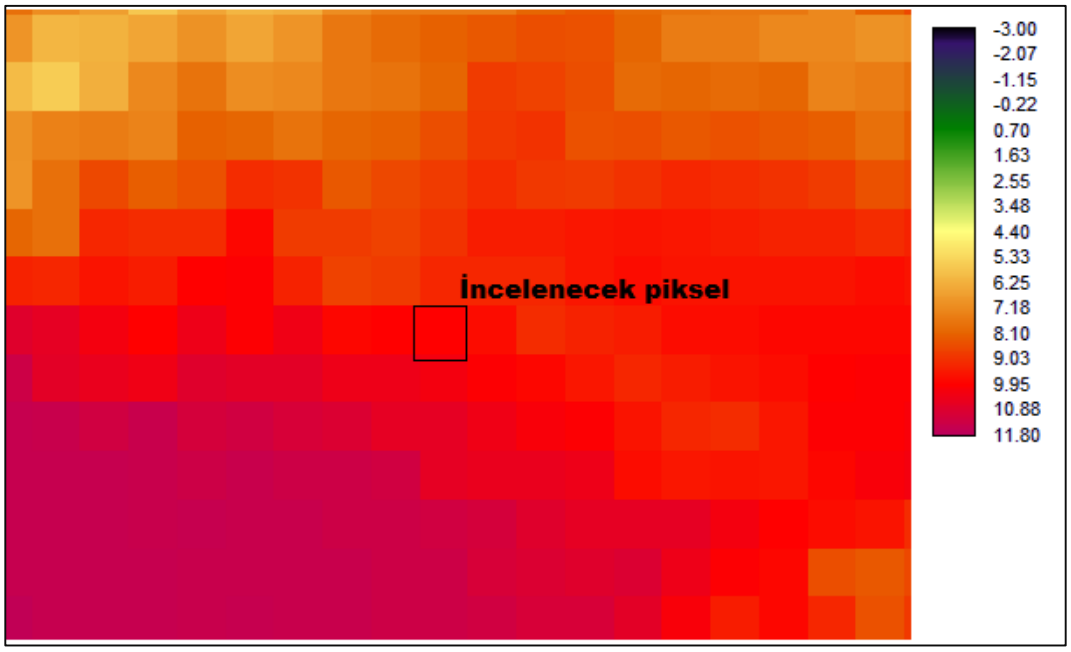
Ekilim	Ekin Döngüsü	
	Min	Mak
	140	365

İklimsel uygunluğun bulunması için geliştirilen metodoloji, Hijman ve arkadaşları tarafından 2001 yılında DIVA-GIS adlı programla birlikte geliştirilmiş (Laderach, 2011); 2011 yılında ise Ramirez-Villegas ve arkadaşları tarafından kalibre edilmiştir (Eitzinger ve Ladeach, 2013; Eitzinger vd., 2015; Eastman, 2015a; Eastman, 2015b). Çalışma prensibi ise bölgenin hem sıcaklık hem de yağış uygunluğunun bitkinin yetişme uygunluğuna göre ayrı ayrı tespit edilmesi ve bölgenin sonuç iklimsel uygunluğunun, belirlenen sıcaklık-yağış uygunluğuna göre hesaplanması temeline dayanmaktadır. Bir bölgenin aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarı (bir büyüme sezonunda düşen toplam yağış miktarı) bitkinin sıcaklık ve yağış uygunluk aralığına göre belirlenen **optimum** bölgede kalıyorsa bölge -incelenen ay için- yetiştiricilik için uygun kabul edilmektedir. Sıcaklık ve yağış değerleri **marjinal** bölgede kalıyorsa zor da olsa yetişebilme yeteneği bulunmaktadır. Tez kapsamında incelenen dallı darı için bu aralık Şekil 5.13'te verilmektedir.



Şekil 5.13 Dallı darının sıcaklık ve yağış değerlerine göre yetişme koşulları (Grafik tabanı, Eitzinger vd.'den alınmıştır, 2015).

İklimsel uygunluk haritası verilmeden önce bu haritanın oluşturulması için kullanılan ekin uygunluk modelinin çalışma prensibi, çalışmada kullanılan verilerden sadece bir piksel için yapılacak hesaplamalarla gösterilecek ve böylece iklimsel uygunluk algoritmasının nasıl çalıştığı anlatılacaktır. Örnek piksel içinse, Şekil 5.7 (a)'da verilen Mart ayı ortalama sıcaklık görselindeki bir piksel (X;27.414068, Y;38.734774) kullanılabilir (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 İncelenecek pikselin yakınlaştırılmış görüntüsü.

Bu pikselden öğrenilmesi gereken, pikselin içerdiği aylık ortalama minimum sıcaklık (tmin), aylık ortalama sıcaklık (tort) ve aylık toplam yağış (ytop) değerleridir (Tablo 5.8).

Tablo 5.8 İncelenen pikselin tmin, tort ve ytop değerleri.

tmin (°C)											
Ocak	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Aralık**
2.8	3.5	4.8	8.3	12.2	16.2	19.1	18.8	15.3	11.2	7.4	4.6

tort (ºC)											
6.6	7.7	9.8	14	18.7	23	25.7	25.4	21.9	16.9	12.2	8.4
ytop (mm)											
131	105	81	53	34	13	5	5	17	43	86	149

Tablo 5.8'deki değerler, sonuçta bulunması istenen iklimsel uygunluk yüzdesine ulaşmak için kullanılır. Bu sonuca ulaşılması içinse, öncelikle hem sıcaklık hem de yağış uygunluk yüzdelerinin bulunması gerekmektedir. Hijman ve arkadaşları tarafından geliştirilen (Laderach, 2011) ve daha sonra Ramirez-Villegas ve arkadaşları tarafından kalibre edilen metotta (Eitzinger ve Ladeach, 2013; Eitzinger vd., 2015; Eastman, 2015a; Eastman, 2015b) iklimsel uygunluk katsayısına ulaşılması için aşağıdaki adımlar sırasıyla takip edilmelidir:

1. **Çevrim uzunluğunun bulunması**: Yıl, bitkinin büyüme sezonu uzunluğunda 12 çevrime ayrılır. Her çevrim yılın bir ayı ile başlar. Büyüme sezonunun (çevrimin) uzunluğu Tablo 5.7'de belirtilen ekin döngüsünde belirtilen minimum gün sayısı ile maksimum gün sayısının ortalamasıdır (Tablo 5.9) (Eitzinger ve Ladeach, 2013; Eitzinger vd., 2015; Eastman, 2015; Eastman, 2015).

Tablo 5.9 Çevrim uzunluğu.

Ekin Döngüsü (gün)		**Çevrim Uzunluğu (gün)**
Min	**Mak**	**Ortalama**
140	365	252

Tablo 5.9'da görüldüğü üzere dallı darı yetiştiriciliği her çevrim 8 aydan oluşmaktadır. Sıcaklık ve yağış uygunluk yüzdeleri bu çevrimlere göre ilerleyen paragraflarda bulunacaktır.

2. **Sıcaklık uygunluk yüzdesinin bulunması:** Bunun için Tablo 5.10'daki koşullar dikkate alınır.

Tablo 5.10 Sıcaklık uygunluk yüzdelerinin bulunması için gerekli koşullar.

	Uygunluk (%)	**Koşullar**
Tuygun (ay)	0	tmin<TKILL
	0	tort<TMIN
	$a_{t1}+m_{t1}$*tort	TMIN<tort<TOPMIN
	100	TOPMIN<tort<TOPMAK
	$a_{t2}+m_{t2}$*tort	TOPMAX<tort<TMAK
	0	tort>TMAK

Tablo 5.10'da verilen TKILL değeri, bitkinin biyolojik öldürücü sıcaklığına geçiş yapabilecek eşik sıcaklığıdır. Bu değer;

$$TKILL = 4+Tkill\ (erken\ büyüme) \qquad (1)$$

ile bulunur (Eitzinger ve Ladeach, 2013; Eitzinger vd., 2015). Tablo 5.7'de, Tkill (erken büyüme) değeri -1 ºC'tır. Bu sebeple (1)'de bulunan eşik değeri **3 ºC**'dir. **Bu durumda aylık minimum sıcaklık değeri ortalamaları 3 ºC'nin altında kalmamalıdır. Kalan aylar olursa da; 0 uygunluk yüzdesine sahip olur.**

Tablo 5.10'da ayrıca a_{t1}, m_{t1}, a_{t2} ve m_{t2}'den bahsedilmektedir. Bu değerlerden a_{t1} ve m_{t1}, sırasıyla, [TMIN,0] ve [TOPMIN, 100] arasındaki regresyon eğrisinin kesişim ve eğimini; a_{t2} ve m_{t2} ise sırasıyla, [TOPMAK,100] ve [TMAK,0] arasındaki regresyon eğrisinin kesişim ve eğimini vermektedir (Laderach, 2011).

3. **Yağış uygunluk yüzdesinin bulunması:** Bu yüzdenin bulunması içinse Tablo 5.11'deki koşullar dikkate alınır.

Tablo 5.11 Yağış uygunluk yüzdelerinin bulunması için gerekli koşullar.

	Uygunluk (%)	**Koşullar**
Yuygun (çevrim)	0	yküm<YMIN
	$a_{r1}+mr_1$*yküm	YMIN<yküm<YOPMIN
	100	YOPMIN<yküm<YOPMAK
	$a_{r2}+m_{r2}$*yküm	YOPMAK<yküm<YMAK
	0	yküm>YMAK

Tablo 5.11'deki yküm, her çevrimin sahip olduğu ayların yağış değerlerinin toplamıdır (kümülatif değeri).

Tablo 5.11'de a_{r1} ve m_{r1}, sırasıyla, [YMIN,0] ve [YOPMIN, 100] arasındaki regresyon eğrisinin kesişim ve eğimini; a_{r2} ve m_{r2} ise sırasıyla, [YOPMAK,100] ve [YMAK,0] arasındaki regresyon eğrisinin kesişim ve eğimini vermektedir (Laderach, 2011).

Belirtilen tüm bu basamaklar ve Tablo 5.7 ile Tablo 5.8'deki değerler kullanıldığında her ayın sıcaklık uygunluk yüzdesi-**Tuygun (ay)**, çevrimin yağış uygunluk yüzdesi-**Yuygun (çevrim)**, çevrimin sıcaklık uygunluk yüzdesi-**Tuygun (çevrim)** ve sonuç iklimsel uygunluğu veren Tuygun (çevrim) ile Yuygun (çevrim) değerlerinin çarpımıyla bulunan **iklimsel uygunluk yüzdesi** bulunabilir (Tablo 5.12).

Tablo 5.12 Çevrimler ve çevrimlerin sıcaklık, yağış ve iklimsel uygunluk yüzdeleri.

İklimsel Uygunluğun Tespiti								
1	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**
Tuygun (ay)	0	15.52	34.63	72.85	100	100	100	100
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		52.79	**İklimsel Uygunluk**		**0**
2	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**
Tuygun (ay)	15.52	34.63	72.85	100	100	100	100	100
Tuygun (çevrim)		15.52	**Yuygun (çevrim)**		0	**İklimsel Uygunluk**		**0**
3	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**
Tuygun (ay)	34.63	72.85	100	100	100	100	100	99.24
Tuygun (çevrim)		34.63	**Yuygun (çevrim)**		0	**İklimsel Uygunluk**		**0**

4	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Tuygun (ay)	72.85	100	100	100	100	100	99.24	56.47
Tuygun (çevrim)		56.47	**Yuygun (çevrim)**		0	**İklimsel Uygunluk**		**0**

5	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tuygun (ay)	100	100	100	100	100	99.24	56.47	21.89
Tuygun (çevrim)		21.89	**Yuygun (çevrim)**		2.54	**İklimsel Uygunluk**		**55**

6	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
Tuygun (ay)	100	100	100	100	99.24	56.47	21.89	0
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		67.53	**İklimsel Uygunluk**		**0**

7	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat
Tuygun (ay)	100	100	100	99.24	56.47	21.89	0	15.52
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		100	**İklimsel Uygunluk**		**0**

8	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Tuygun (ay)	100	100	99.24	56.47	21.89	0	15.52	34.63
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		100	**İklimsel Uygunluk**		0

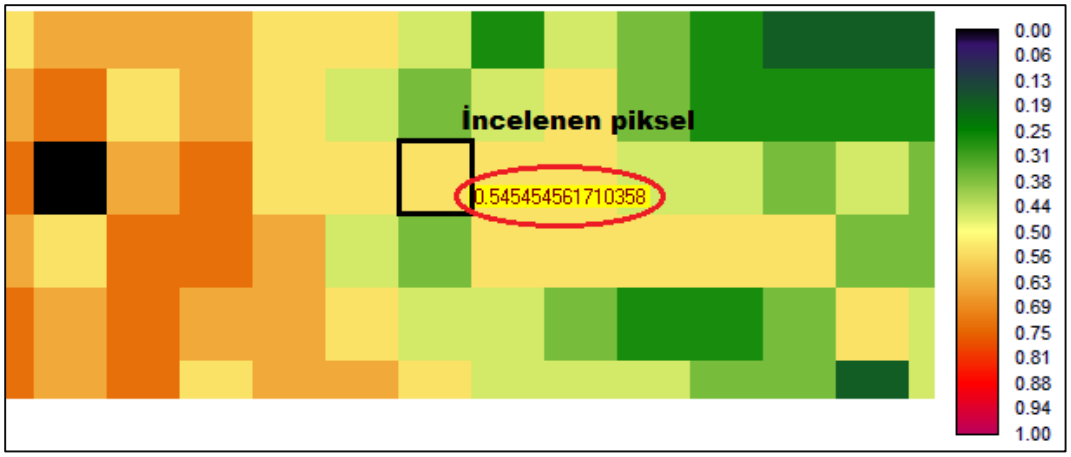
9	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
Tuygun (ay)	100	99.24	56.47	21.89	0	15.52	34.63	72.85
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		100	**İklimsel Uygunluk**		0

10	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
Tuygun (ay)	99.24	56.47	21.89	0	15.52	34.63	72.85	100
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		100	**İklimsel Uygunluk**		0

11	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Tuygun (ay)	56.47	21.89	0	15.52	34.63	72.85	100	100
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		100	**İklimsel Uygunluk**		0

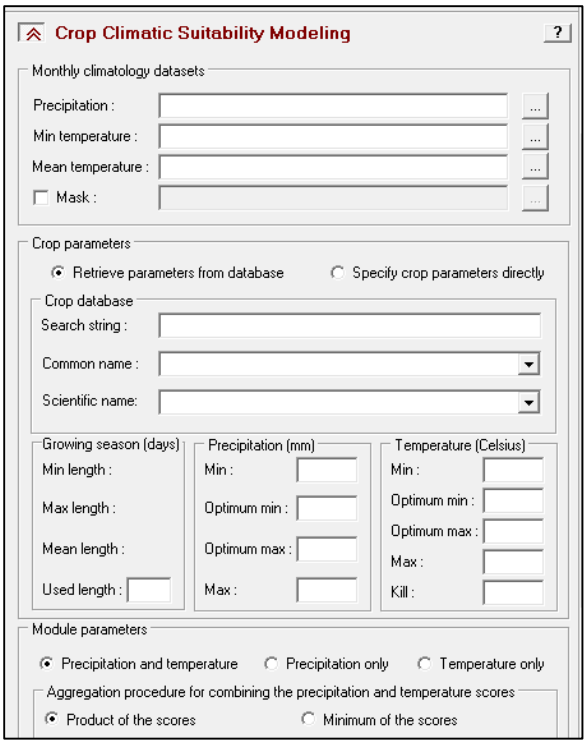
12	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Tuygun (ay)	21.89	0	15.52	34.63	72.85	100	100	100
Tuygun (çevrim)		0	**Yuygun (çevrim)**		100	**İklimsel Uygunluk**		0

Tablo 5.12'de görüldüğü üzere incelenen pikselde yetiştiricilik için en ideal çevrim 5. çevrim ve iklimsel uygunluk yüzdesi %55'tir. Peki, iklimsel uygunluk haritasında bu pikselin uygunluğu teorik hesaplarla uyuşmakta mıdır? Bu soru, sonuç haritasının piksele yakınlaştırılmış görüntüsüyle cevaplanabilir (Şekil 5.15)



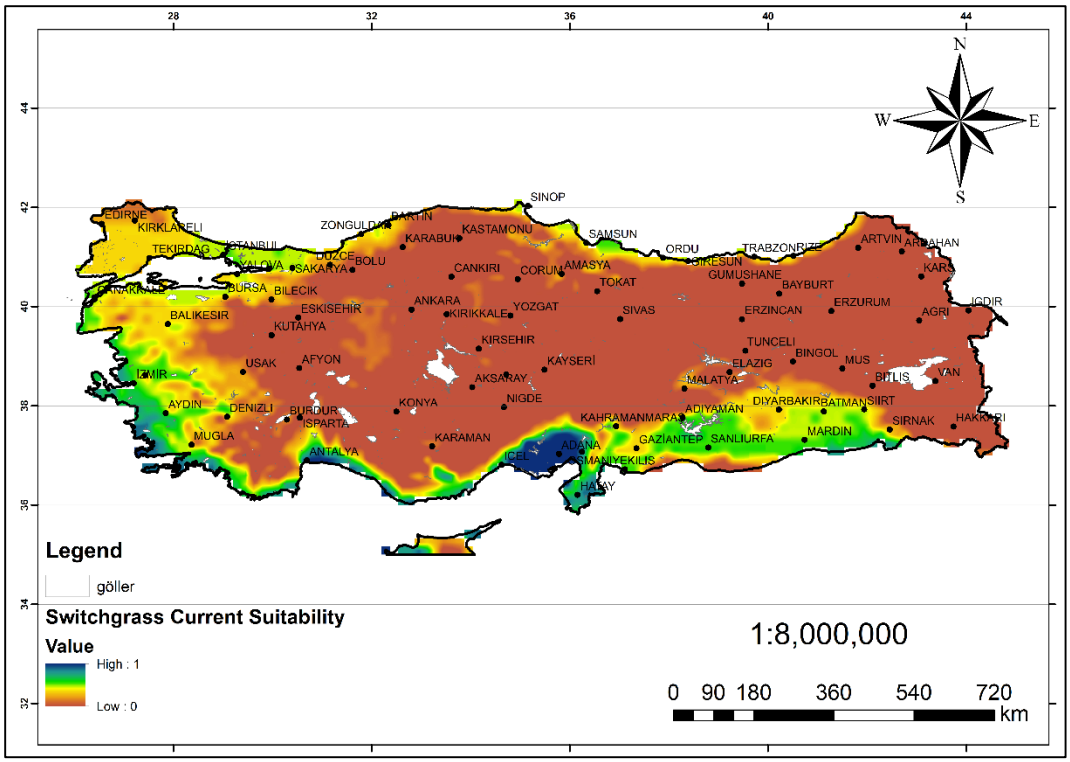
Şekil 5.15 İncelenen pikselin iklimsel uygunluk katsayısı (0.55).

Burada verilen örnekte uygunluk katsayısı 0.55'tir; yani piksel, iklimsel olarak %55 uygunluğa sahiptir. Böylece algoritmanın nasıl çalıştığı anlatılmıştır. Yapılan örnek sadece **bir piksel** içindir. **TerrSet ortamında kullanılan ekin iklim uygunluk modeli ise basamaklarla anlatılan tüm bu işlemleri 1km çözünürlükteki piksellerden oluşan 2160*900'lük bir grid (ızgara) sistemi için çok kısa bir sürede gerçekleştirmektedir.** Çalışmada, TerrSet'te yer alan ve "iklim değişikliği adaptasyon modelinde" bulunan "ekin uygunluk modülü" Şekil 5.16'da gösterilmektedir.



Şekil 5.16 TerrSet yazılımda bulunan "İklim Değişikliği Adaptasyon Modellemesi" içinde gömülü "Bitki Sürdürülebilirliği Modülünün" görünümü.

TerrSet'te elde edilen harita tüm dünyayı içermektedir. Bu harita, ArcGIS ortamına aktarılmış; tüm haritadan Türkiye çıkarılmış ve harita GCS WGS 84_UTM ZONE 35 ile projeksiyonlandırılarak uygun şekilde haritalanmıştır. Böylece iklimsel uygunluğa ait sonuç harita elde edilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 Türkiye genelinde belirlenen, dallı darı bitkisine ait **iklimsel uygunluk** haritası.

Arazi Kullanım Haritasının Sayısallaştırma ile Oluşturulması

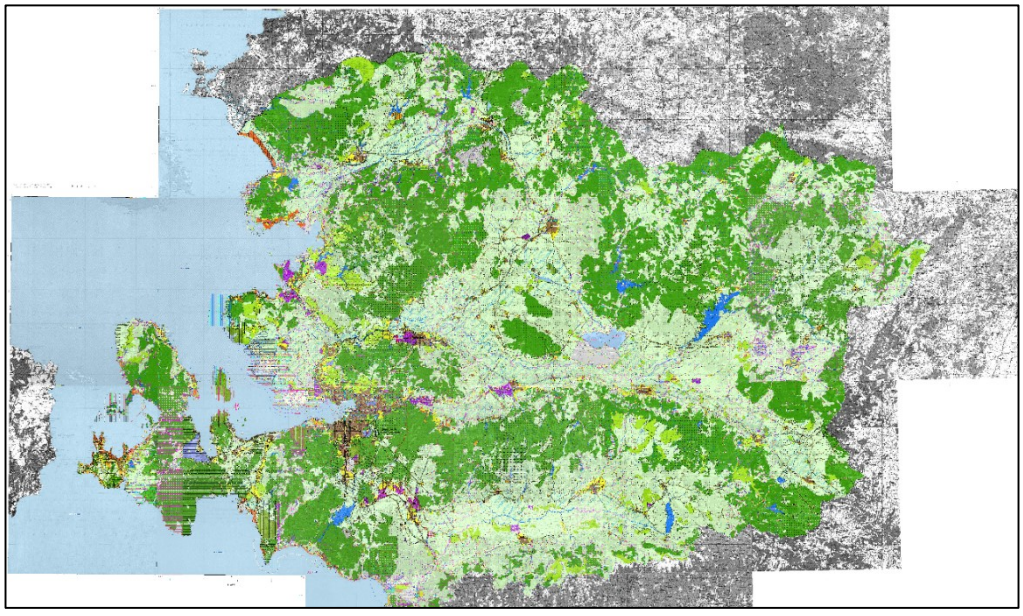
Çalışmada kullanılan arazi kullanım haritası, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca 2014 yılında hazırlatılan İzmir-Manisa Planlama Bölgesi 1/100,000 ölçekli Çevre Düzeni Planı'nın kamu ile paylaşılan resim formatındaki referanslandırılmamış paftalarından üretilmiştir. Bu nedenle, bakanlık web sitesinden elde edilen bu paftalar, CBS ortamında kullanılmaya uygun değildir. Çalışmada bu resimler, arazi kullanım verisinin oluşturulması için altlık harita olarak kullanılmıştır.

Konum bilgileri (jeoreferansları) mevcut olmayan altlık haritaların (Tablo 5.5) jeoreferanslanarak konum bilgisi alması sağlanmıştır. Bu işlem için QGIS yazılımı kullanılmıştır. Jeoreferanslama için kullanılacak koordinat ve datum bilgileri ise Tablo 5.13'de verilmektedir.

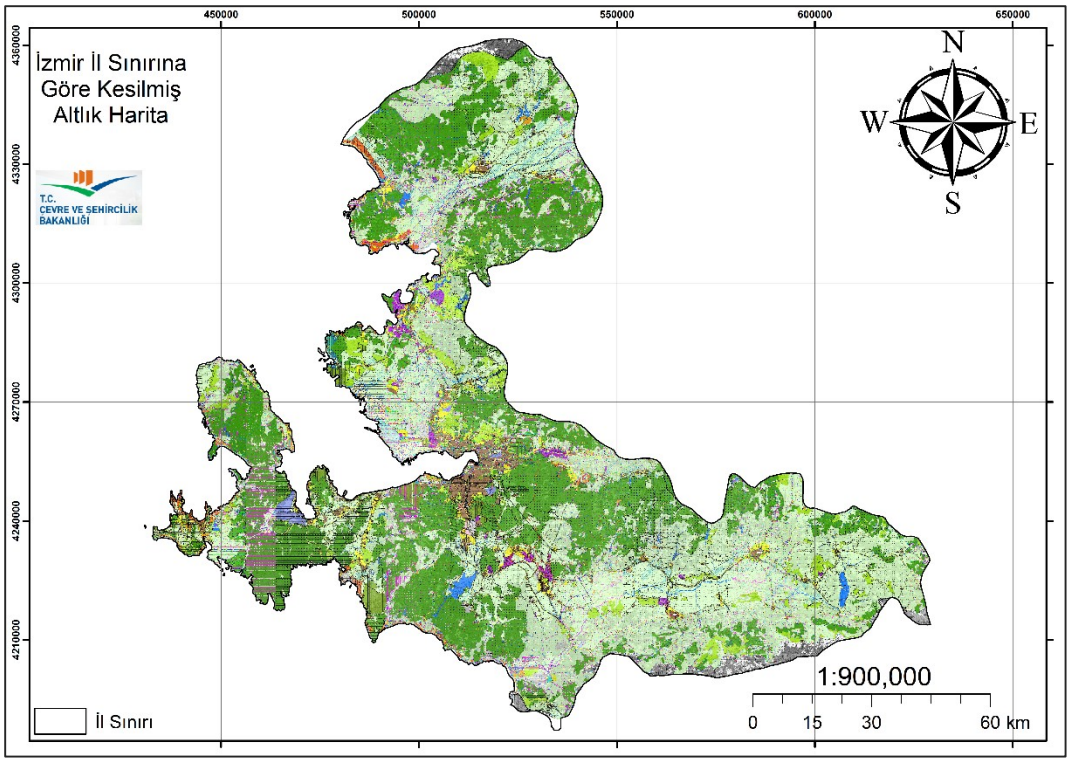
Tablo 5.13 Paftaların jeoreferanslanması için gerekli olan koordinat sistemi ve datum bilgisi.

Yersel Referans (Spatial Reference)	WGS_1984_UTM_Zone_35N
Lineer Birim (Linear Unit)	Metre
Açısal Birim (Angular Unit)	Derece
Merkez Meridyen	27 (Greenwich)
Datum	D_WGS_1984

Jeoreferanslama işleminden sonra altlık haritalar ArcGIS ortamında birleştirilmiş (Şekil 5.18) ve İzmir ili sınırlarına göre kesilmiştir (Şekil 5.19).

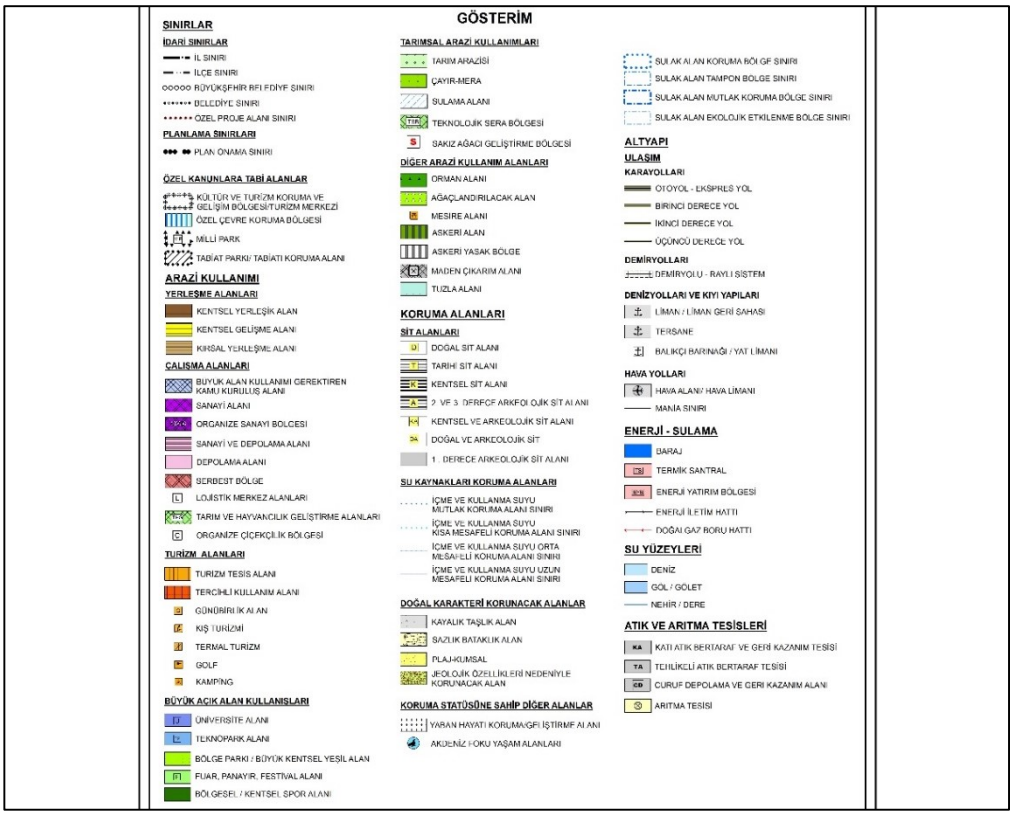


Şekil 5.18 Jeoreferanslanmış altlık paftaların ArcGIS ortamında birleştirilmesi.



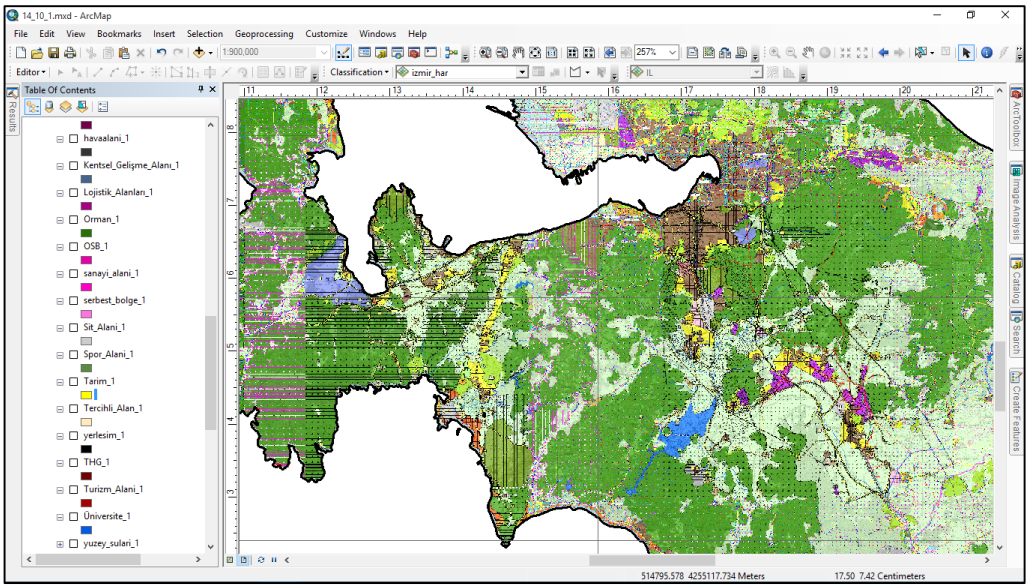
Şekil 5.19 Jeoreferanslanan ve birleştirilen paftaların İzmir il sınırına göre kesilmesi.

Şekil 5.20'de ise, altlık haritanın göstergesi (lejant) verilmektedir. Buradaki göstergeye göre arazi kullanım sınıfları tespit edilmiş ve bu sınıfları kapsayan poligonlar çizilerek – sayısallaştırma yapılarak – paftaların CBS ortamında dijitalleştirilmesi sağlanmıştır.

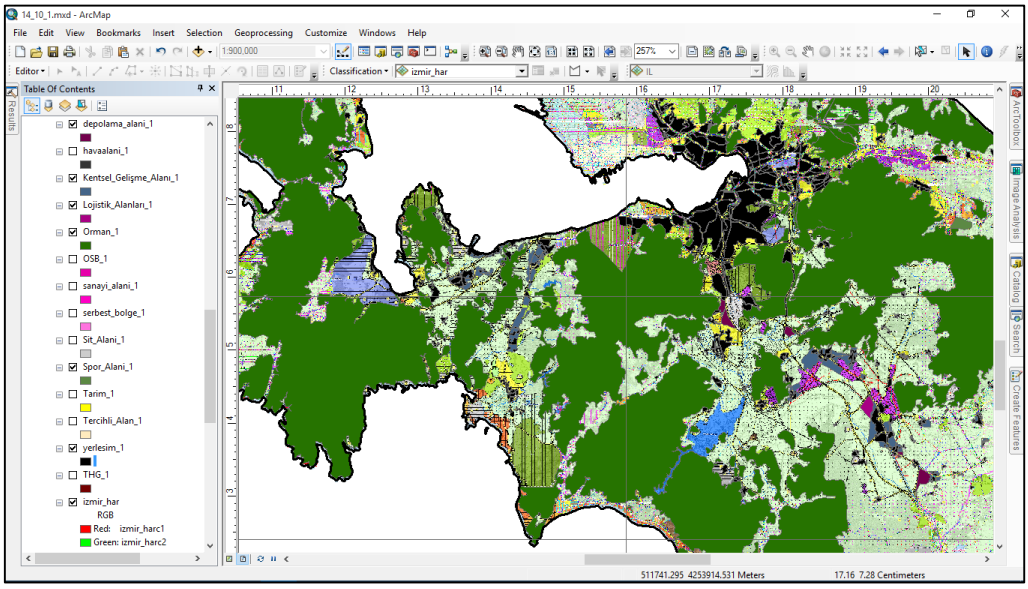


Şekil 5.20 Çevre Planı'na ait lejant.

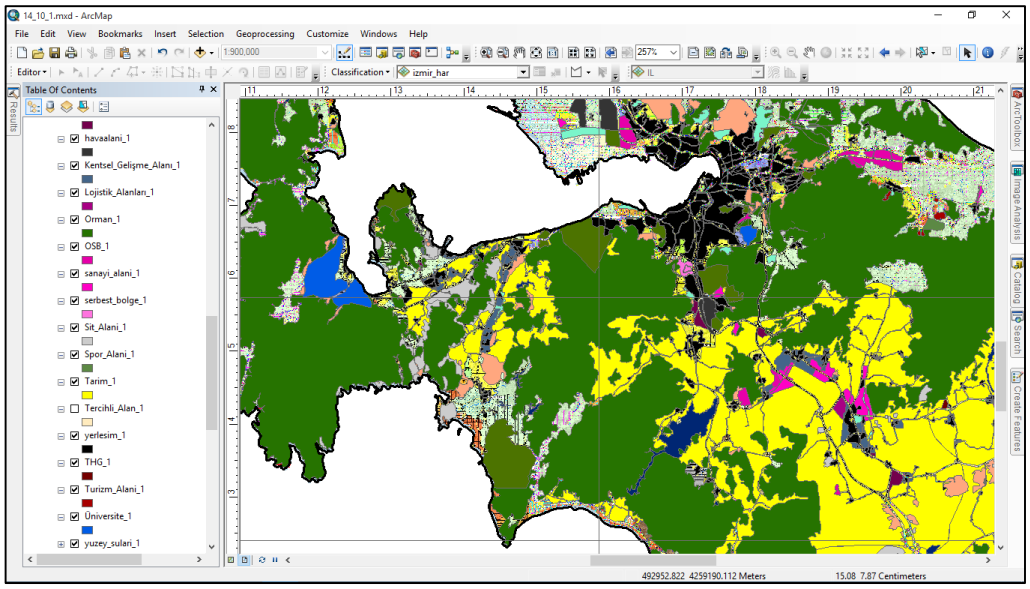
Şekil 5.21, Şekil 5.22 ve Şekil 5.23'de ArcGIS ortamında yapılan sayısallaştırma süreci ve Şekil 5.24'de ise sayısallaştırılan İzmir ili arazi kullanım haritası gösterilmektedir. Bu süreç, tez çalışmasının en çok zaman alan tarafını oluşturmuştur.



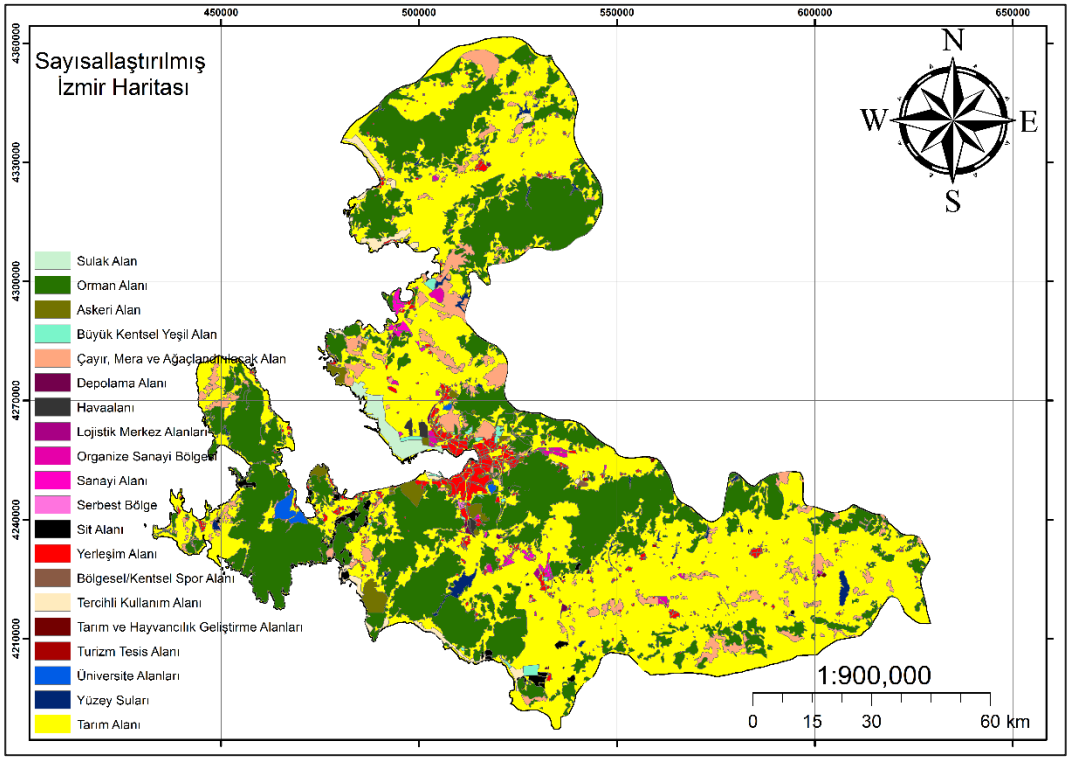
Şekil 5.21 İzmir iline ait temsili bir bölgede gerçekleştirilen sayısallaştırma işlemi (1).



Şekil 5.22 Sayısallaştırma aşaması devamı (2).



Şekil 5.23 Sayısallaştırma aşamalarından biri (3).



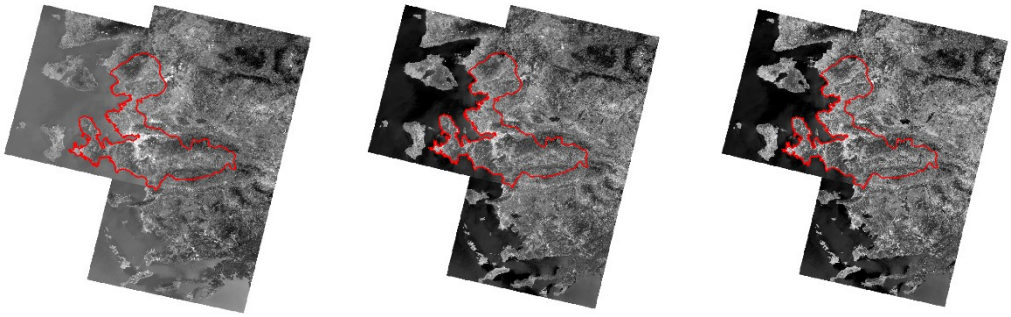
Şekil 5.24 Sayısallaştırma sonucu üretilen İzmir ili arazi kullanım sınıfları.

Şekil 5.24, yapılan tüm sayısallaştırma işlemlerinin sonucunda elde edilen verileri içeren arazi kullanım haritasıdır. Böylece altlık haritada bulunan arazi

kullanım sınıfları, CBS ortamında kullanılabilecek hale getirilmiş ve veritabanında depolanmıştır.

Uydu Görüntüleri ile Bant Kombinasyonunun Oluşturulması

Burada öncelikle, yukarıda gösterilen bantlar, İzmir ilini kapsayacak şekilde birleştirilmiştir (Şekil 5.25). Bu işlem ArcGIS yazılımda gerçekleştirilmiştir.



(a) Mavi **(b) Yeşil** **(c) Kırmızı**

Şekil 5.25 Üç landsat paftasının birleştirilmesiyle oluşturulmuş mozaik görüntü.

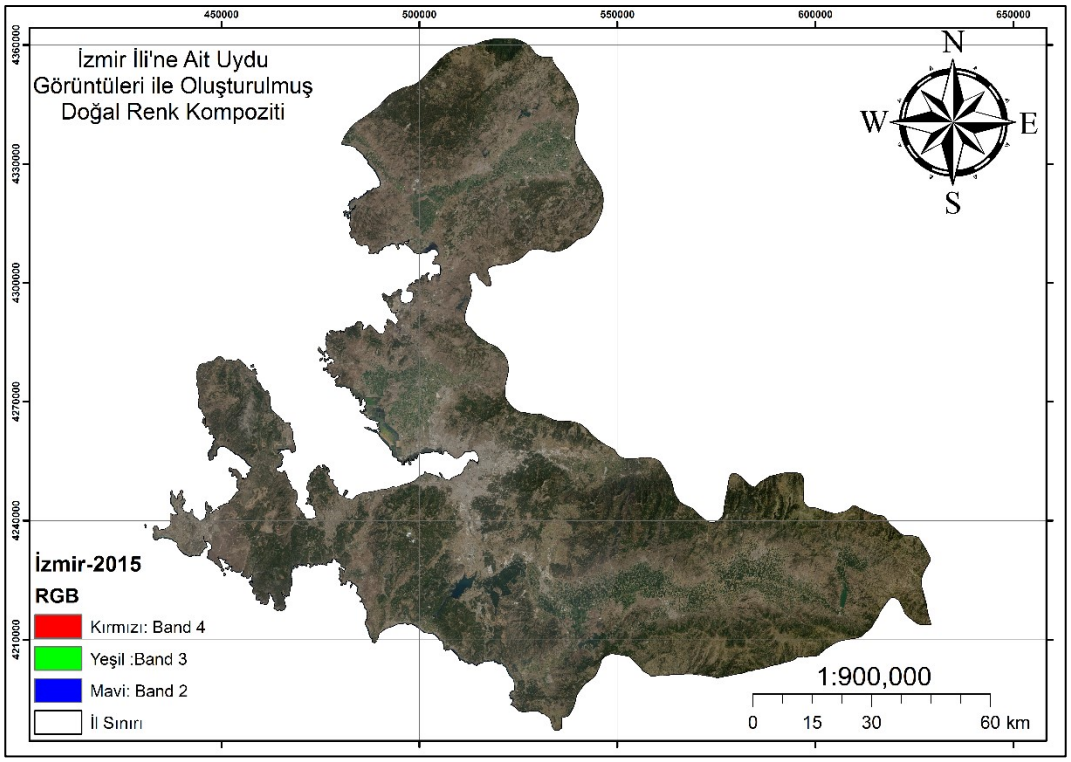
Birleştirilen bantlar daha sonra İzmir il sınırına göre kesilmiştir (Şekil 5.26).



(a) Mavi **(b) Yeşil** **(c) Kırmızı**

Şekil 5.26 Birleştirilen bantların il sınırına göre kesilmesi.

Bu işlemlerden sonra il sınırına göre şekillendirilmiş üç ayrı band görüntüsü, band kombinasyonu yapılarak doğal renk kompoziti harita elde edilmiştir. Şekil 5.27'de doğal renkli harita görülmektedir.



Şekil 5.27 İzmir ilinin doğal renk görüntüsü.

5.4 Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) Modelinin Oluşturulması

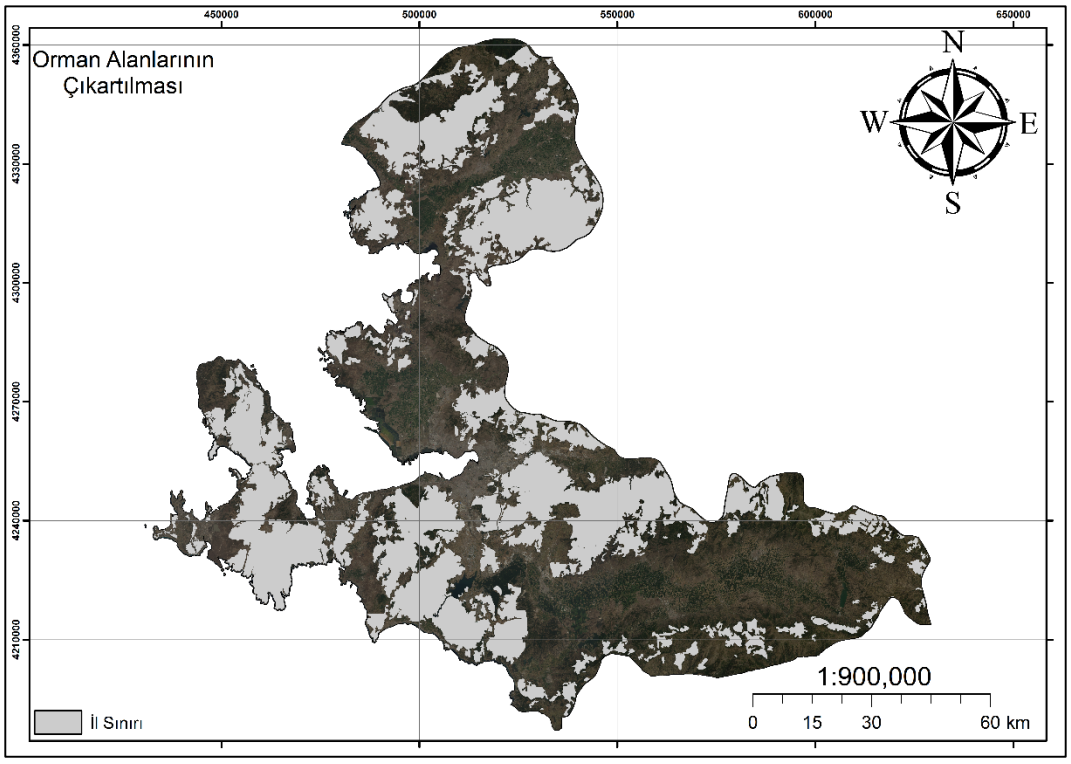
5.4.1 Kısıtların çalışma alanından çıkarılması

Çalışmanın bu bölümünde Tablo 5.14'de verilen kısıtlarca belirlenen ve dallı darı yetiştiriciliği için uygun olmayan alanlar tüm çalışma alanından çıkarılarak uygun alanlar belirlenmiştir. İlerleyen şekillerde çıkarım sonucu kalan alanlar görülmektedir (Şekil 5.28- Şekil 5.39).

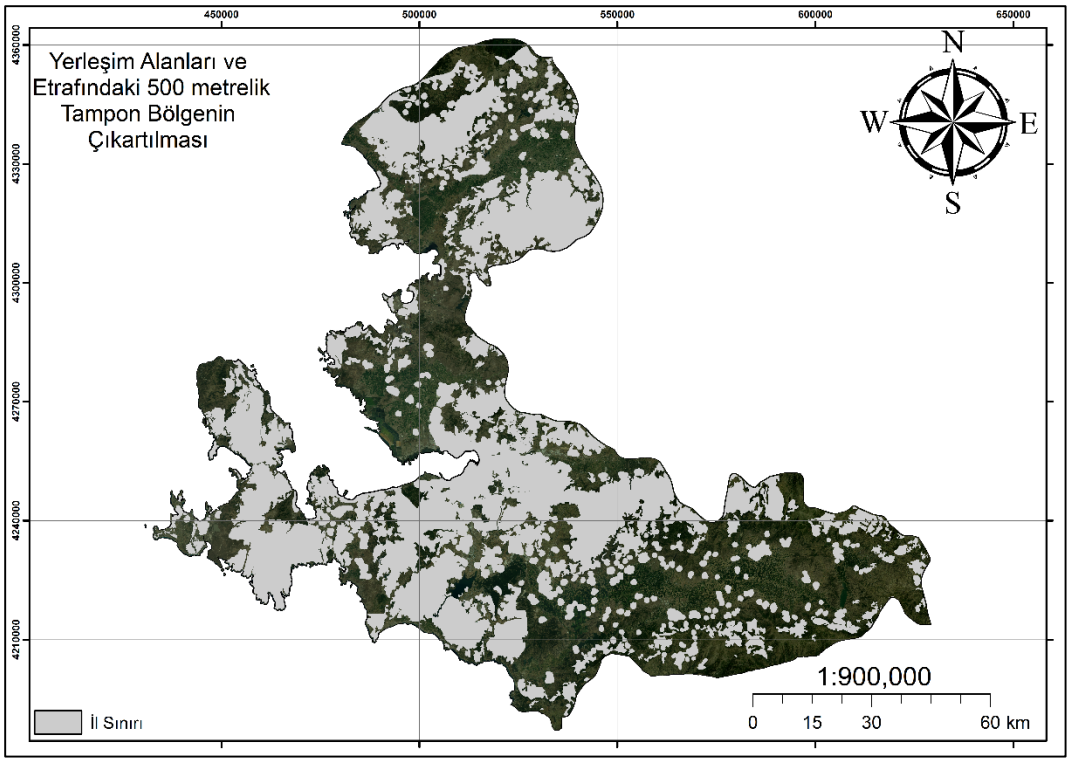
Tablo 5.14 Çalışmada kullanılan kısıtların listesi.

Kısıtlar (Dallı darı yetiştiriciliğine uygun olmayan veriler)
Orman alanları
Yerleşim Alanları ve 500 m.'lik tampon bölge
Yollar ve 100 m.'lik tampon bölge
Irmaklar ve 100 m.'lik tampon bölge
Yüzey Suları ve 100 m.'lik tampon bölge
Organize Sanayi Bölgeleri
Serbest Bölgeler
Lojistik Alanları
Sanayi Alanları
Üniversite Alanları
Askeri Alanlar
Havalimanları
Büyük Kentsel Yeşil Alanlar
Tercihli Alanlar
Turizm Alanları
Spor Alanları

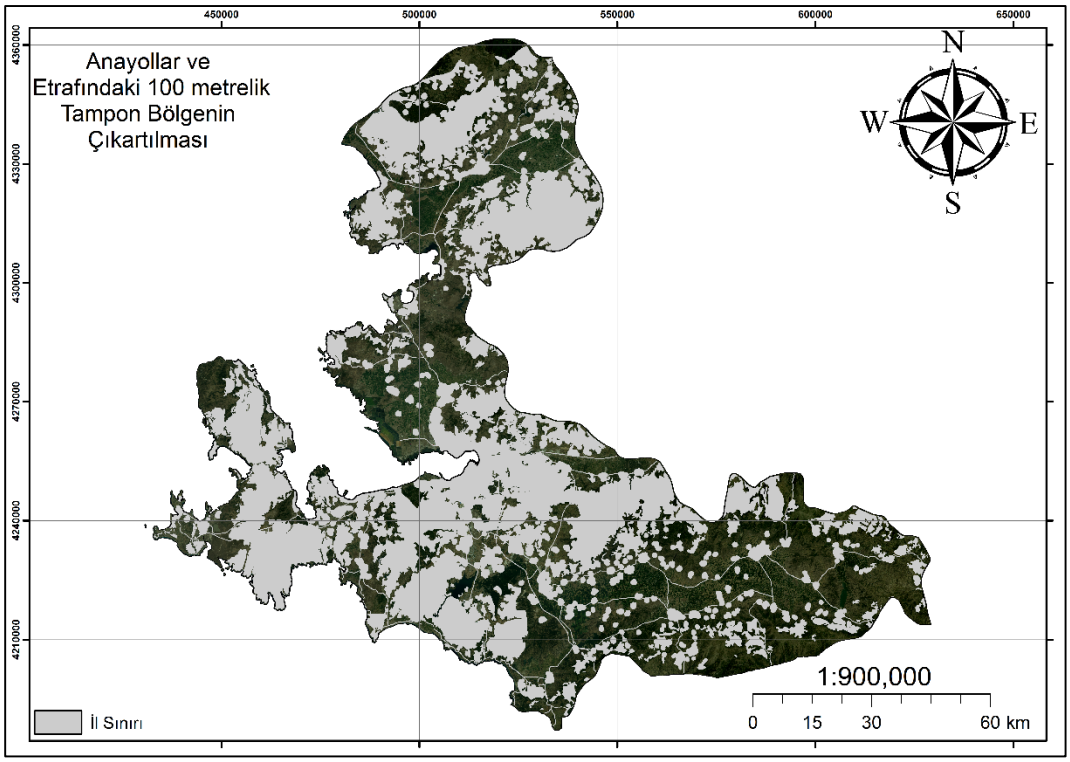
Kısıtlar (Dallı darı yetiştiriciliğine uygun olmayan veriler)
Tarım Alanları
Sit Alanları
Teknolojik Sera Bölgeleri (TSB)
Plajlar
Sazlık ve Tuzla Alanları
10 ha'dan Küçük Alanlar



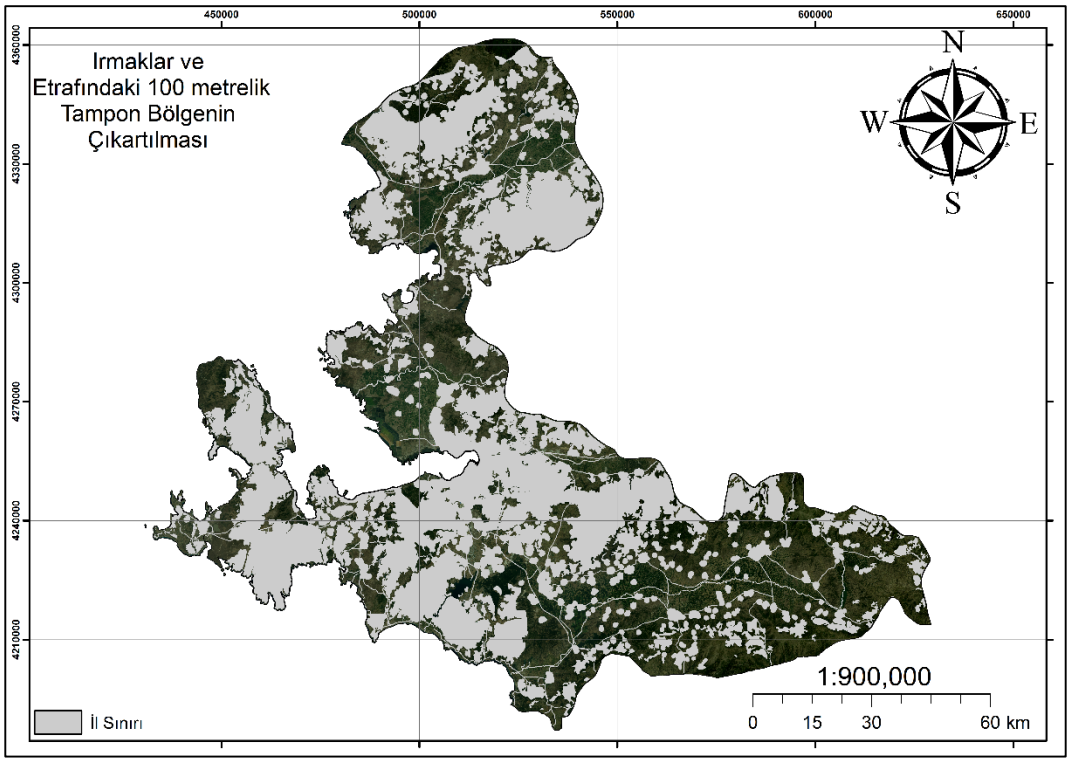
Şekil 5.28 Kısıtların elenmesi (1).



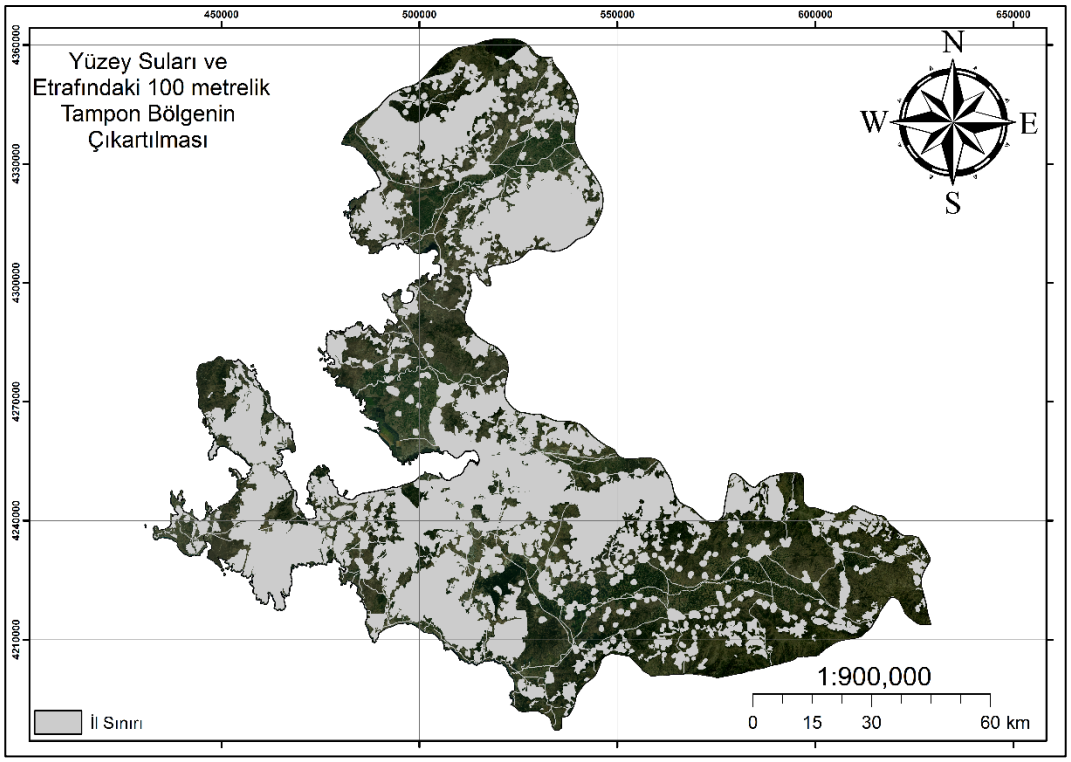
Şekil 5.29 Kısıtların elenmesi (2).



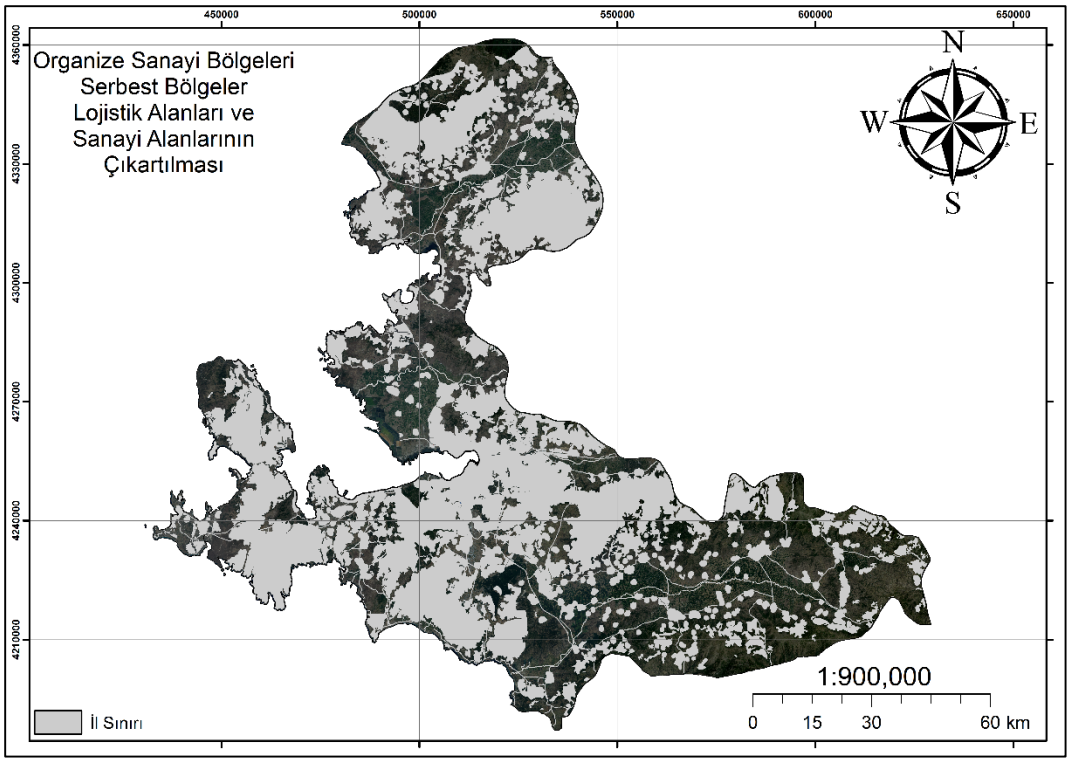
Şekil 5.30 Kısıtların elenmesi (3).



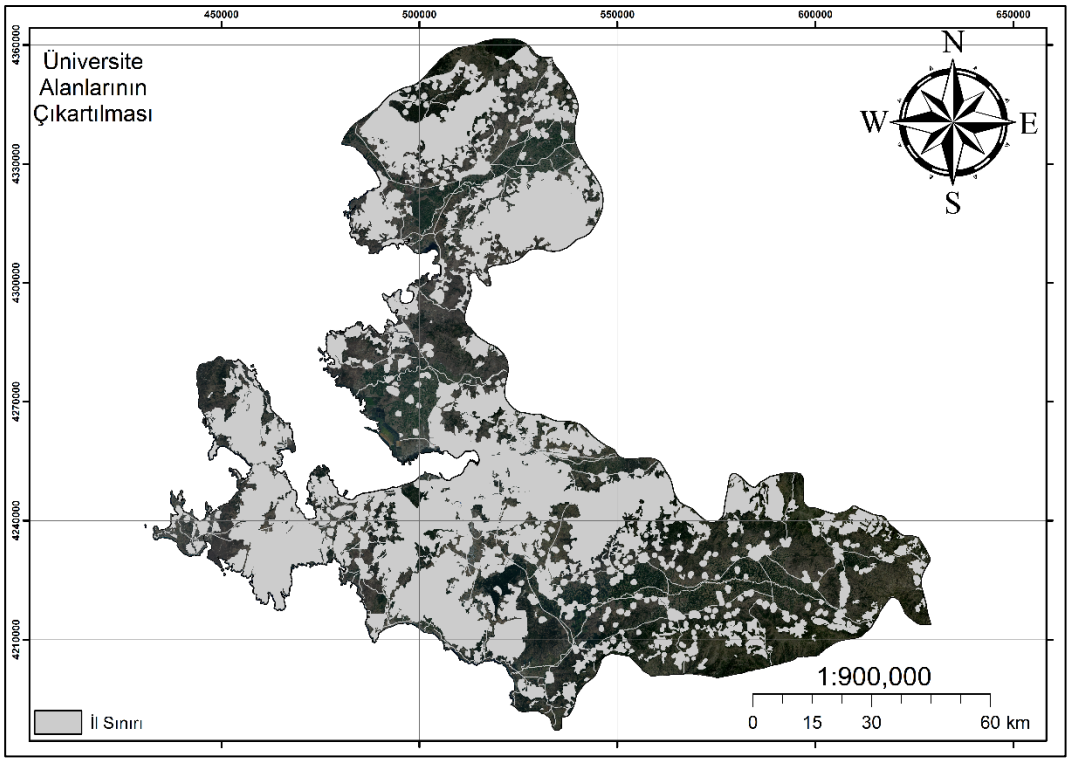
Şekil 5.31 Kısıtların elenmesi (4).



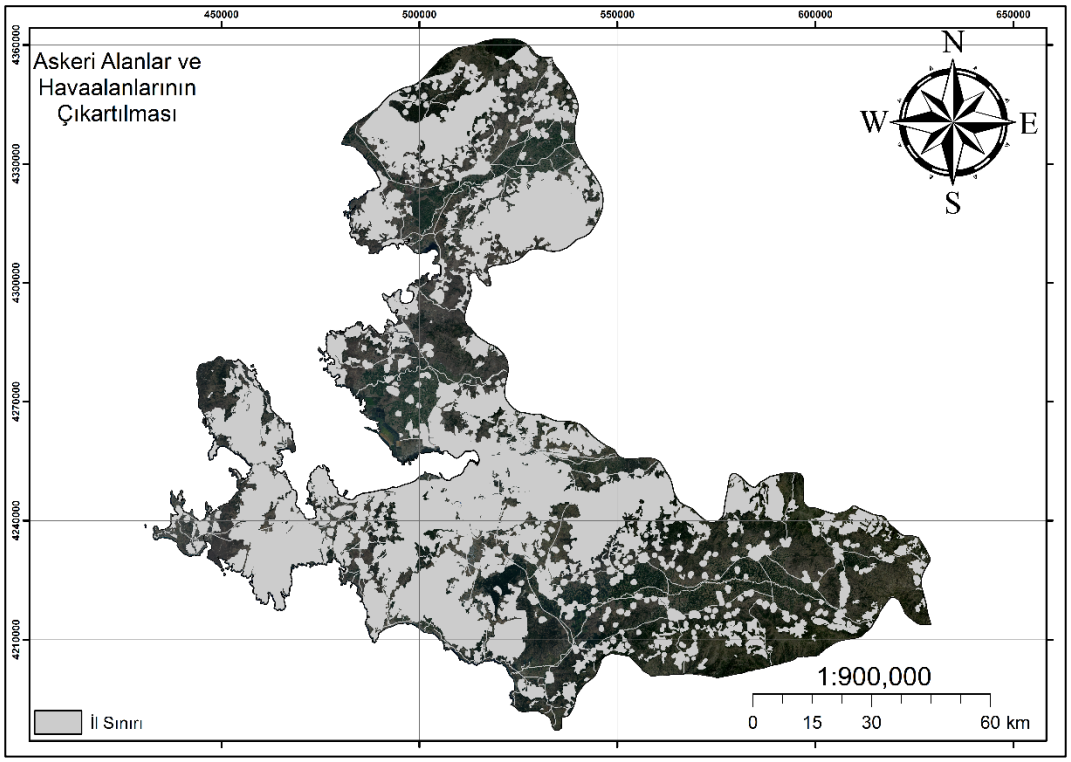
Şekil 5.32 Kısıtların elenmesi (5).



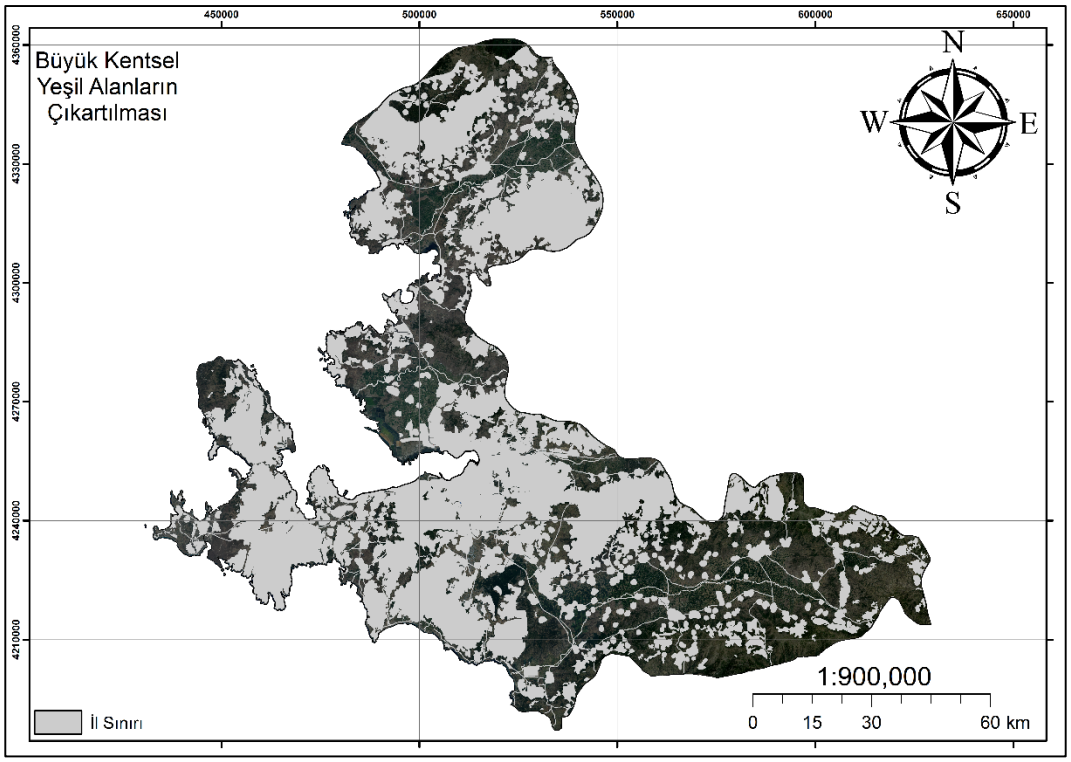
Şekil 5.33 Kısıtların elenmesi (6).



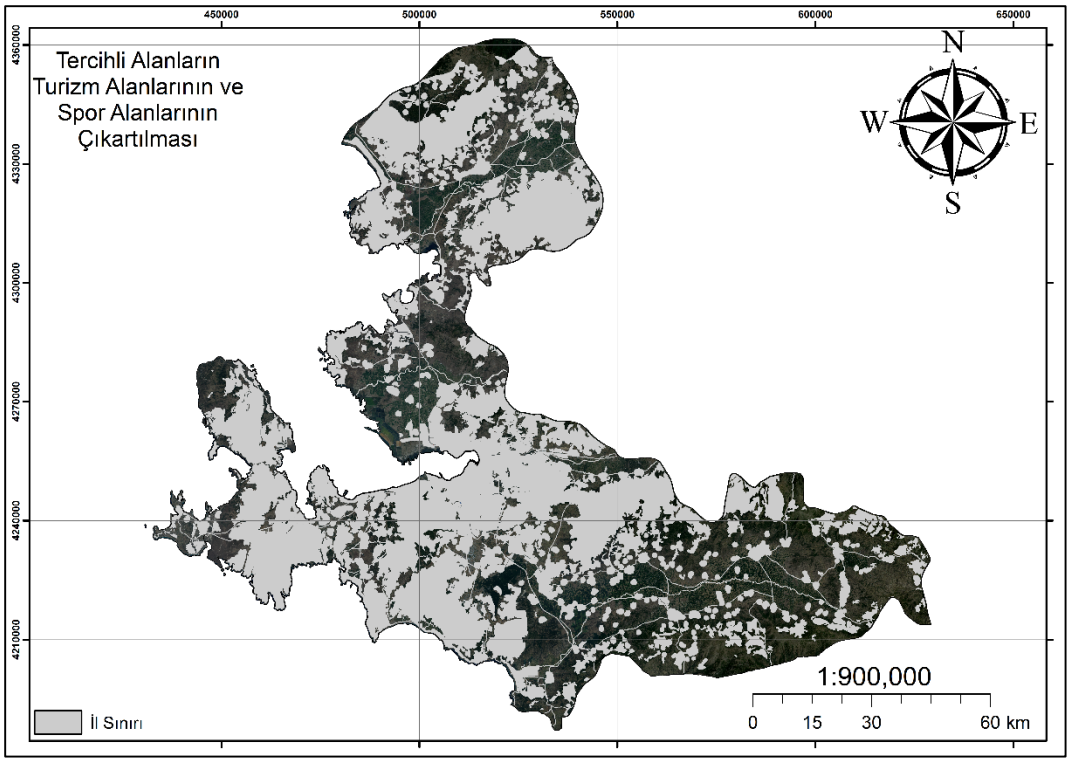
Şekil 5.34 Kısıtların elenmesi (7).



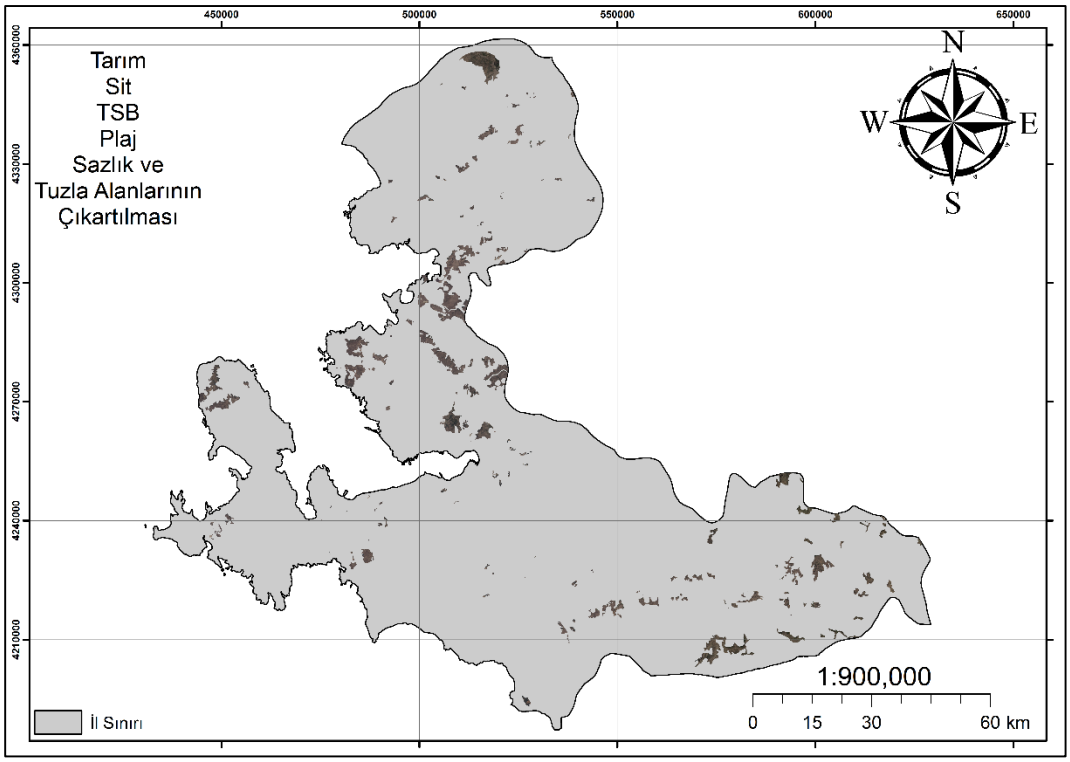
Şekil 5.35 Kısıtların elenmesi (8).



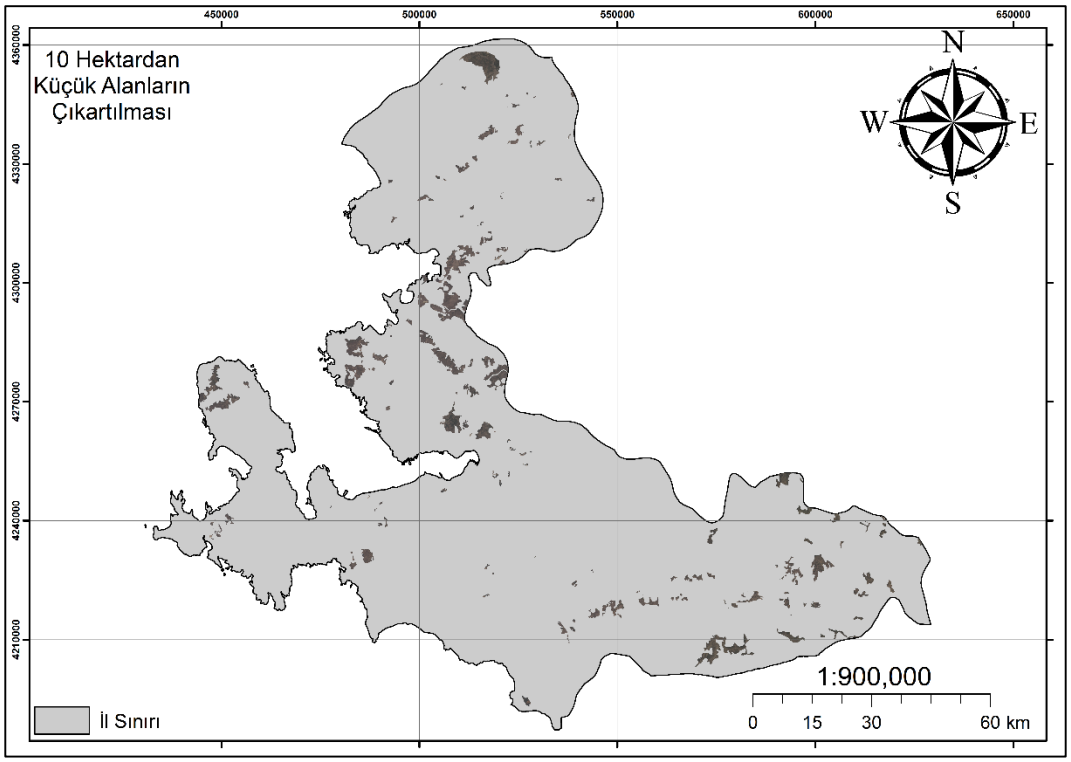
Şekil 5.36 Kısıtların elenmesi (9).



Şekil 5.37 Kısıtların elenmesi (10).



Şekil 5.38 Kısıtların elenmesi (11).



Şekil 5.39 10 hektardan küçük alanların kısıtlanması sonucu kalan alanlar.

5.4.2 Fuzzy faktör standardizasyonu

Burada yapılacak faktör standardizasyonu işlemi, yöntem kısmında sözü edilen 7 senaryo için ayrı ayrı yapılacaktır. Her senaryoda yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralığı değiştirilmiştir.

Senaryo-1

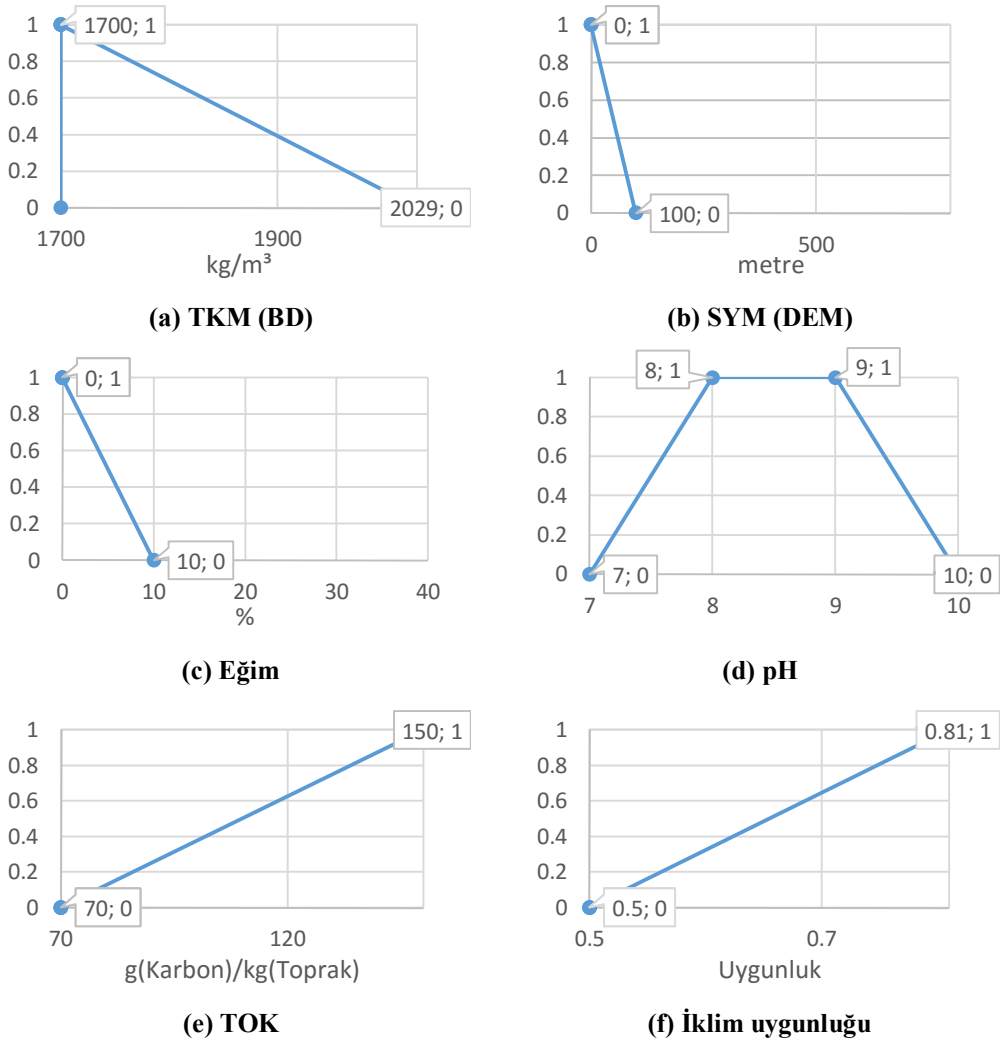
Senaryo-1 için faktör uygunluk aralıkları Tablo 5.15'de gösterilmektedir.

Tablo 5.15 Senaryo-1 için belirlenen uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
TKM (BD) (kg/m³)	0-1700	0
	1700	1

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
TKM (BD) (kg/m³)	1700-2029	1-0
	>2029	0
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-100	1-0
	>100	0
Eğim (%)	0	1
	0-10	1-0
	>10	0
pH	0-7	0
	7-8	0-1
	8-9	1
	9-10	1-0
	>10	0
TOK (SOC) (gKarbon/kgToprak)	0-70	0
	70-150	0-1
	>150	1
İklim Uygunluğu	0-0.5	0
	0.5-0.81	0-1
	0.81	1

Bu uygunluk aralıkları, FUZZY modüle Şekil 5.40'daki grafiklerle entegre edilmiştir. Bu grafiklerde, Tablo 5.15'deki değerler kullanılmıştır.



(a) TKM (BD) **(b) SYM (DEM)**

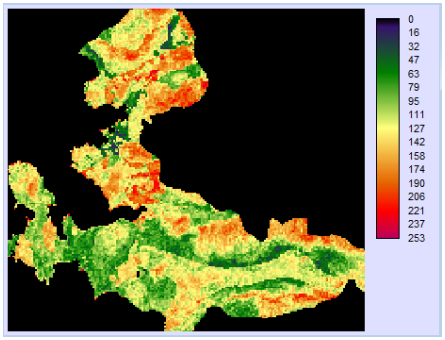
(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK **(f) İklim uygunluğu**

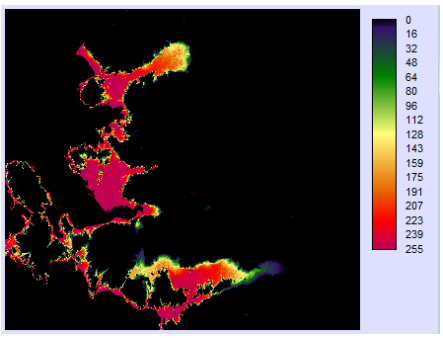
Şekil 5.40 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları

Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.41'deki standardize haritalar oluşturulmuştur.

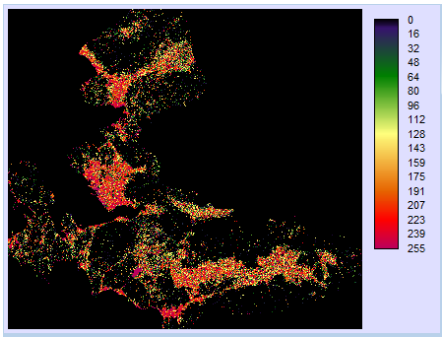
Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.42'deki verilere ulaşılmıştır.



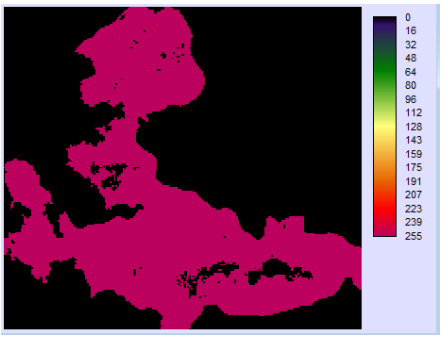
(a) TKM (BD)



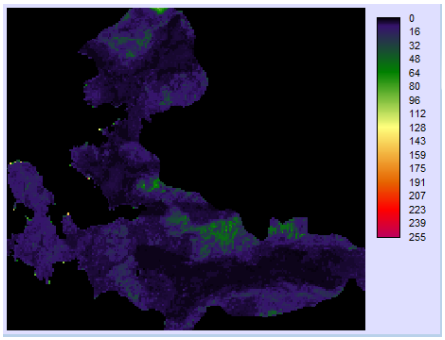
(b) SYM (DEM)



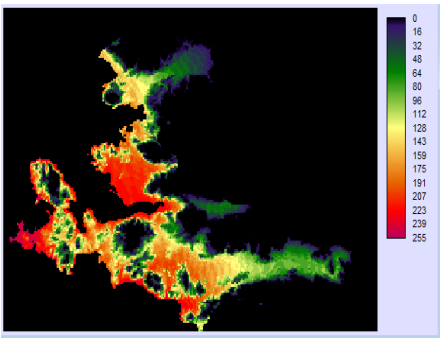
(c) Eğim



(d) pH

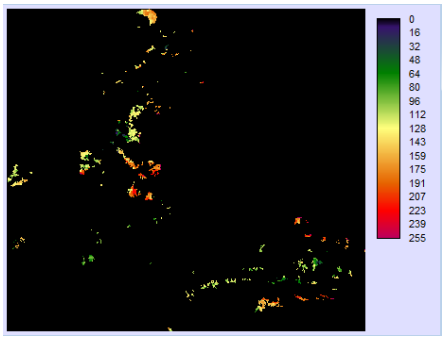


(e) TOK (SOC)

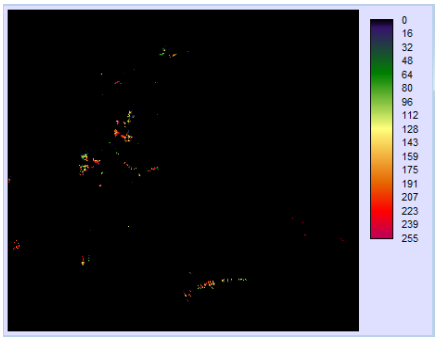


(f) İklimsel uygunluk

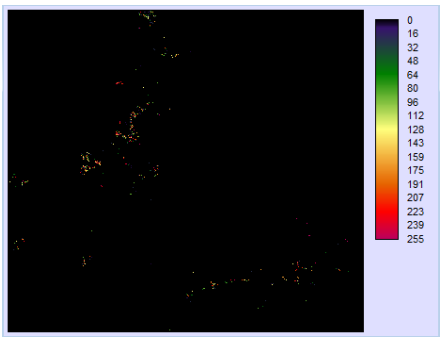
Şekil 5.41 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



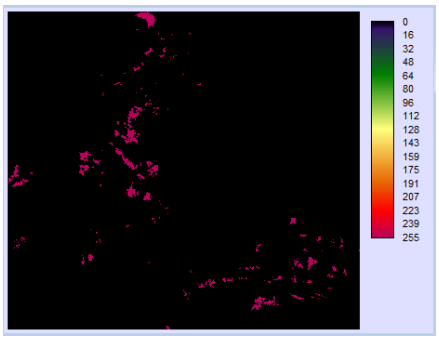
(a) TKM (BD)



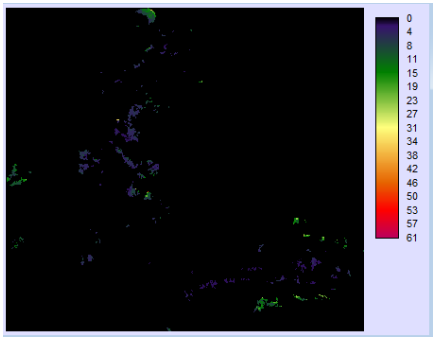
(b) SYM (DEM)



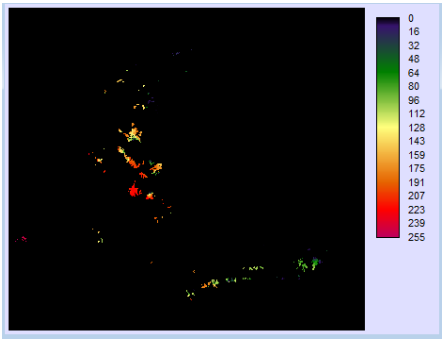
(c) Eğim



(d) pH



(e) TOK (SOC)



(f) İklimsel uygunluk

Şekil 5.42 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

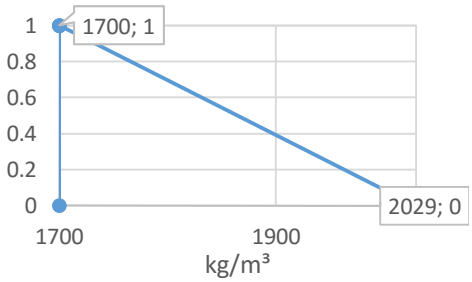
Senaryo-2

Burada, yükseklik ve eğim faktörlerine ait uygunluk aralıkları değiştirilmiştir (Tablo 5.16; Şekil 5.43). Diğer faktörlerin uygunluk aralığı aynı bırakılmıştır. Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.44'deki standardize haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.45'deki verilere ulaşılmıştır.

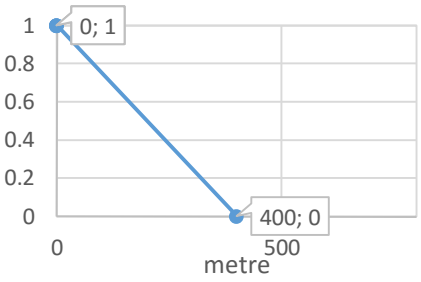
Tablo 5.16 Senaryo-2 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-400	1-0

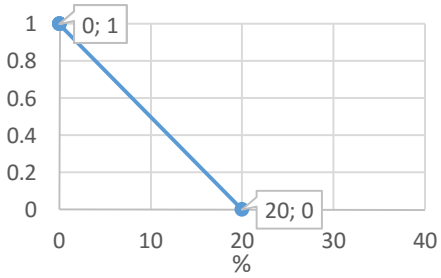
Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	>400	0
Eğim (%)	0	1
	0-20	1-0
	>20	0



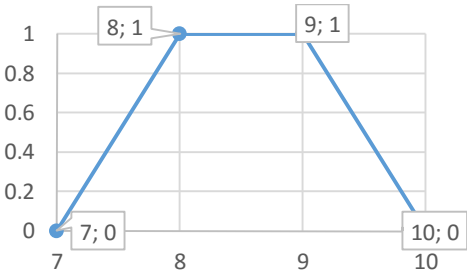
(a) TKM (BD)



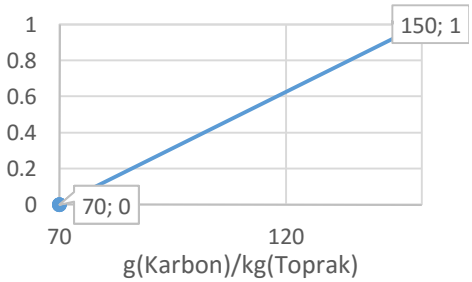
(b) SYM (DEM)



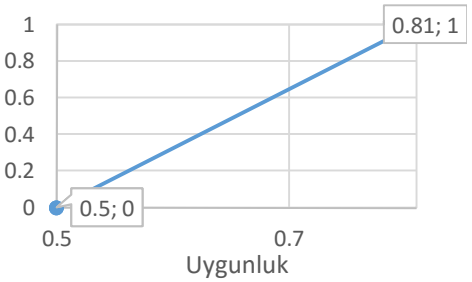
(c) Eğim



(d) pH

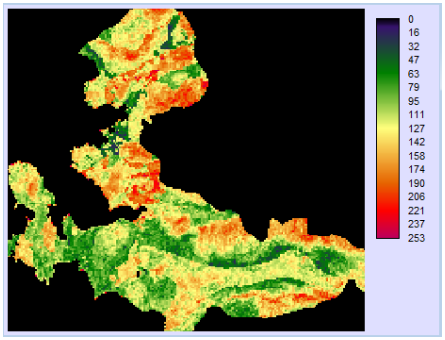


(e) TOK (SOC)

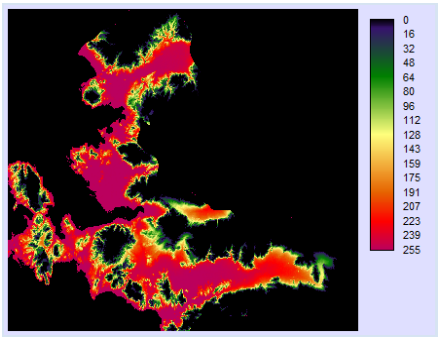


(f) İklimsel uygunluk

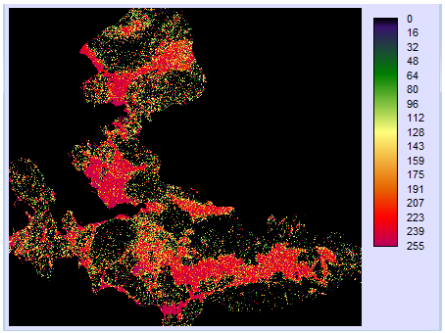
Şekil 5.43 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları.



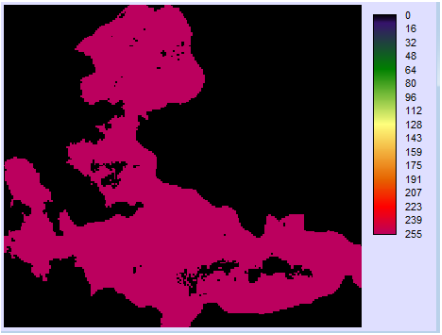
(a) TKM (BD)



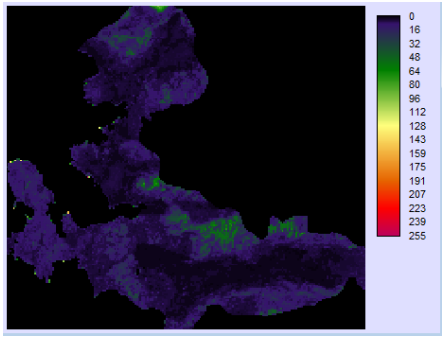
(b) SYM (DEM)



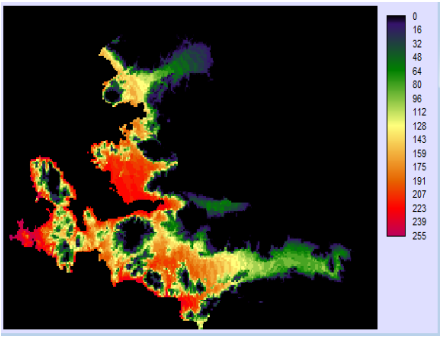
(c) Eğim



(d) pH

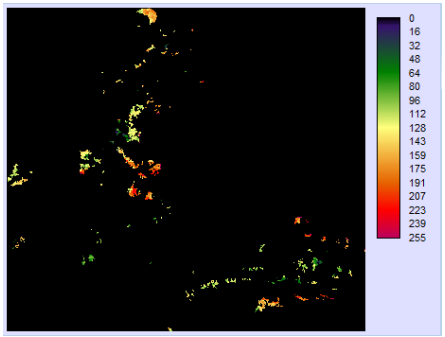


(e) TOK (SOC)

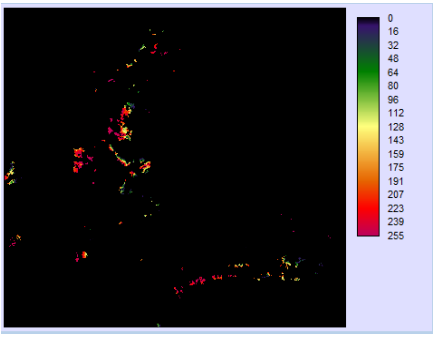


(f) İklimsel Uygunluk

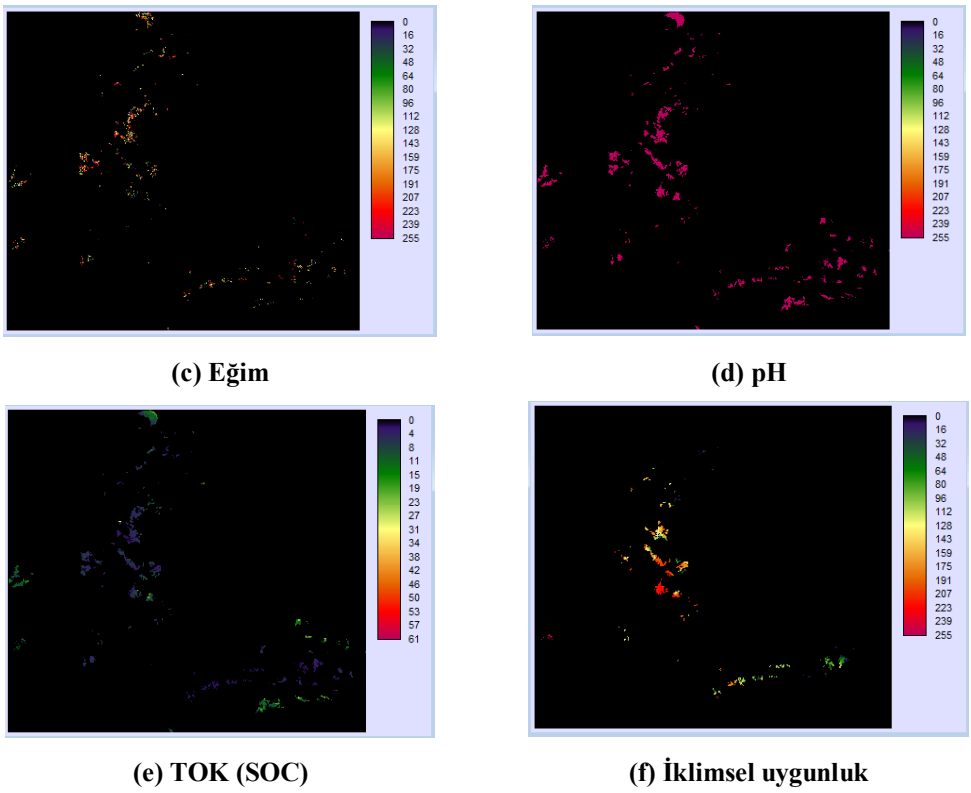
Şekil 5.44 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



(a) TKM (BD)



(b) SYM (DEM)



(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

Şekil 5.45 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

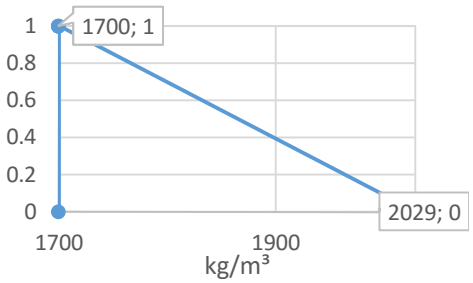
Senaryo-3

Burada da yükseklik ve eğim faktörleri hariç (Tablo 5.17) diğer faktörlerin uygunluk aralığı aynı bırakılmıştır. FUZZY modüle Şekil 5.44'teki grafikler entegre edilmiştir. Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.45'deki standardize haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.46'daki verilere ulaşılmıştır.

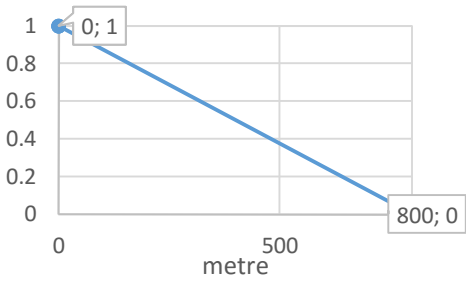
Tablo 5.17 Senaryo-3 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-800	1-0

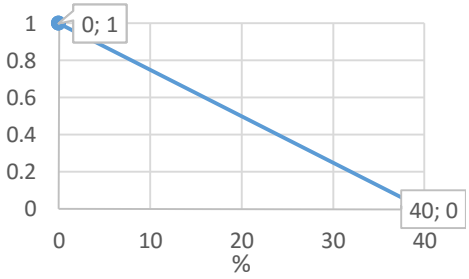
Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	>800	0
Eğim (%)	0	1
	0-40	1-0
	>40	0



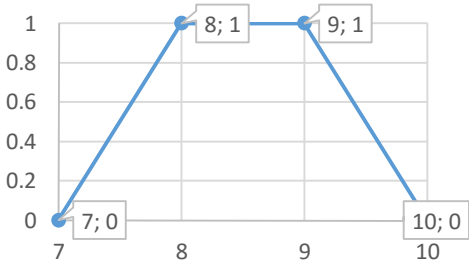
(a) TKM (BD)



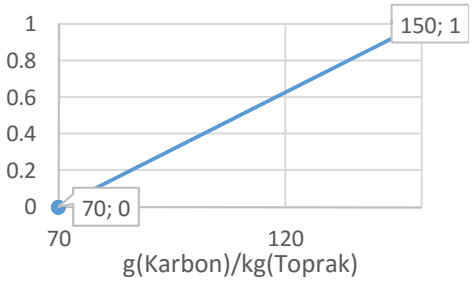
(b) SYM (DEM)



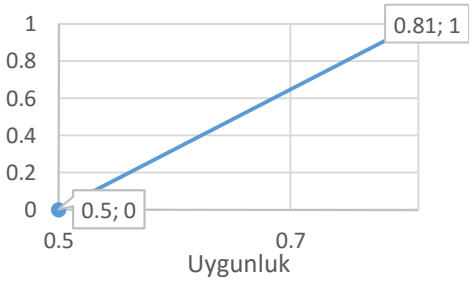
(c) Eğim



(d) pH

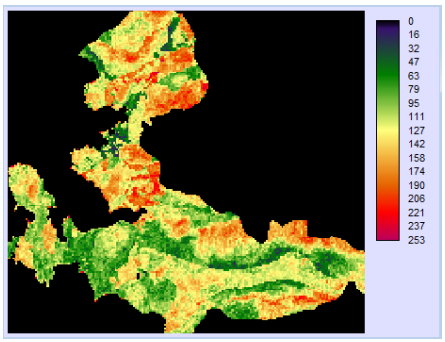


(e) TOK (SOC)

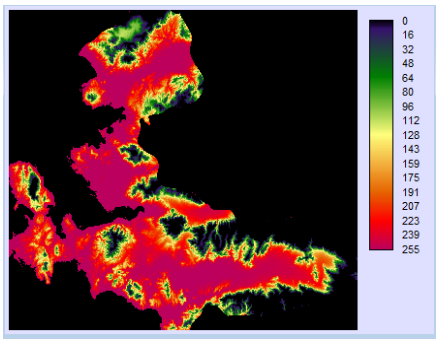


(f) İklimsel uygunluk

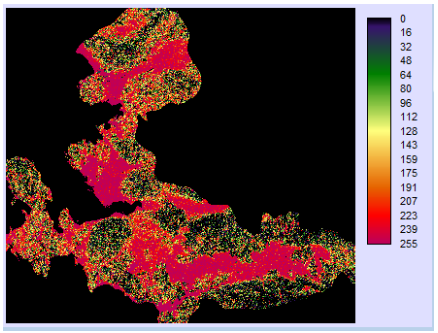
Şekil 5.46 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları.



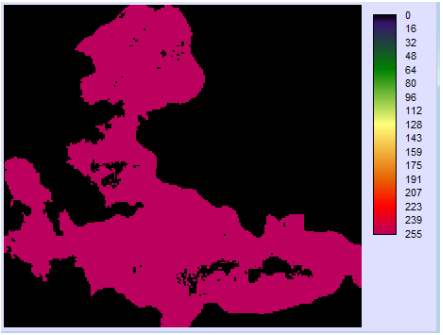
(a) TKM (BD)



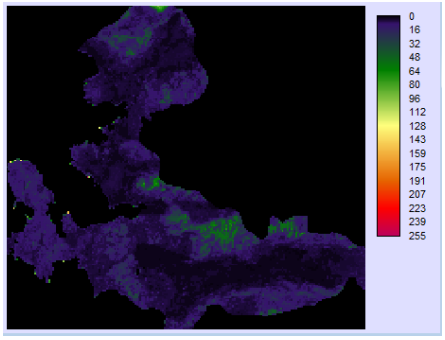
(b) SYM (DEM)



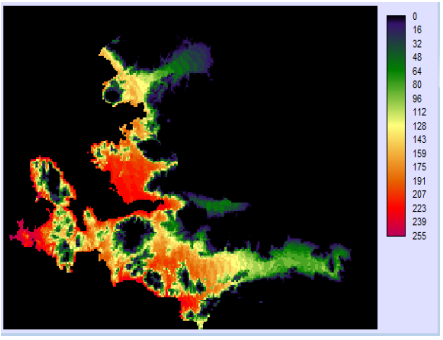
(c) Eğim



(d) pH

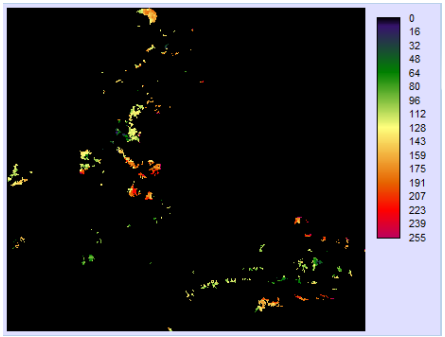


(e) TOK (SOC)

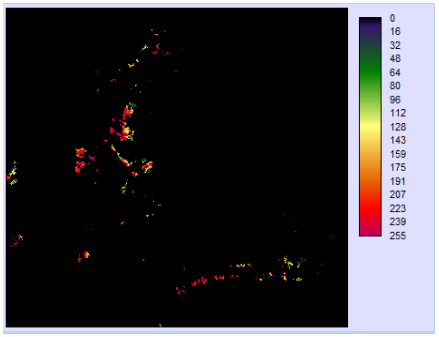


(f) İklimsel uygunluk

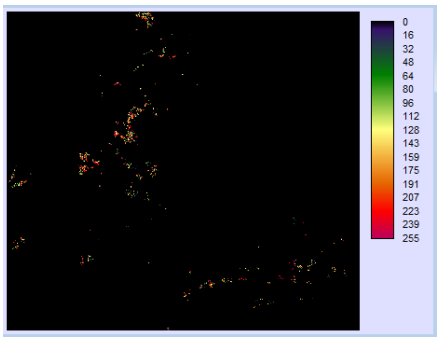
Şekil 5.47 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



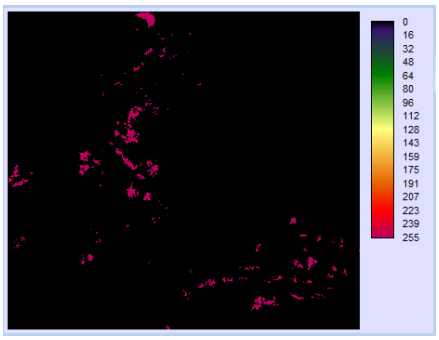
(a) TKM (BD)



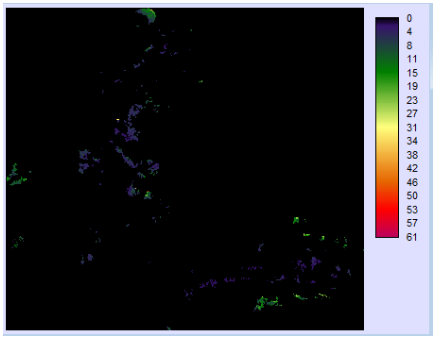
(b) SYM (DEM)



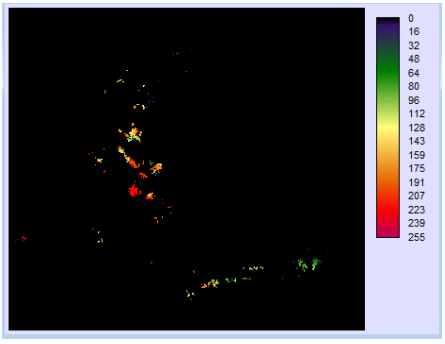
(c) Eğim



(d) pH



(e) TOK (SOC)



(f) İklimsel uygunluk

Şekil 5.48 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

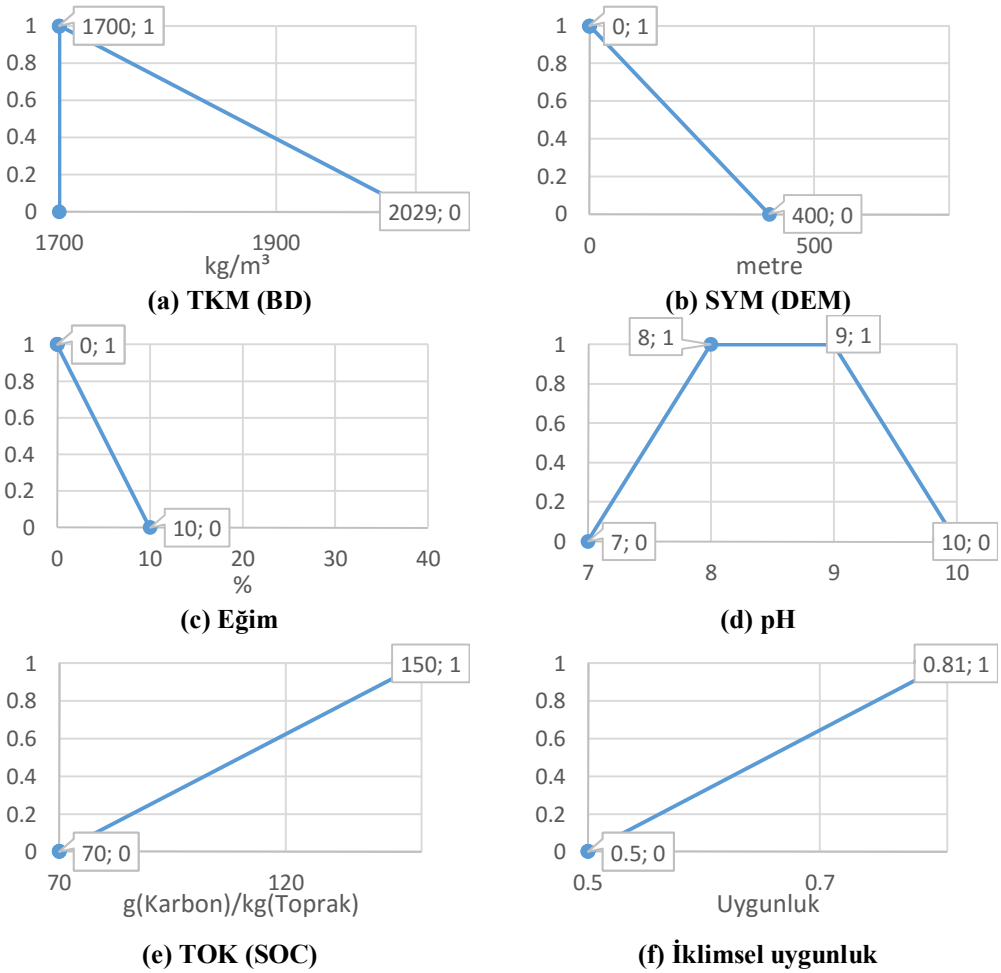
Senaryo-4

Bu senaryoda da değişen yükseklik ve eğim faktörleri olmuştur (Tablo 5.18). FUZZY modüle ise Şekil 5.49'daki grafikler entegre edilmiştir. Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.50'deki standardize haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.51'deki verilere ulaşılmıştır.

Tablo 5.18 Senaryo-4 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-400	1-0

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	>400	0
Eğim (%)	0	1
	0-10	1-0
	>10	0

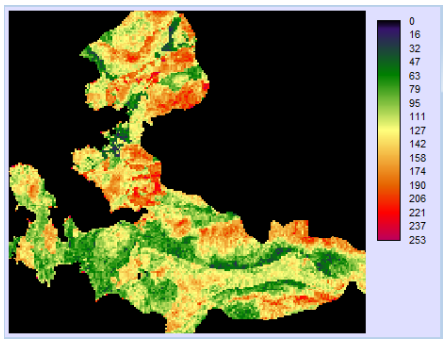


(a) TKM (BD) **(b) SYM (DEM)**

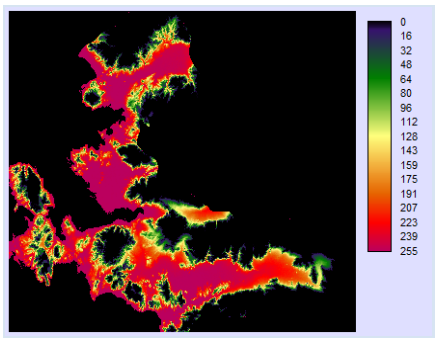
(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

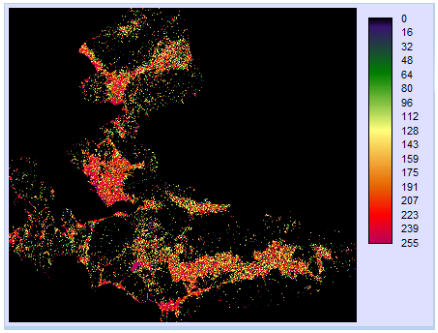
Şekil 5.49 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları.



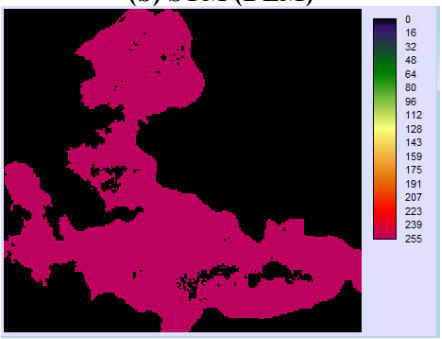
(a) TKM (BD)



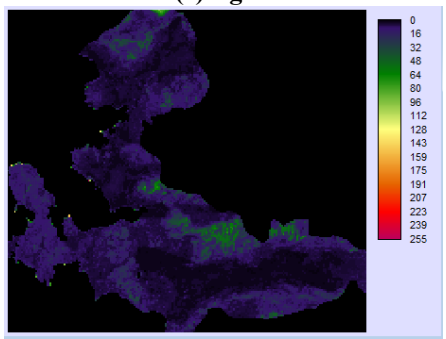
(b) SYM (DEM)



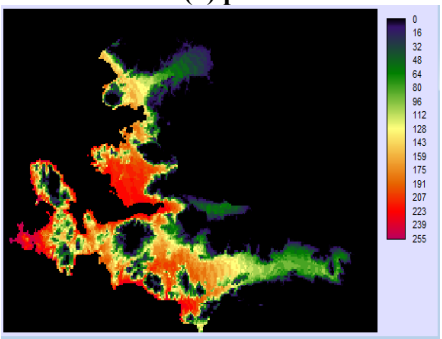
(c) Eğim



(d) pH

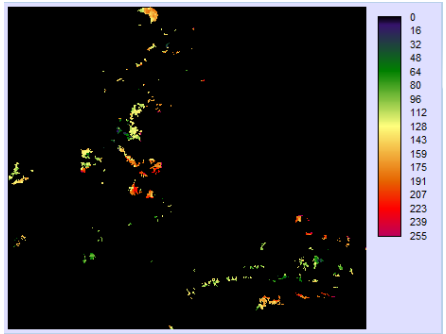


(e) TOK (SOC)

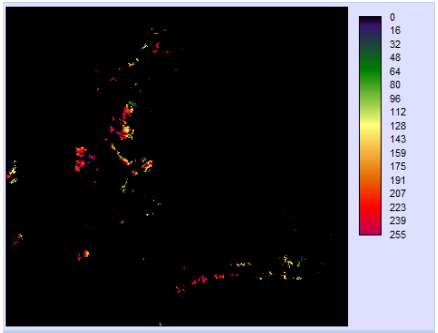


(f) İklimsel uygunluk

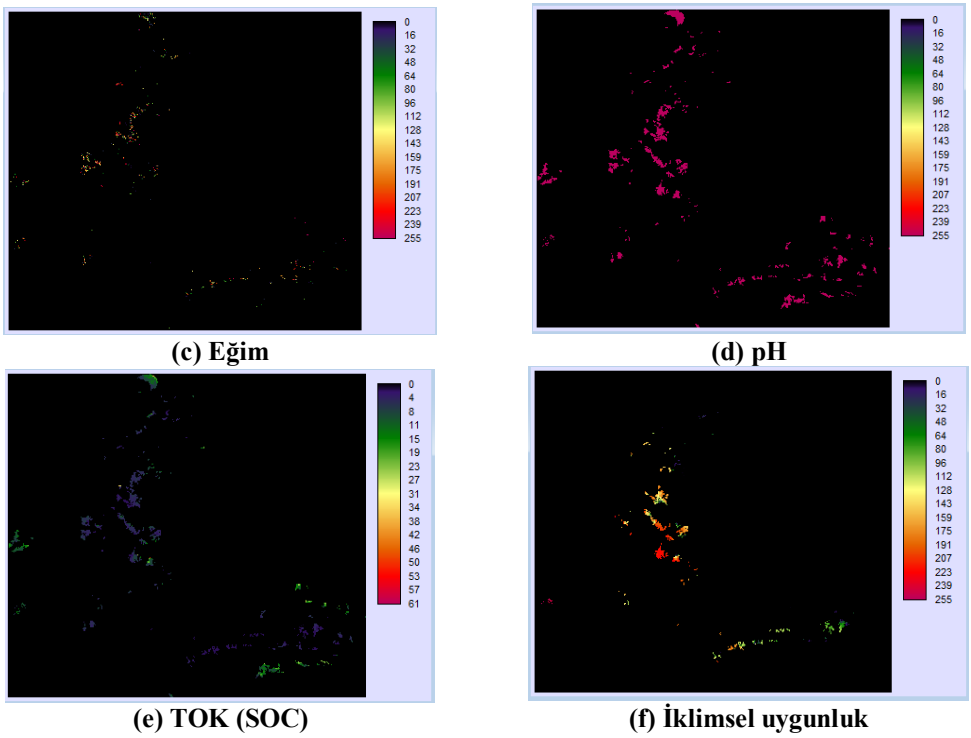
Şekil 5.50 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



(a) TKM (BD)



(b) SYM (DEM)



(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

Şekil 5.51 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

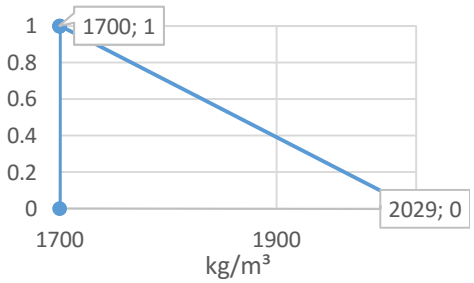
Senaryo-5

Burada, yükseklik ve eğim faktörlerinin varyasyonel uygunluk aralığı alması sağlanmıştır (Tablo 5.19). FUZZY modüle Şekil 5.25'deki grafikler entegre edilmiştir. Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.53'deki standardize haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.54'deki verilere ulaşılmıştır.

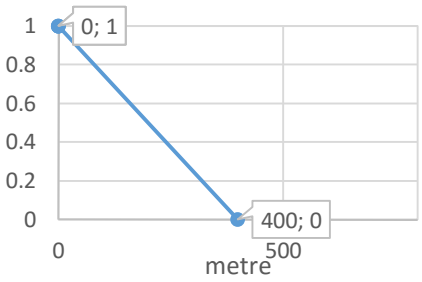
Tablo 5.19 Senaryo-5 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-400	1-0

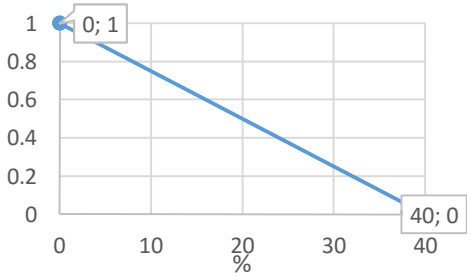
Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	>400	0
Eğim (%)	0	1
	0-40	1-0
	>40	0



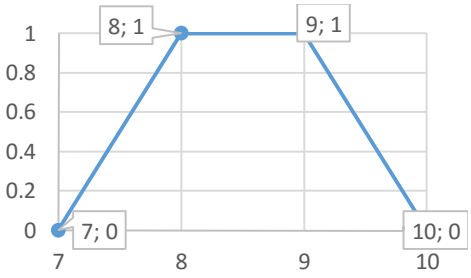
(a)TKM (BD)



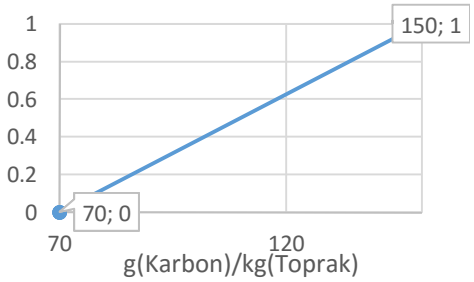
(b) SYM (DEM)



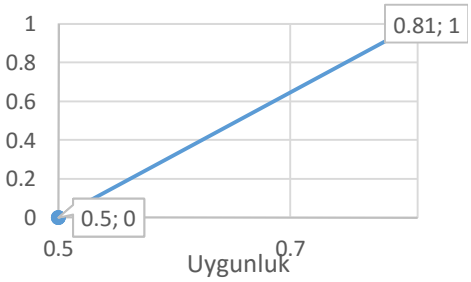
(c) Eğim



(d) pH

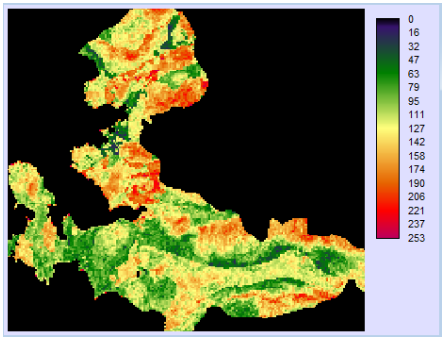


(e) TOK (SOC)

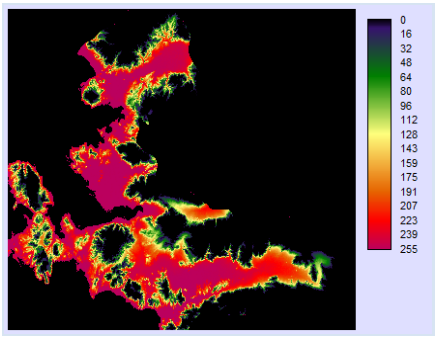


(f) İklimsel uygunluk

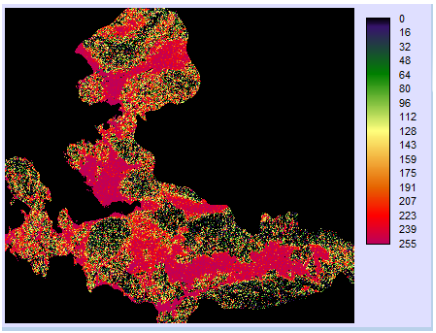
Şekil 5.52 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları.



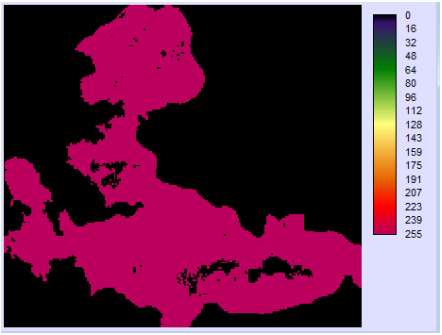
(a) TKM (BD)



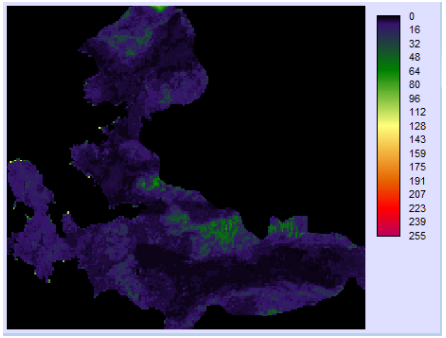
(b) SYM (DEM)



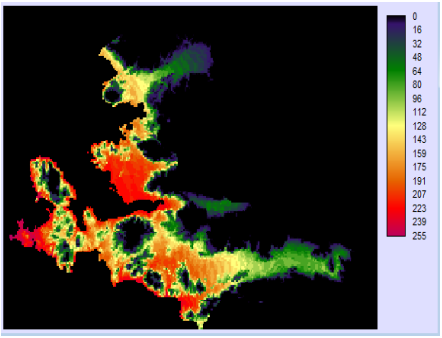
(c) Eğim



(d) pH

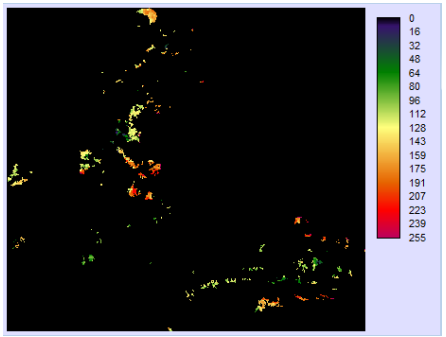


(e) TOK (SOC)

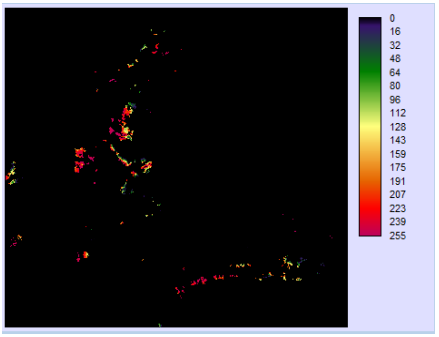


(f) İklimsel uygunluk

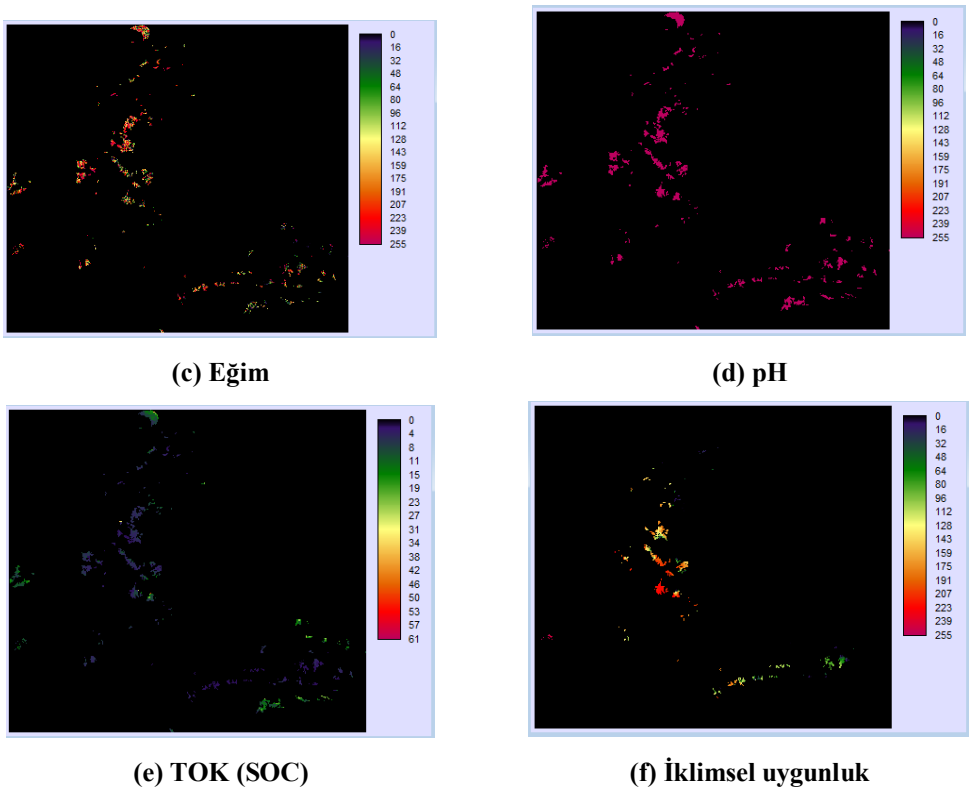
Şekil 5.53 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



(a) TKM (BD)



(b) SYM (DEM)



(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

Şekil 5.54 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

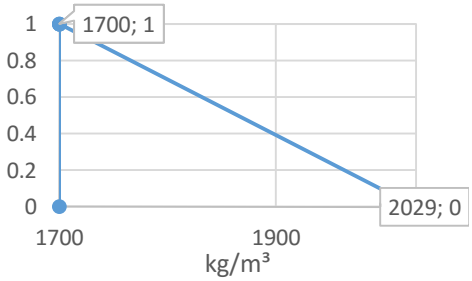
Senaryo-6

Burada da, yükseklik ve eğim faktörlerinin varyasyonel uygunluk aralığı alması sağlanmıştır (Tablo 5.20). FUZZY modüle ise Şekil 5.55'deki grafikler entegre edilmiştir. Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.56'daki standardize haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.57'deki verilere ulaşılmıştır.

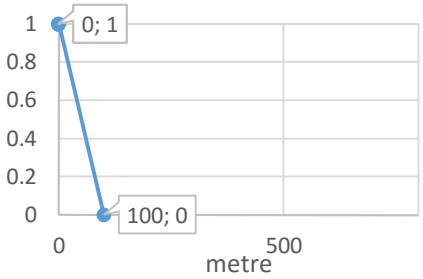
Tablo 5.20 Senaryo-6 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-100	1-0

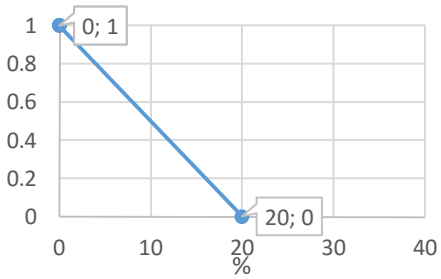
Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	>100	0
Eğim (%)	0	1
	0-20	1-0
	>20	0



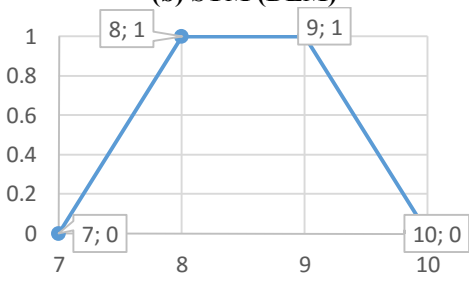
(a) TKM (BD)



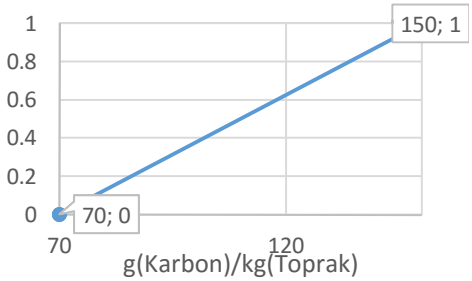
(b) SYM (DEM)



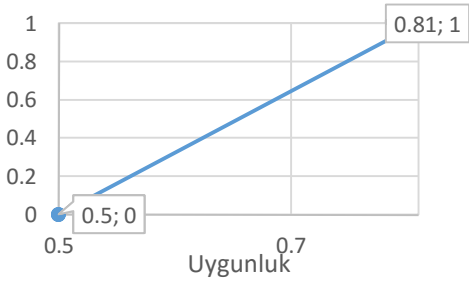
(c) Eğim



(d) pH

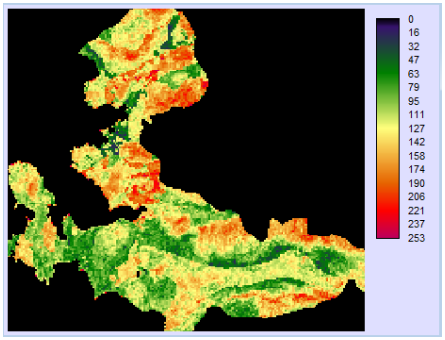


(e) TOK (SOC)

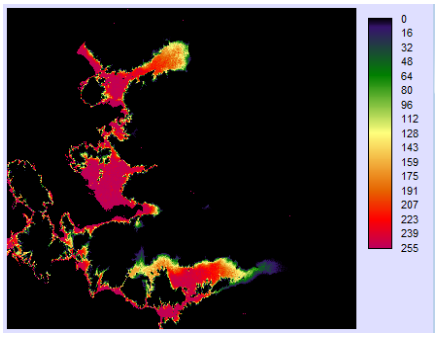


(f) İklimsel uygunluk

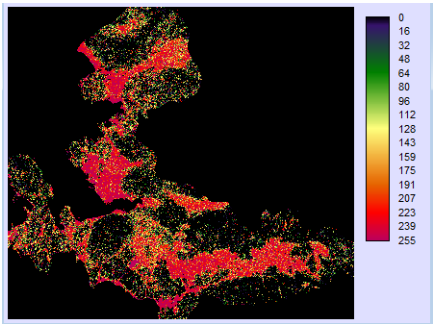
Şekil 5.55 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları.



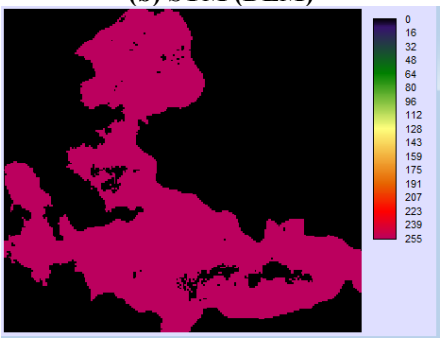
(a) TKM (BD)



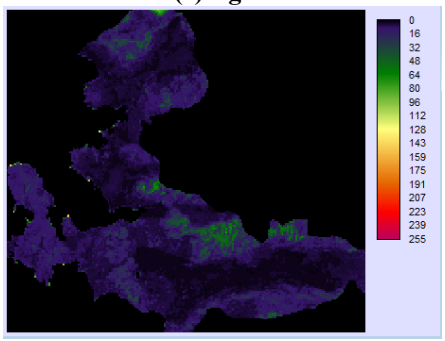
(b) SYM (DEM)



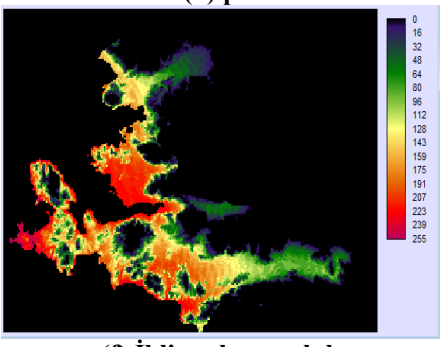
(c) Eğim



(d) pH

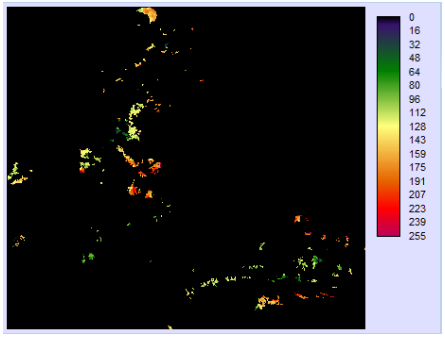


(e) TOK (SOC)

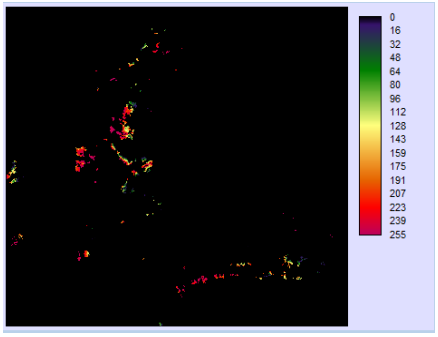


(f) İklimsel uygunluk

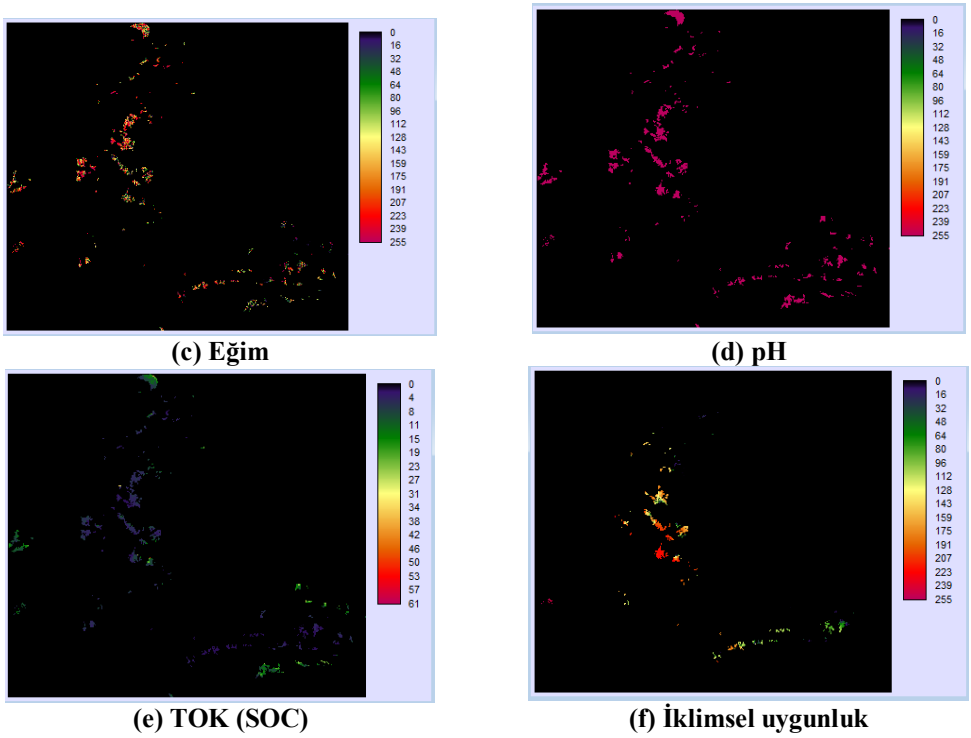
Şekil 5.56 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



(a) TKM (BD)



(b) SYM (DEM)



(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

Şekil 5.57 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

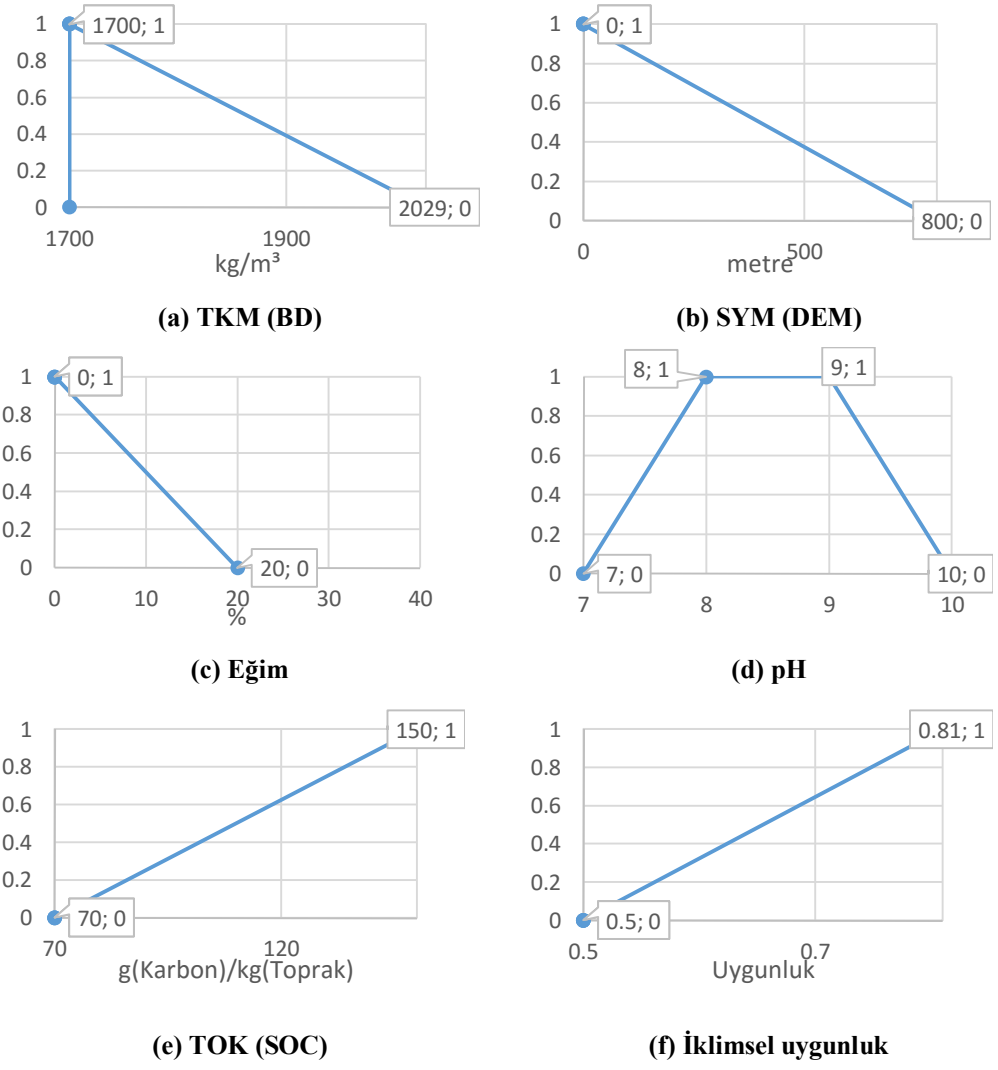
Senaryo-7

Senaryo-7'de de eğim ve yüksekliğin uygunluk aralıklarında varyasyona gidilmiştir (Tablo 5.21). FUZZY modüle Şekil 5.58'deki grafikler entegre edilmiştir. Bu uygunluk değerlerinin FUZZY modüle entegrasyonu sonucunda Şekil 5.59'daki standardize haritalar oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar Şekil 5.39'daki alanlarla kırpılmış ve Şekil 5.60'daki verilere ulaşılmıştır.

Tablo 5.21 Senaryo-7 için belirlenen yükseklik ve eğim faktörlerinin uygunluk aralıkları.

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
SYM (DEM) (m)	0	1
	0-800	1-0
	>800	0

Faktör	Değer/Değer Aralığı	Uygunluk/Uygunluk Aralığı
Eğim (%)	0	1
	0-20	1-0
	>20	0

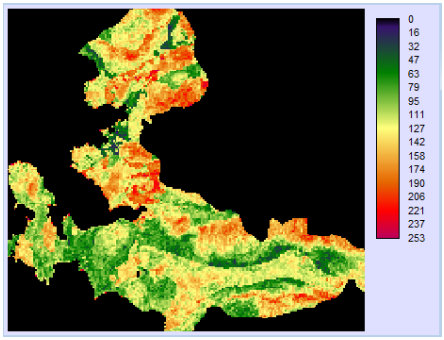


(a) TKM (BD) **(b) SYM (DEM)**

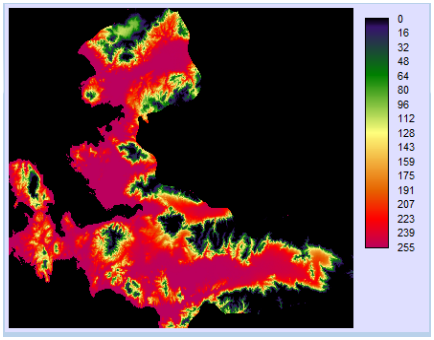
(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

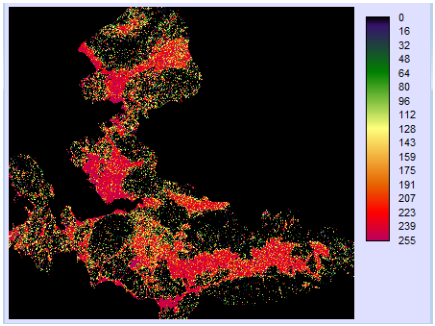
Şekil 5.58 FUZZY modüle entegre edilen faktör uygunluğu aralıkları.



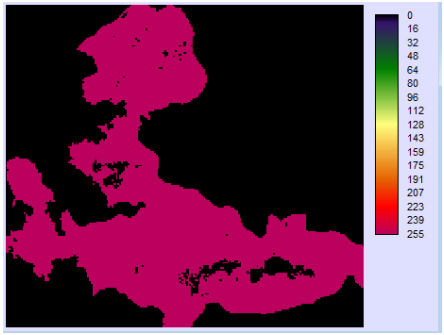
(a) TKM (BD)



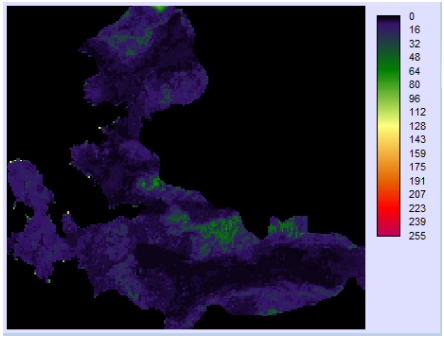
(b) SYM (DEM)



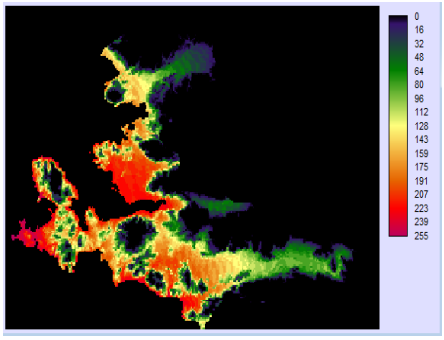
(c) Eğim



(d) pH

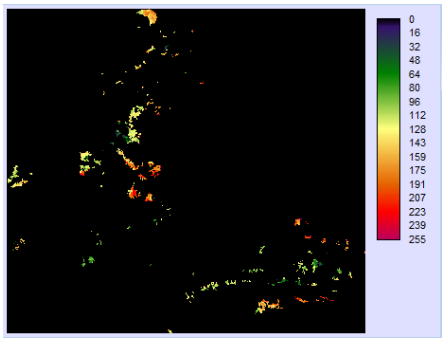


(e) TOK (SOC)

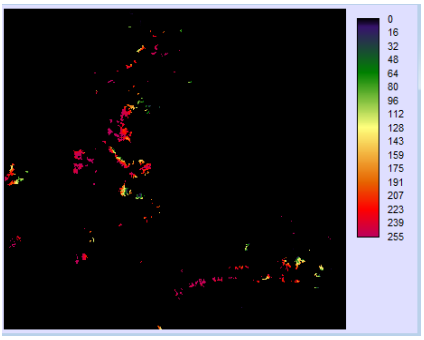


(f) İklimsel uygunluk

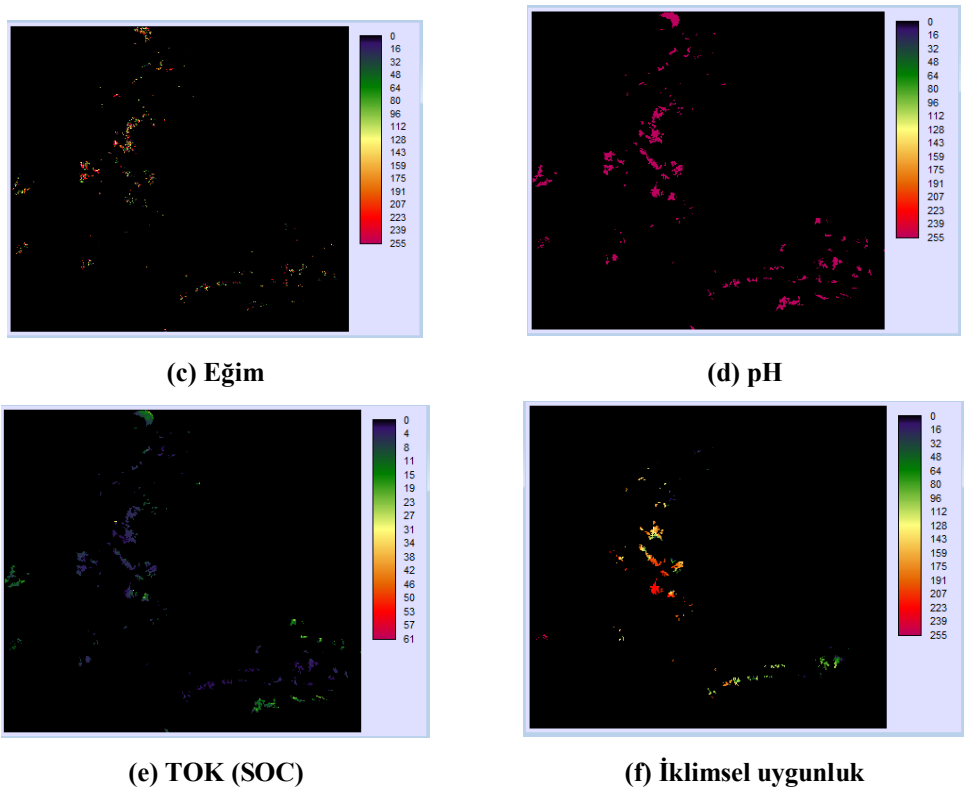
Şekil 5.59 FUZZY standardizasyonu sonuçları.



(a) TKM (BD)



(b) SYM (DEM)



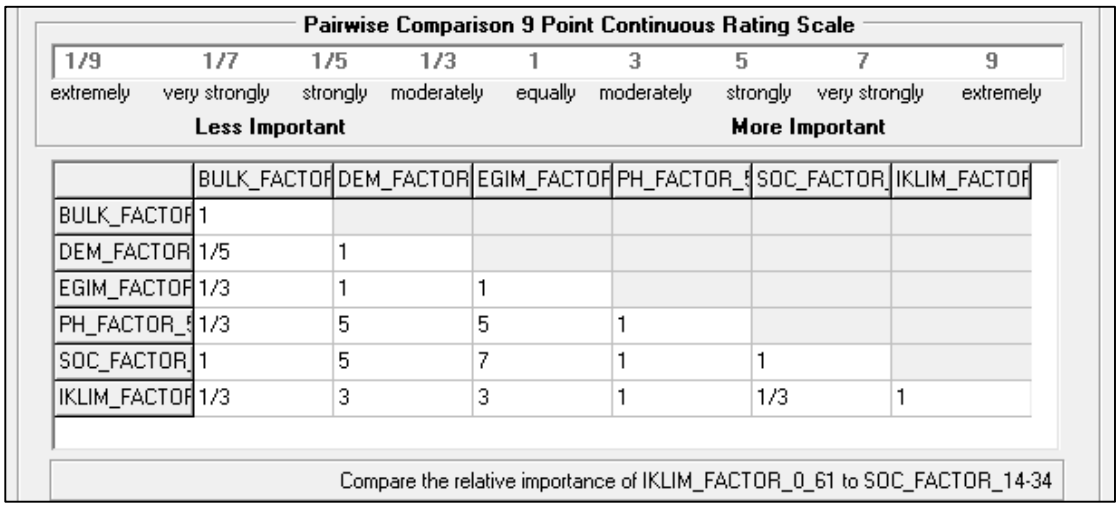
(c) Eğim **(d) pH**

(e) TOK (SOC) **(f) İklimsel uygunluk**

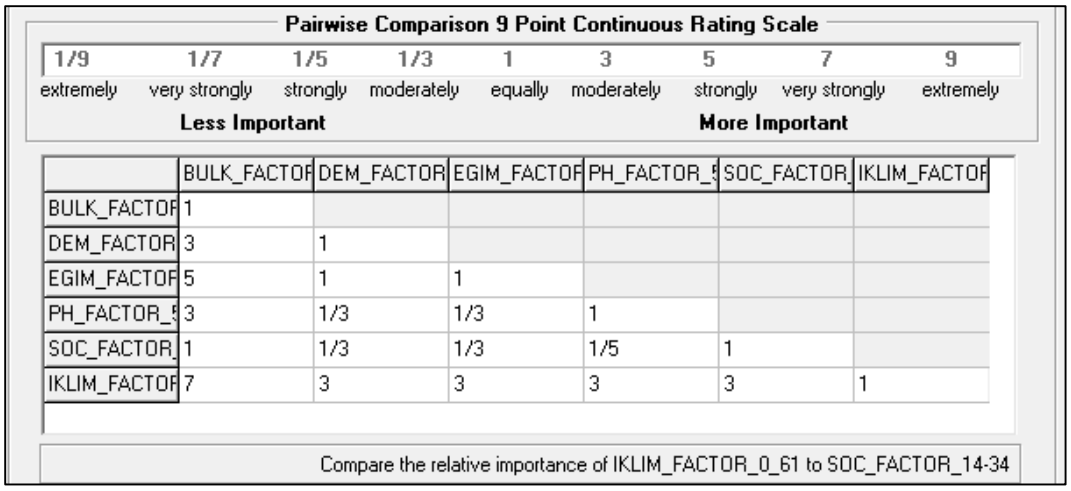
Şekil 5.60 FUZZY standardizasyon verilerinin kırpılması.

5.4.3 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile faktör ağırlıklandırma

Oluşturulan iki AHP matrisi ve hesaplanan ağırlıkları gösteren tablo sırası ile Şekil 5.61, Şekil 5.62 ve Tablo 5.22'de verilmektedir.



Şekil 5.61 Çalışma için oluşturulan birinci AHP matrisi.



Şekil 5.62 Çalışma için oluşturulan ikinci AHP matrisi.

Tablo 5.22 Şekil 5.63 ve Şekil 5.64'deki matrislerin ağırlıklarının hesaplanması ve geometrik ortalamalarının alınması.

Faktörler	1. Matris Ağırlıkları	2. Matris Ağırlıkları	Ortalama Ağırlık
Kuru madde yoğunluğu	0.3062	0.0472	0.1202
DEM	0.0470	0.1878	0.0939
Eğim	0.0510	0.2023	0.1016
PH	0.1890	0.1269	0.1549
SOC	0.2785	0.0598	0.1291
İklimsel uygunluk	0.1283	0.3759	0.2196

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

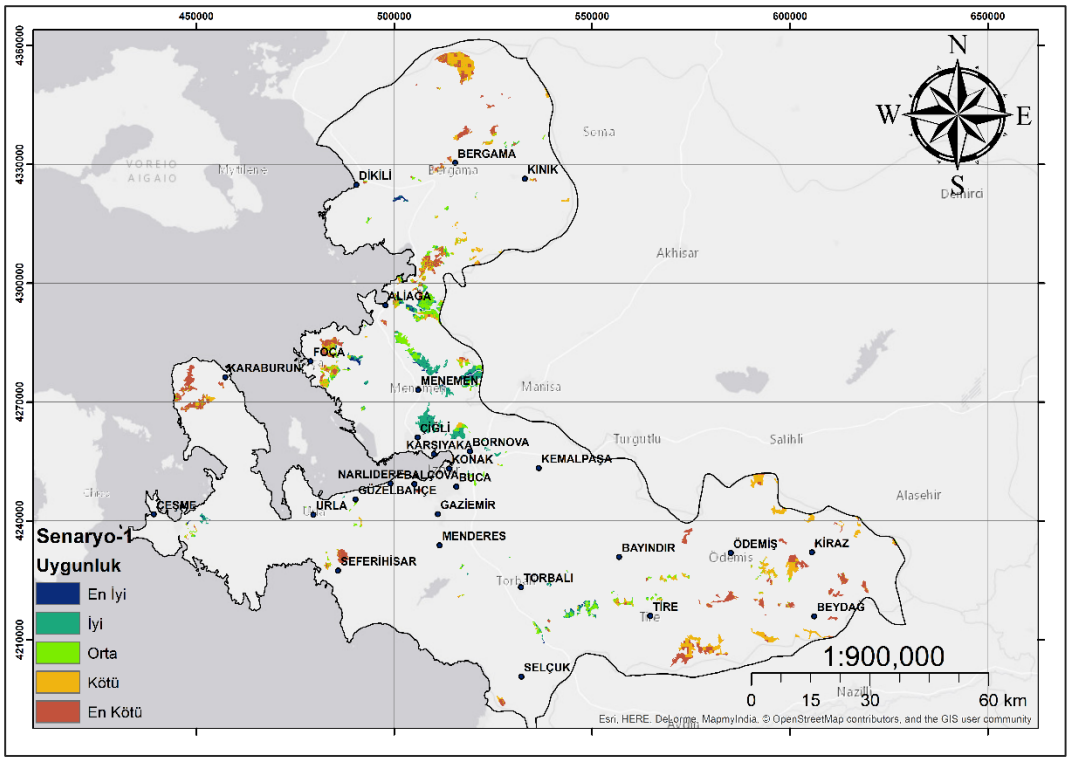
Yapılan tez çalışmasında enerji bitkisi yetiştiriciliği için uygun sahaların CBS-bazlı karar destek mekanizması ile belirlenmesi kapsamında 7 adet senaryo üretilmiştir. Her senaryo için belirlenen faktör uygunlukları ve ağırlıklarının MCE modülüne entegre edilmesi ve modülün çalıştırılması ile elde edilen sonuç haritalar ise Şekil 6.1 ile Şekil 6.28 arasında verilmektedir.

Senaryo-1:

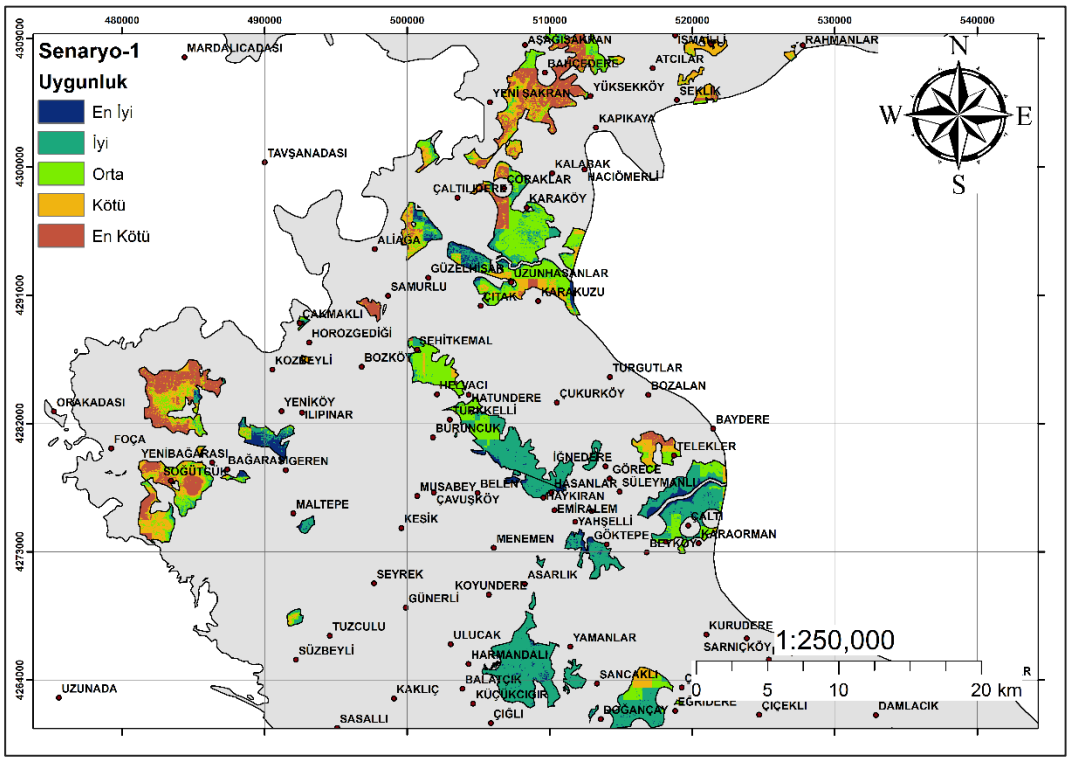
Bu senaryo, 0-100 m'lik yükseklik ve 0-%10 eğim aralığında uygunluğun olduğu bir yapıya sahiptir. Burada istenen, yüksekliğin 100 m'den fazla olmaması ve eğimin %10'u aşmamasıdır. Diğer faktörler ise Tablo 5.15'deki gibidir; bu ve bundan sonraki senaryolarda sabit bırakılmıştır. Burada elde edilen sonuç haritalar, 5 adet saha uygunluğu sınıfına ayrılmıştır (en iyi, iyi, orta, kötü, en kötü) (Şekil 6.1-Şekil 6.4).

Burada en iyi, iyi, orta, kötü ve en kötü şeklinde belirtilen 5 saha uygunluk sınıfı, dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdelerine sahiptir. "*En iyi*" sınıfında dallı darı yetiştirme uygunluğu %76.86 ile %100 arasında değişmektedir. "*İyi*" sınıfında bu durum %58.82 ile %76.85 aralığına düşerken; "*orta*" da %40.39-%58.81, "*kötü*"de %22.35-%40.38 ve "*en kötü*" de %3.92 ile %22.34 arasındadır.

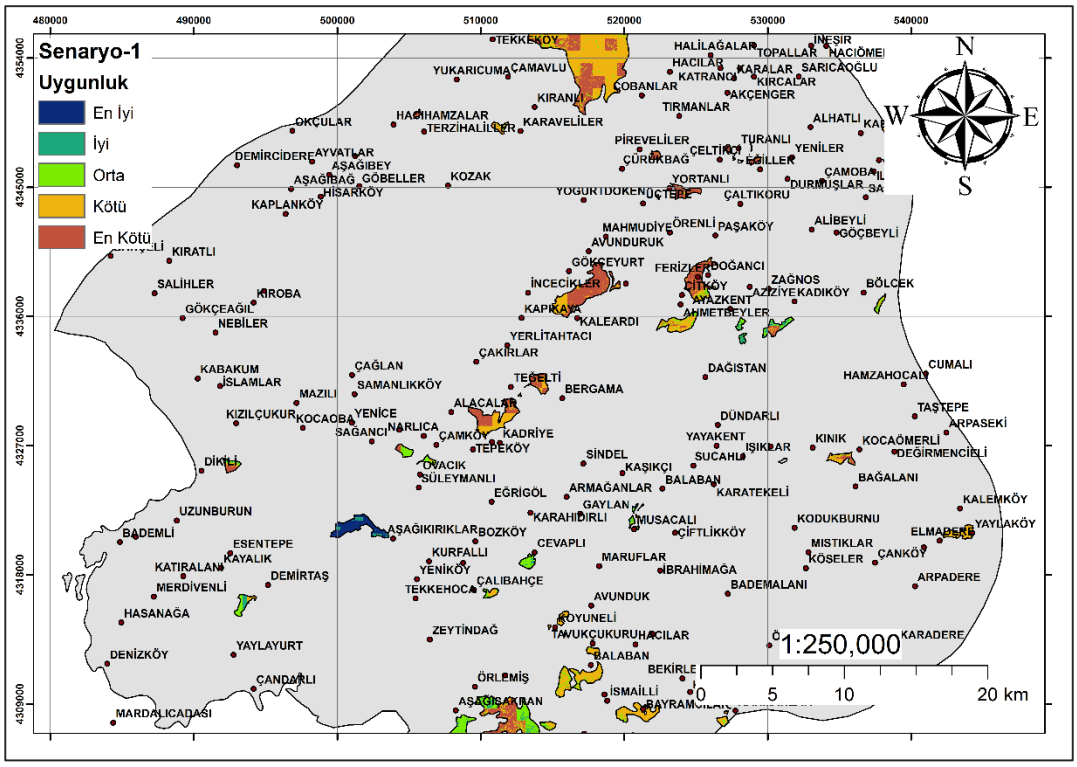
Bu sınıflar ayrıca farklı büyüklükleri kapsamaktadır. Bu senaryoya göre dallı darı yetiştiriciliğinde; "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, Şekil 5.39'da gösterilen kalan alanların tamamının (49612.875 ha) % 0.97'sini oluşturmaktadır (482.125 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi"* % 10.90 (5409.6875 ha), "o*rta"* % 23.10 (11459.8125 ha), "*kötü"* % 54.45 (27015 ha) ve "e*n kötü"* % 8.75'tir (5215.75 ha).



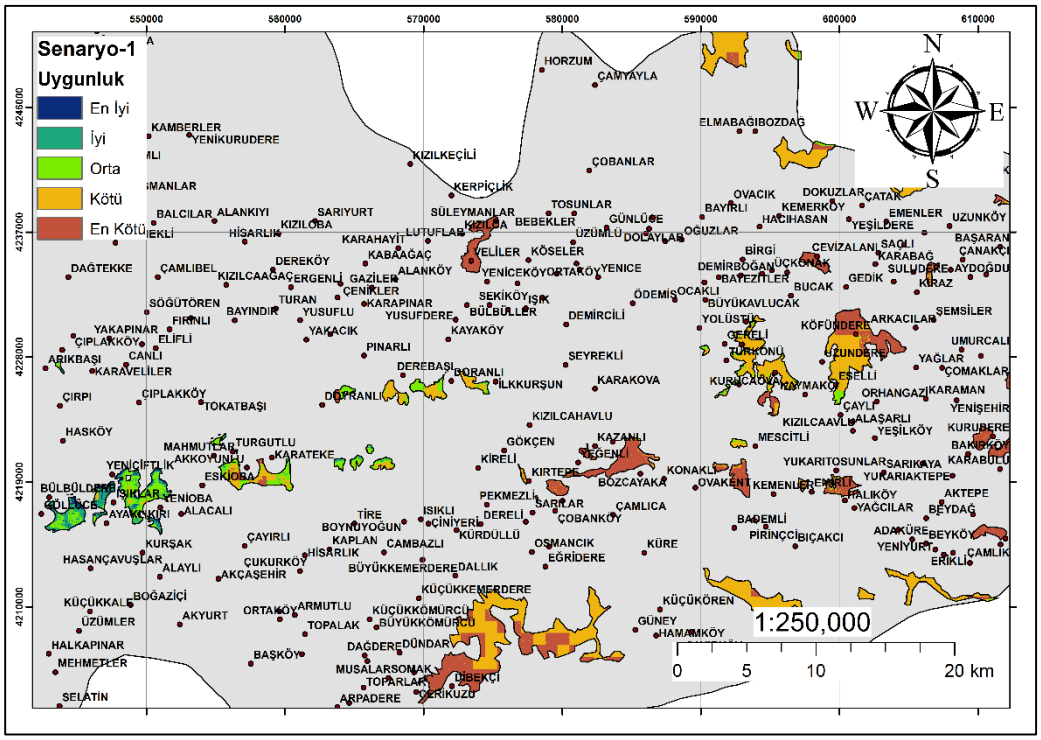
Şekil 6.1 Senaryo-1'e ait sonuç haritası.



Şekil 6.2 Senaryo-1'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.3 Senaryo-1'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



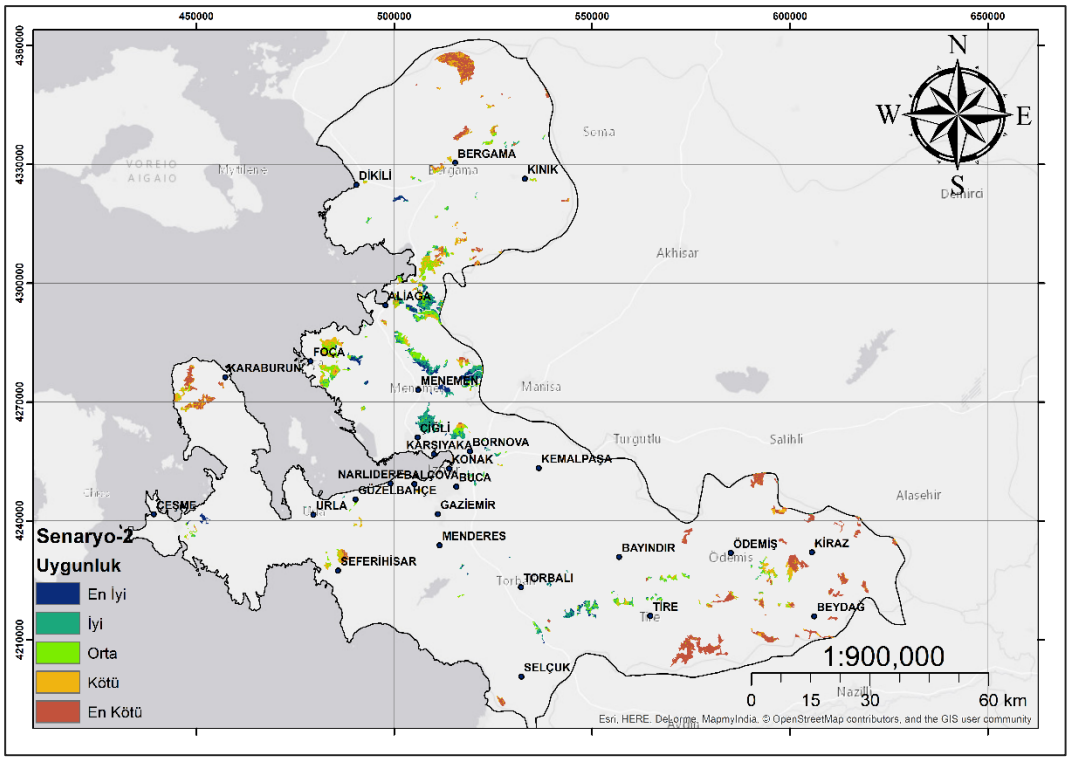
Şekil 6.4 Senaryo-1'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3).

Senaryo-2:

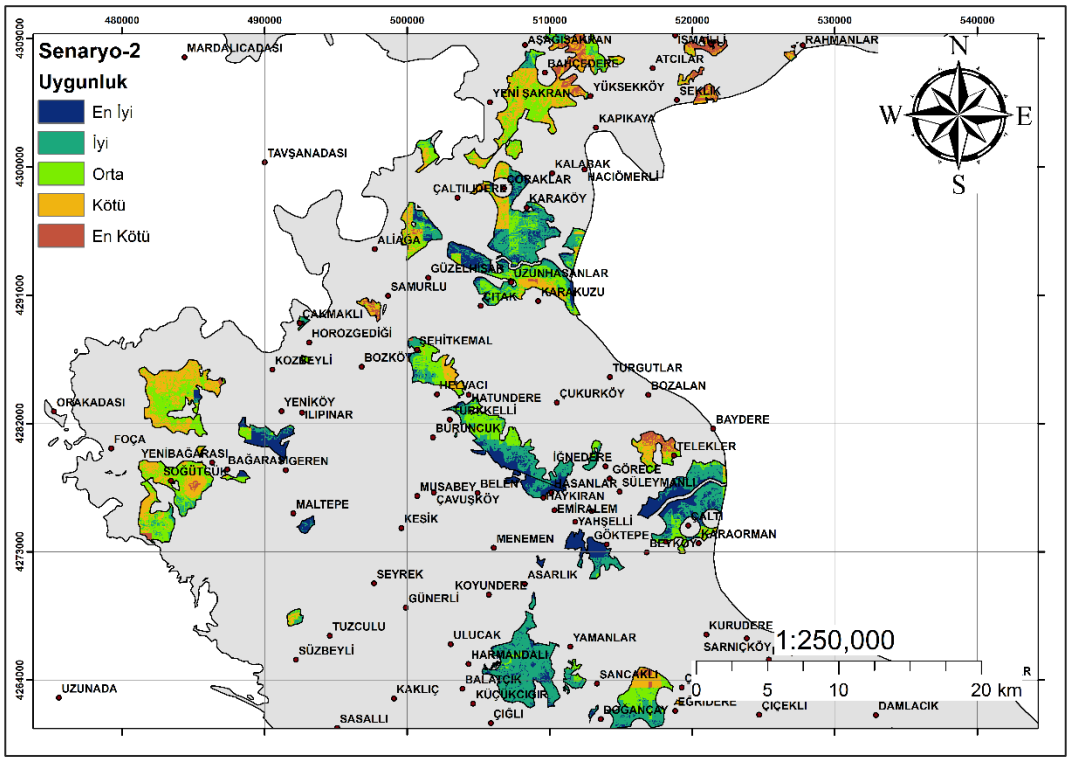
Burada ise 0-400 m'lik yükseklik aralığında ve 0-%20 eğim aralığında uygunluk tanımlanmıştır. Burada istenen, yüksekliğin 400 m'den fazla olmaması ve eğimin %20'yi aşmamasıdır. Sonuç harita ve yakınlaştırılmış görüntüleri Şekil 6.5 ile Şekil 6.8 arasında verilmektedir.

Dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdeleri ise; "e*n iyi*" sınıfında %76.86 ile %100 arasında, "*iyi*" sınıfında %61.18 ile %76.85 aralığında, "*orta*" da %44.71-%61.17'de, "*kötü*"de %28.63-%44.70 ve "*en kötü*" de %14.51 ile %28.62 arasındadır.

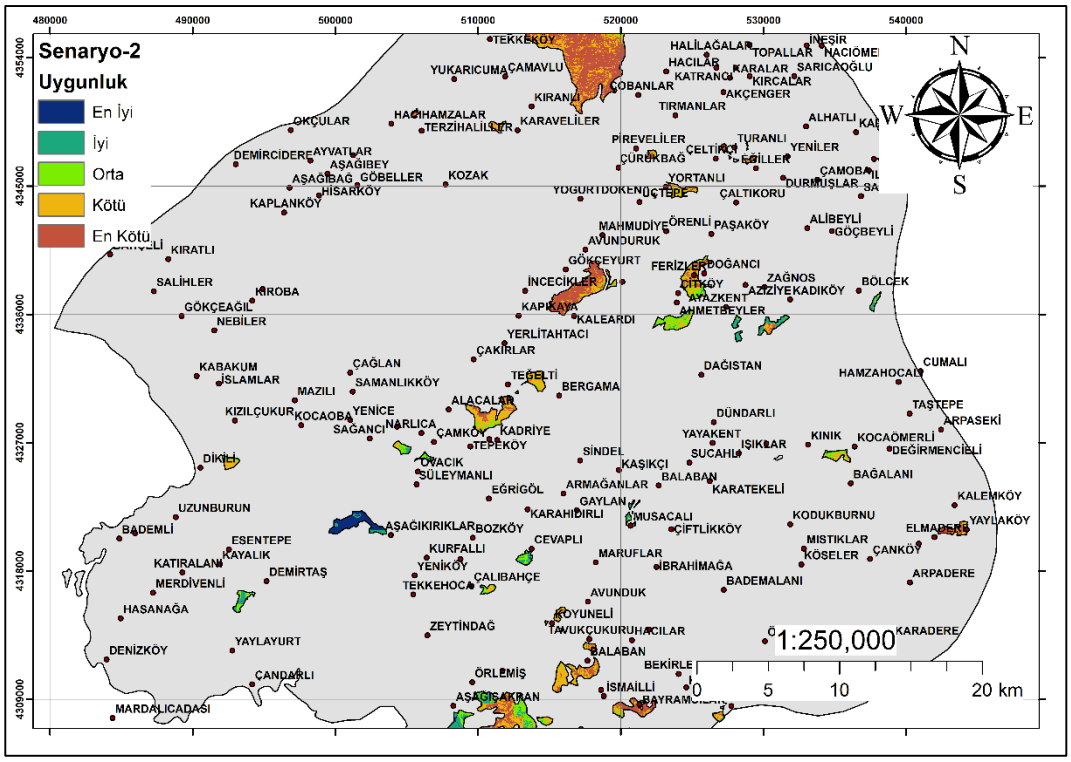
Bu senaryoda, dallı darı yetiştiriciliğinde "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, kalan alanların tamamının % 3.12'sini oluşturmaktadır (1547.5 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi*" % 20.10 (9970.125 ha), "*orta"* % 26.09 (12943.375 ha), "*kötü*" % 46.56 (23102 ha) ve "*en kötü*" % 4.13'tür (2049.75 ha).



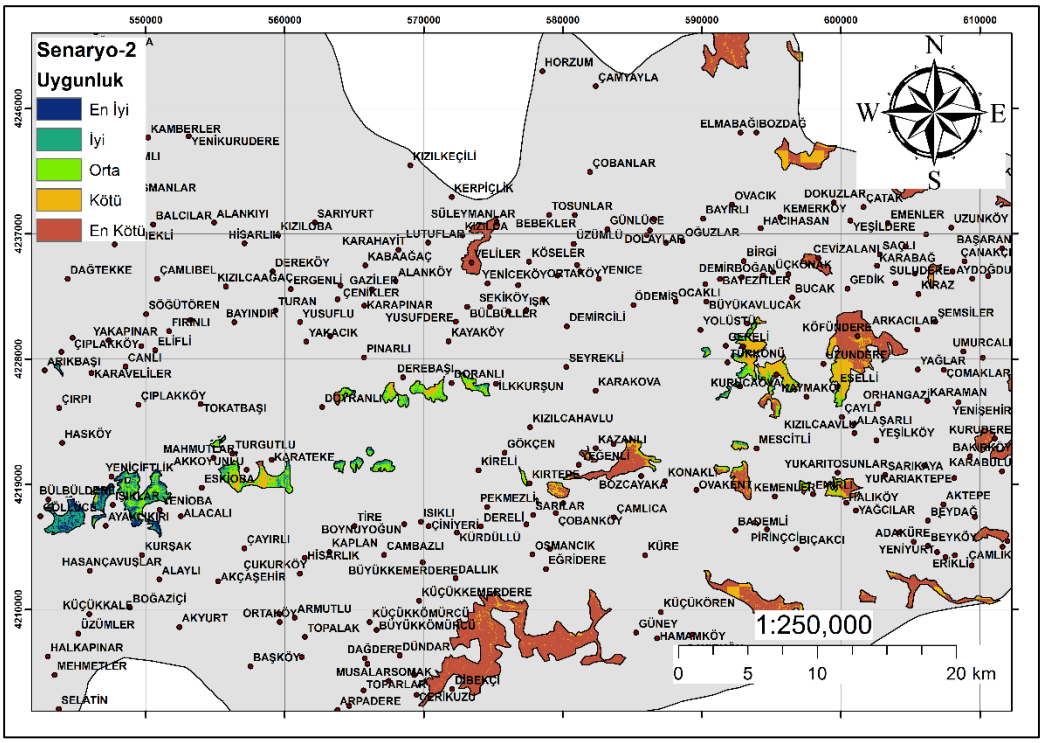
Şekil 6.5 Senaryo-2'ye ait sonuç haritası.



Şekil 6.6 Senaryo-2'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.7 Senaryo-2'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



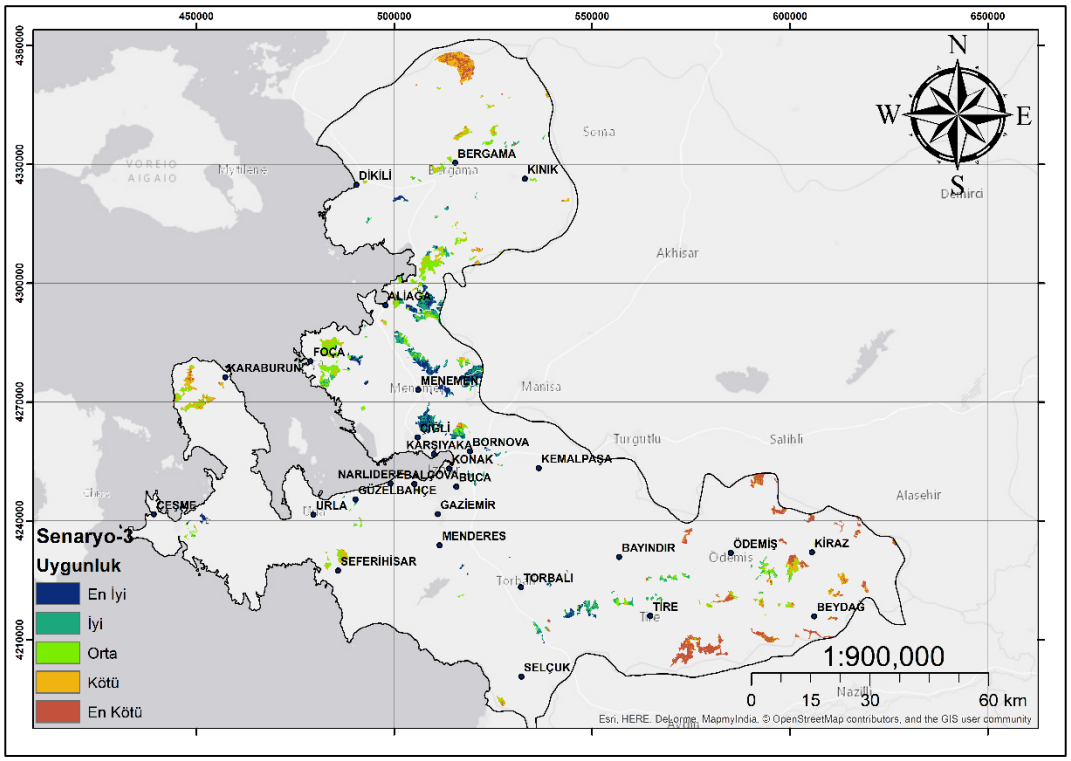
Şekil 6.8 Senaryo-2'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3).

Senaryo-3:

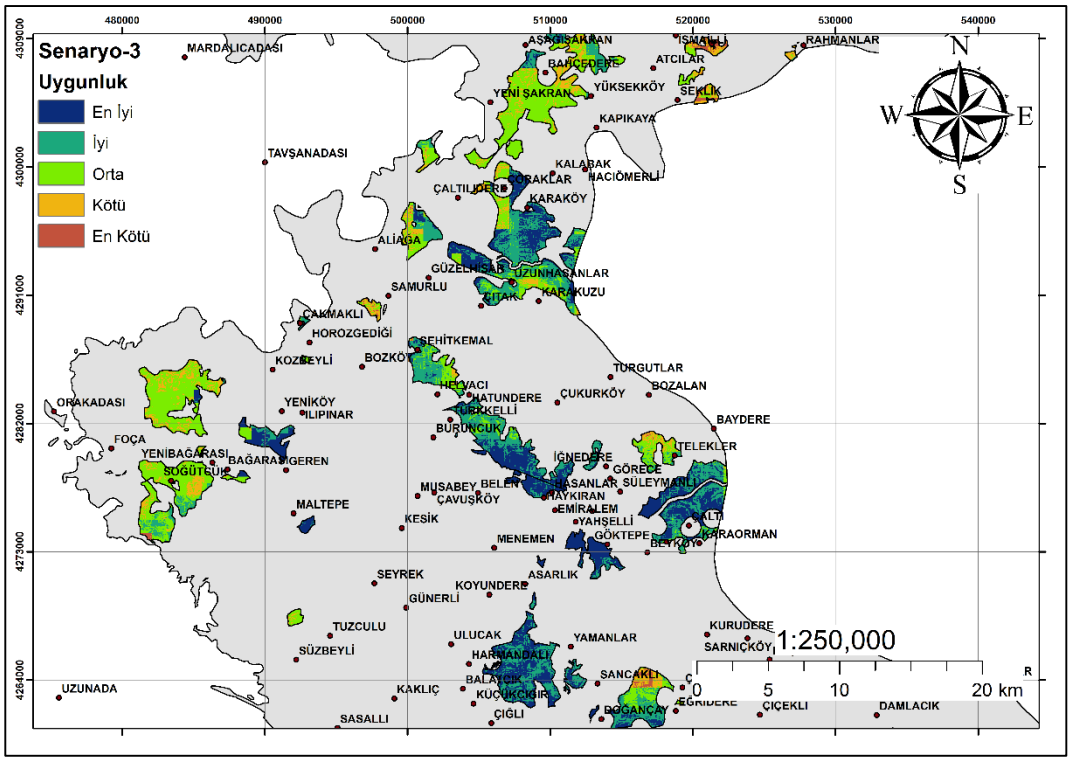
Üçüncü senaryo, 0-800 m'lik yükseklik ve 0-%40 eğim aralığında uygunluğa sahiptir. Sonuç harita ve yakınlaştırılmış görüntüleri Şekil 6.9 ile Şekil 6.12 arasında verilmektedir.

Bu senaryoda dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdeleri ise; "e*n iyi*" sınıfında %78.43 ile %100 arasında, "*iyi*" sınıfında %62.35 ile %78.42 aralığında, "*orta*" da %45.88-%62.34'de, "*kötü*"de %29.80-%45.87 ve "*en kötü*" de %13.33 ile %29.80 arasındadır.

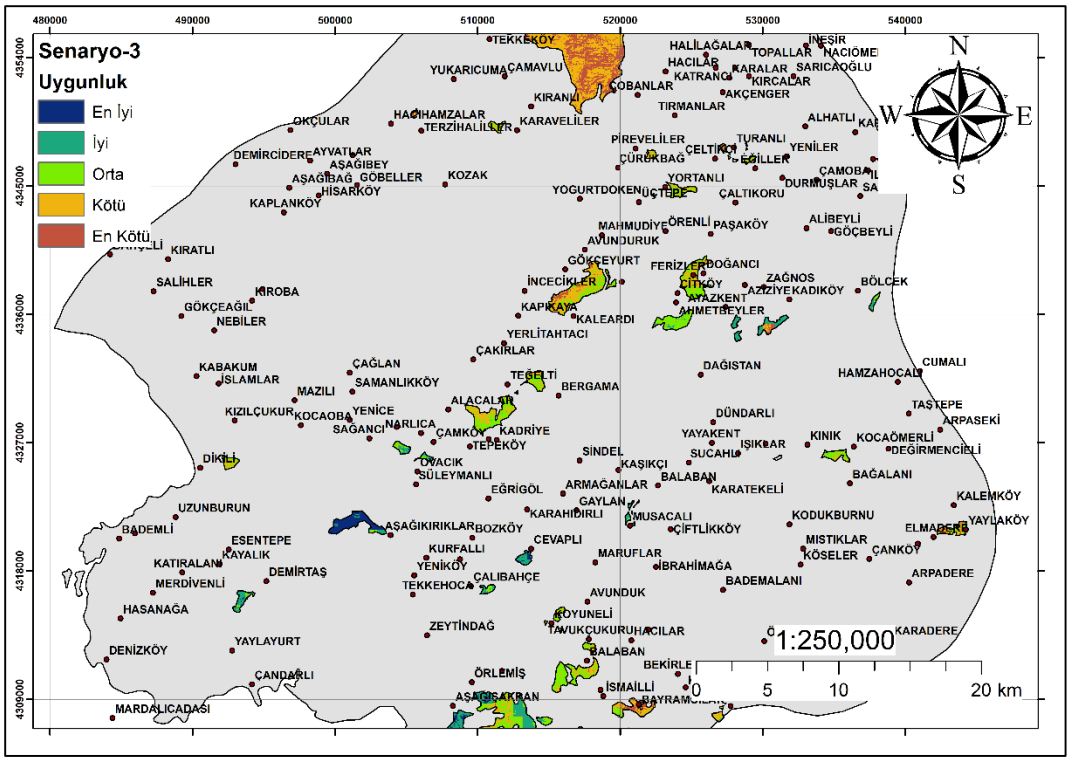
Bu senaryoya göre, dallı darı yetiştiriciliğinde "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, kalan alanların tamamının % 8.25'ini kapsamaktadır (4094.25 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi*" % 23.59 (11702 ha), "*orta"* % 34.98 (17356.5625 ha), "*kötü*" % 31.95 (15850.9375 ha) ve "*en kötü"* % 1.23'tür (609.125 ha).



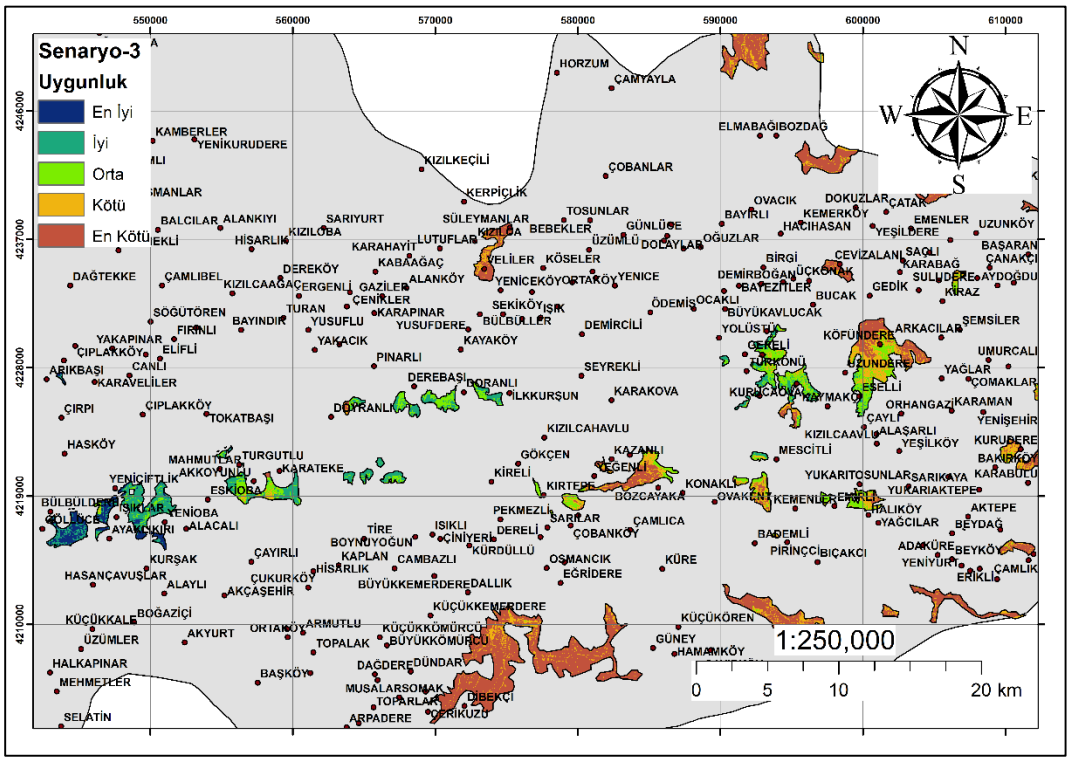
Şekil 6.9 Senaryo-3'ün sonuç haritası.



Şekil 6.10 Senaryo-3'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.11 Senaryo-3'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



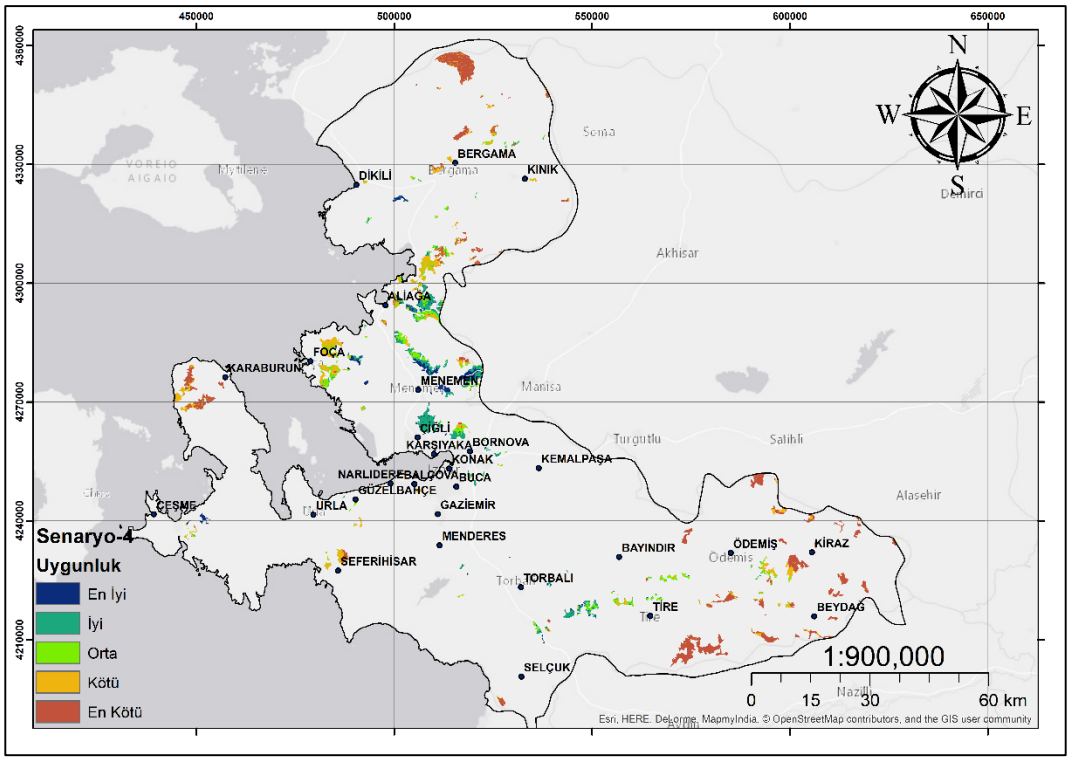
Şekil 6.12 Senaryo-3'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3).

Senaryo-4:

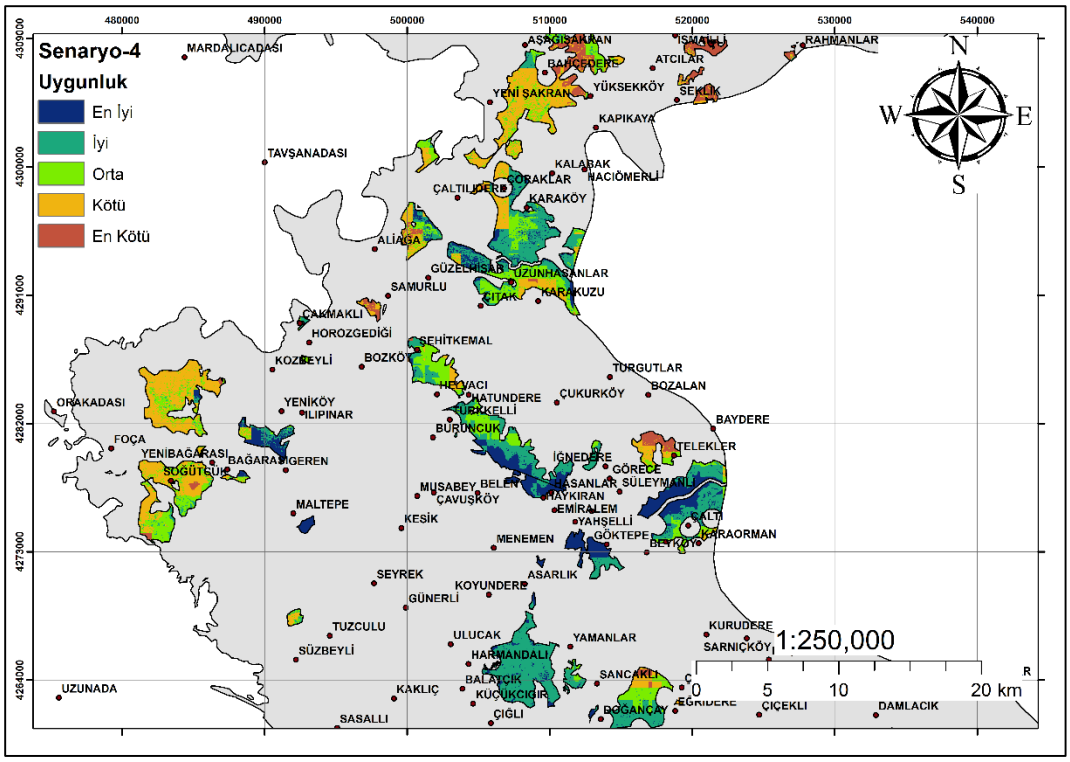
Dördüncü senaryoda, 0-400 m'lik yükseklik aralığında ve 0-%10 eğim aralığında uygunluk tanımlanmıştır. Burada istenen, yüksekliğin 400 m'den fazla olmaması ve eğimin %10'u aşmamasıdır. Sonuç harita ve yakınlaştırılmış görüntüleri Şekil 6.13 ile Şekil 6.16 arasında verilmektedir.

Bu senaryoda dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdeleri ise; "e*n iyi*" sınıfında %78.86 ile %100 arasında, "*iyi*" sınıfında %60.78 ile %78.85 aralığında, "*orta*" da %44.71-%60.77'de, "*kötü*"de %28.24-%44.70 ve "*en kötü*" de %12.16 ile %28.23 arasındadır.

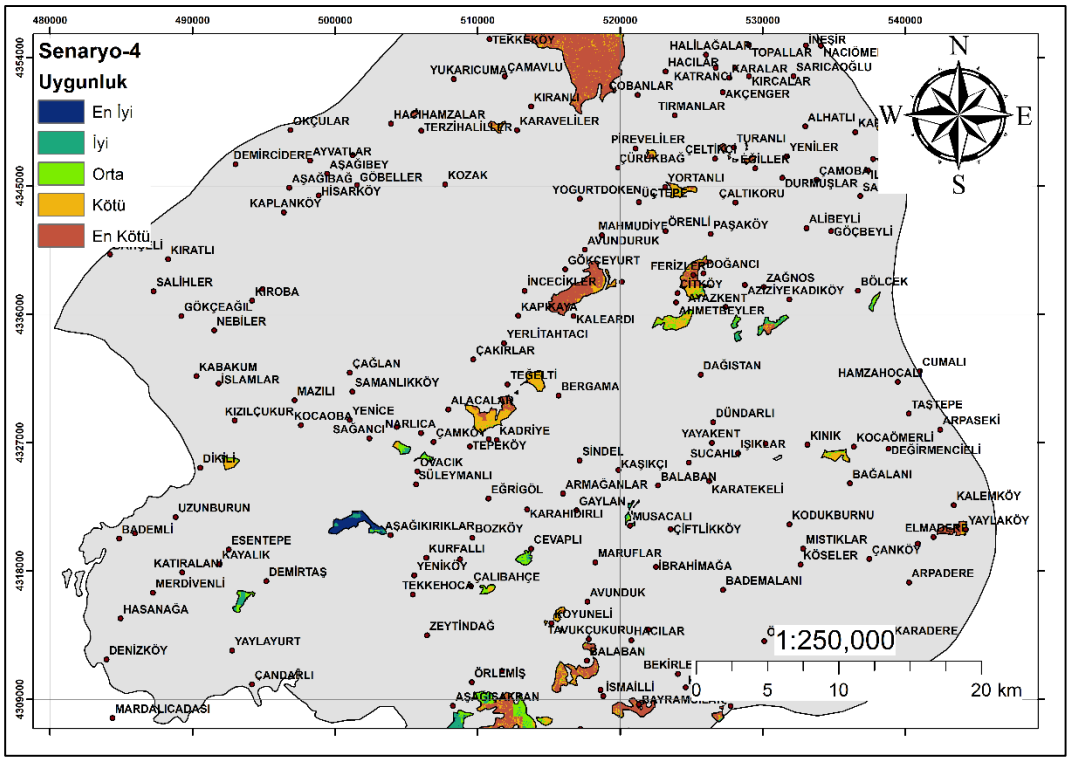
Bu senaryoda ise, dallı darı yetiştiriciliğine "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, kalan alanların tamamının % 1.59'unu oluşturmaktadır (791.625 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi*" % 19.02 (9434.8125 ha), "*orta"* % 23.13 (11475.5 ha), "*kötü*" % 51.17 (25389.25 ha) ve "*en kötü*" % 5.08'dir (2520.875 ha).



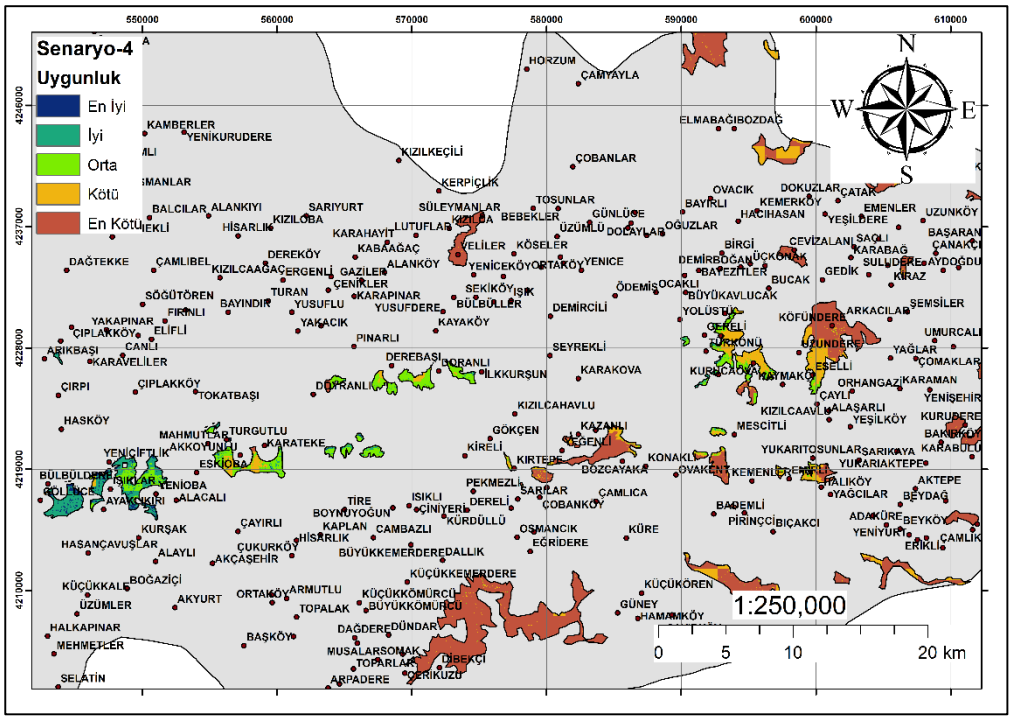
Şekil 6.13 Senaryo-4'e ait sonuç haritası.



Şekil 6.14 Senaryo-4'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.15 Senaryo-4'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



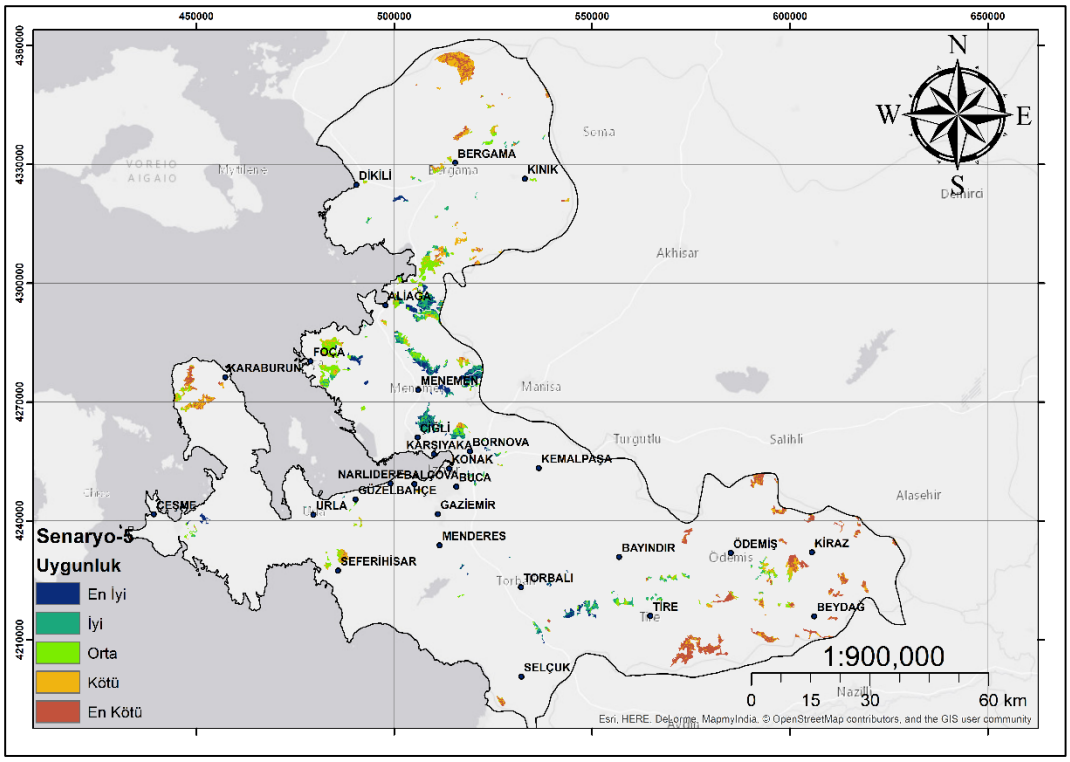
Şekil 6.16 Senaryo-4'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3).

Senaryo-5:

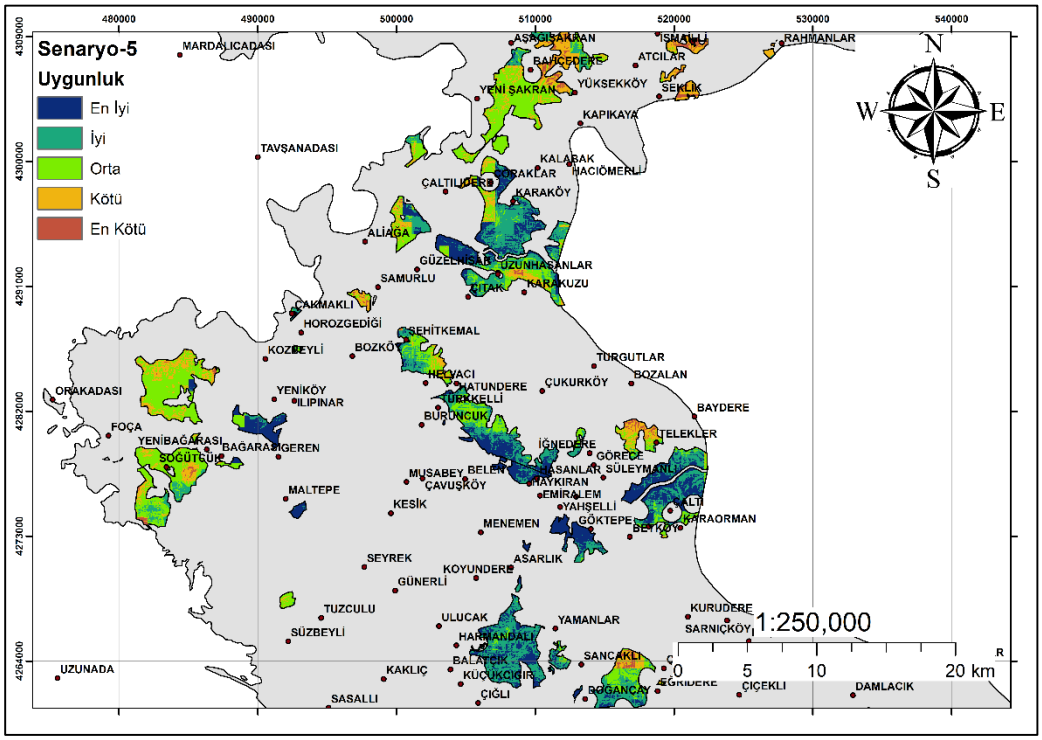
Beşinci senaryo ise, 0-400 m'lik yükseklik aralığında ve 0-%40 eğim aralığında uygunluk yapısına sahiptir. Burada istenen, yüksekliğin 400 m'den fazla olmaması ve eğimin %40'ı aşmamasıdır. Sonuç harita ve yakınlaştırılmış görüntüleri Şekil 6.17 ile Şekil 6.20 arasında verilmektedir.

Beşinci senaryoda dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdeleri ise; "e*n iyi*" sınıfında %78.86 ile %100 arasında, "*iyi*" sınıfında %61.18 ile %78.85 aralığında, "*orta*" da %45.49-%61.17'de, "*kötü*"de %29.41-%45.48 ve "*en kötü*" de %13.33 ile %29.40 arasındadır.

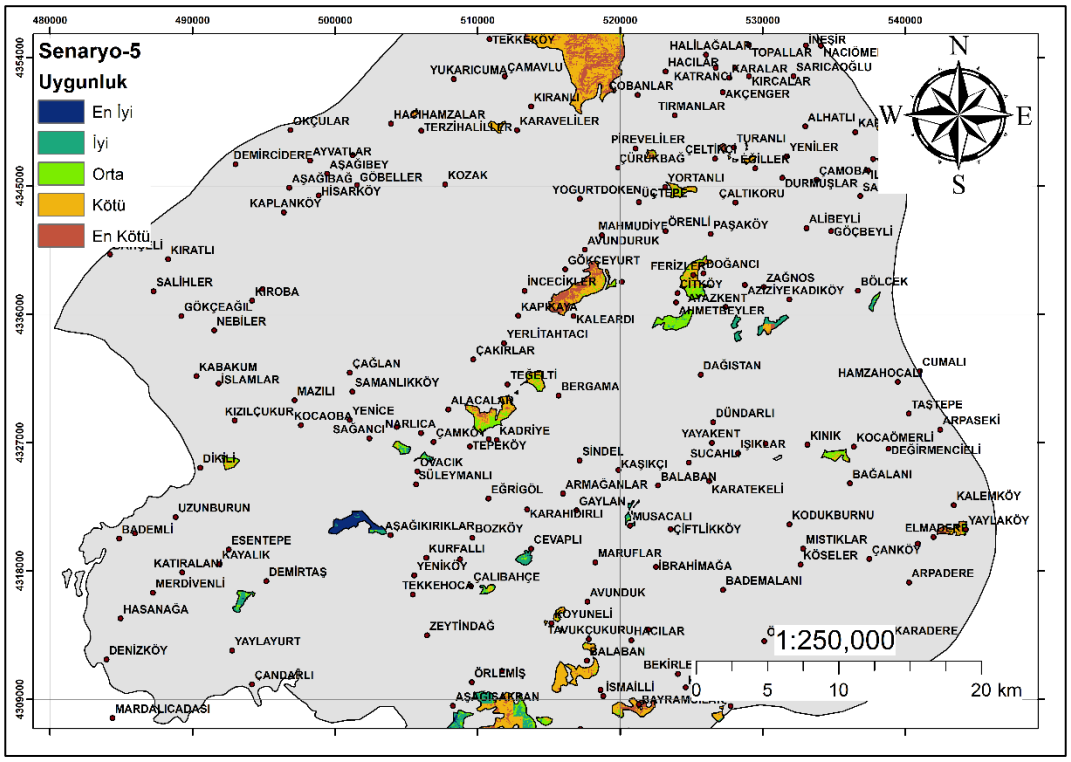
Bu senaryoda, dallı darı yetiştiriciliğinde "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, kalan alanların tamamının % 6.21'ini oluşturmaktadır (3079.5625 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi"* % 22.70 (11259.9375 ha), "*orta"* % 31.57 (15660.875 ha), "*kötü"* % 37.27 (18489.6875 ha) ve "*en kötü"* % 2.26'dır (1122.8125 ha).



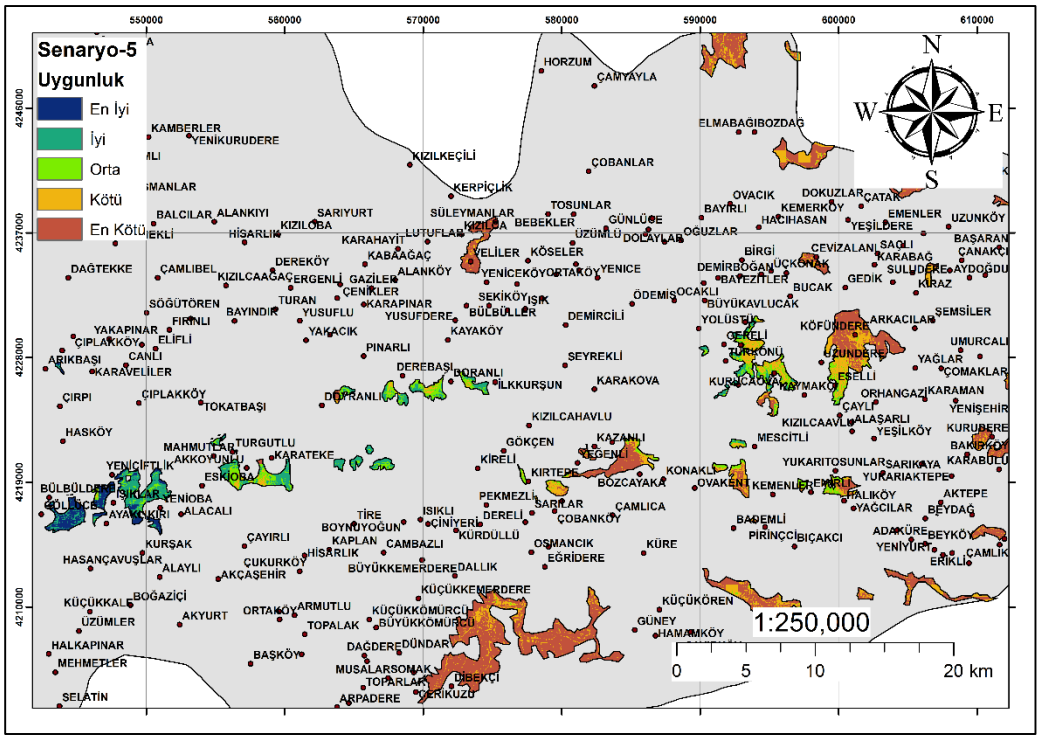
Şekil 6.17 Senaryo-5'in sonuç haritası.



Şekil 6.18 Senaryo-5'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.19 Senaryo-5'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



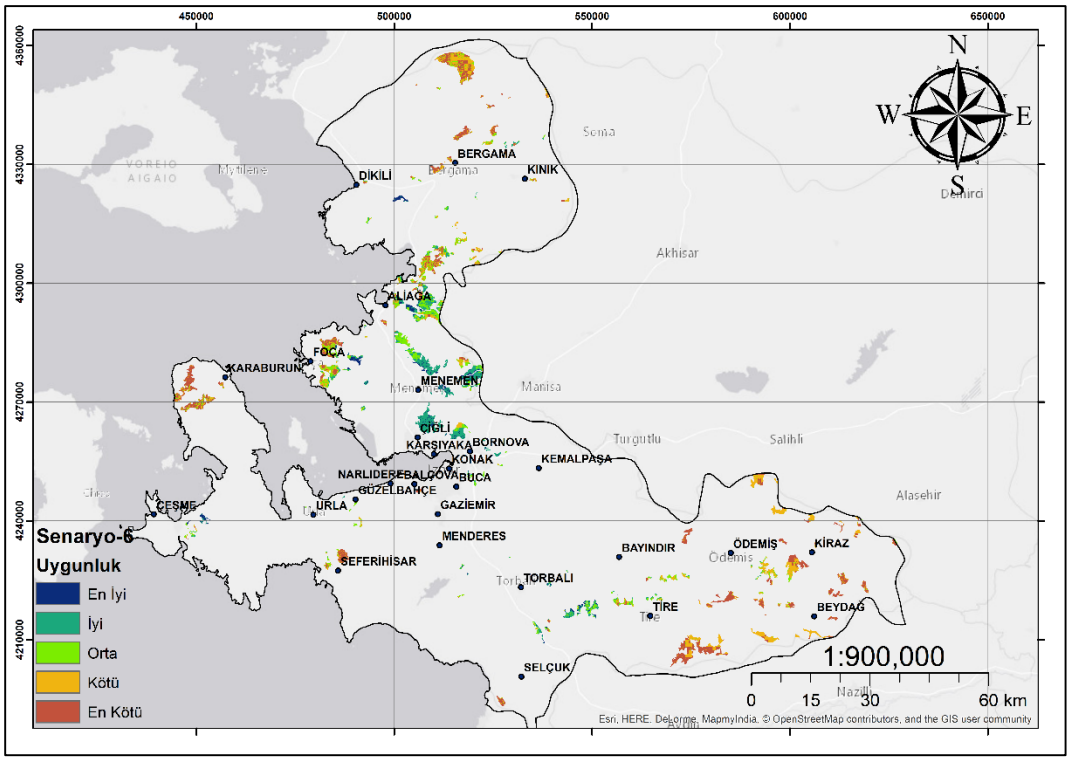
Şekil 6.20 Senaryo-5'e ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).

Senaryo-6:

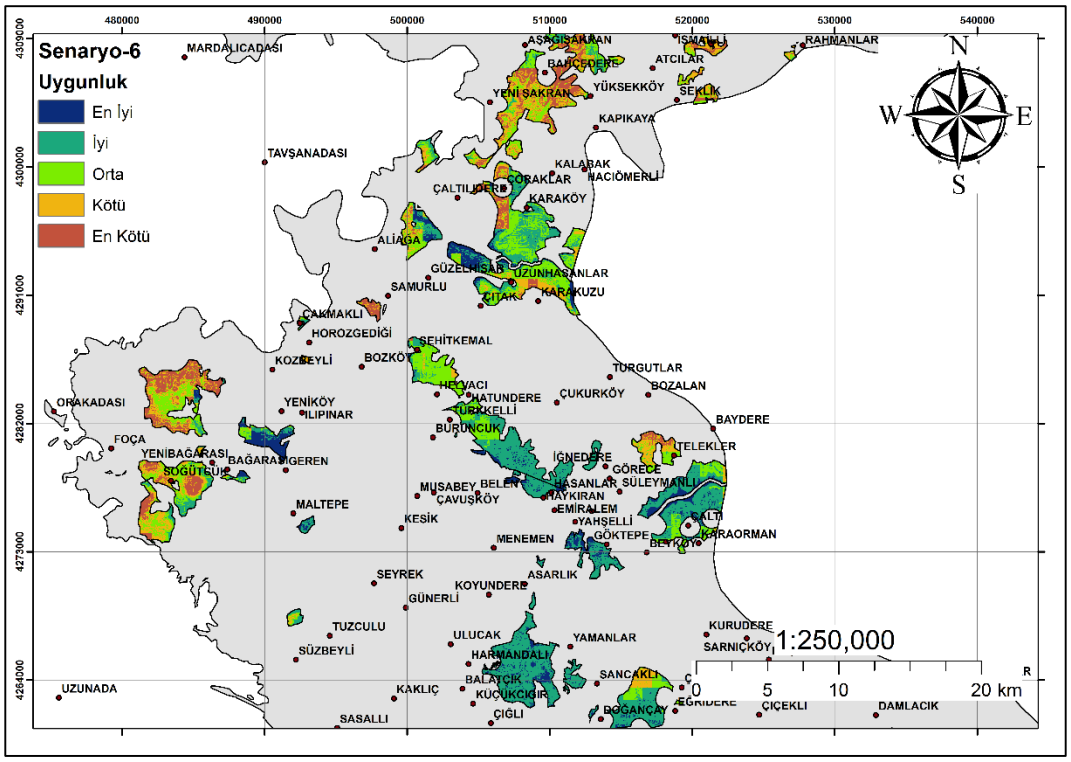
Bu senaryoda, 0-100 m'lik yükseklik aralığında ve 0-%20 eğim aralığında uygunluk tanımlanmıştır. Burada istenen, yüksekliğin 100 m'den fazla olmaması ve eğimin %20'yi aşmamasıdır. Sonuç harita ve yakınlaştırılmış görüntüleri Şekil 6.21 ile Şekil 6.24 arasında verilmektedir.

Altıncı senaryoda dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdeleri ise; "e*n iyi*" sınıfında %78.86 ile %100 arasında, "*iyi*" sınıfında %58.82 ile %78.85 aralığında, "*orta*" da %40.39-%58.81'de, "*kötü*"de %22.35-%40.38 ve "*en kötü*" de %3.9 ile %22.34 arasındadır.

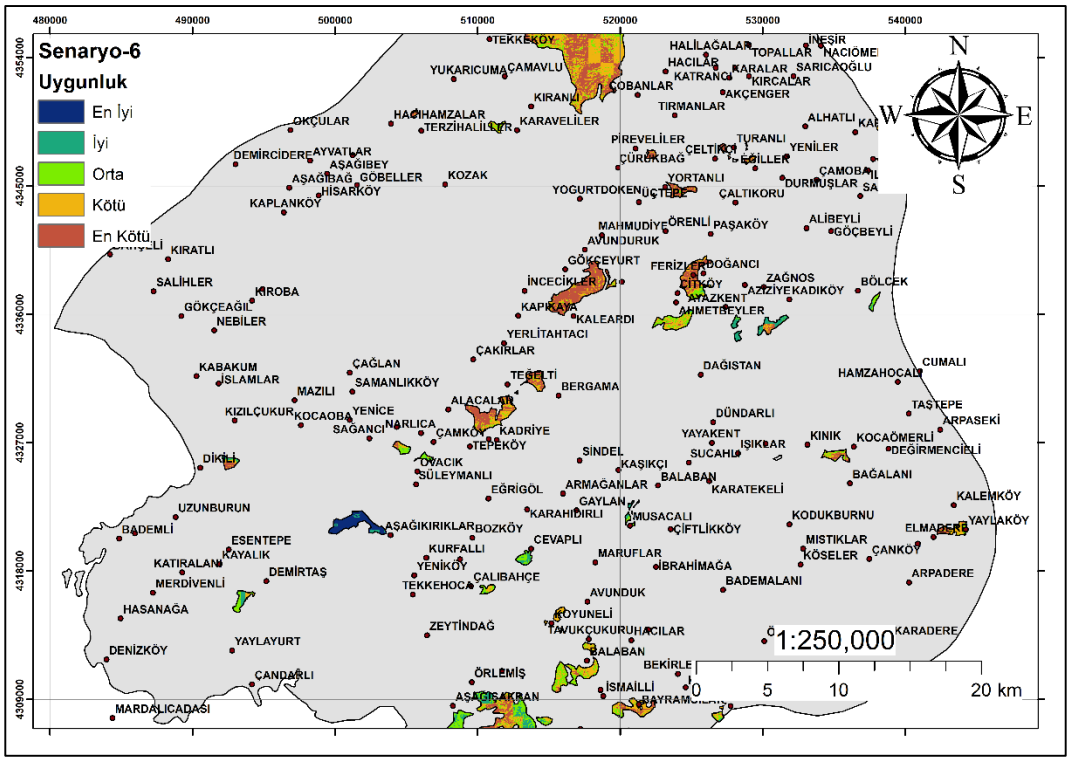
Burada ise, dallı darı yetiştiriciliğinde "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, kalan alanların tamamının % 1.77'sini oluşturmaktadır (876.125 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi"* % 13.14 (6519.0625 ha), "*orta"* % 25.01 (12407.6875 ha), "*kötü"* % 52.19 (25893.0625 ha) ve "*en kötü"* % 7.87'dir (3903.5 ha).



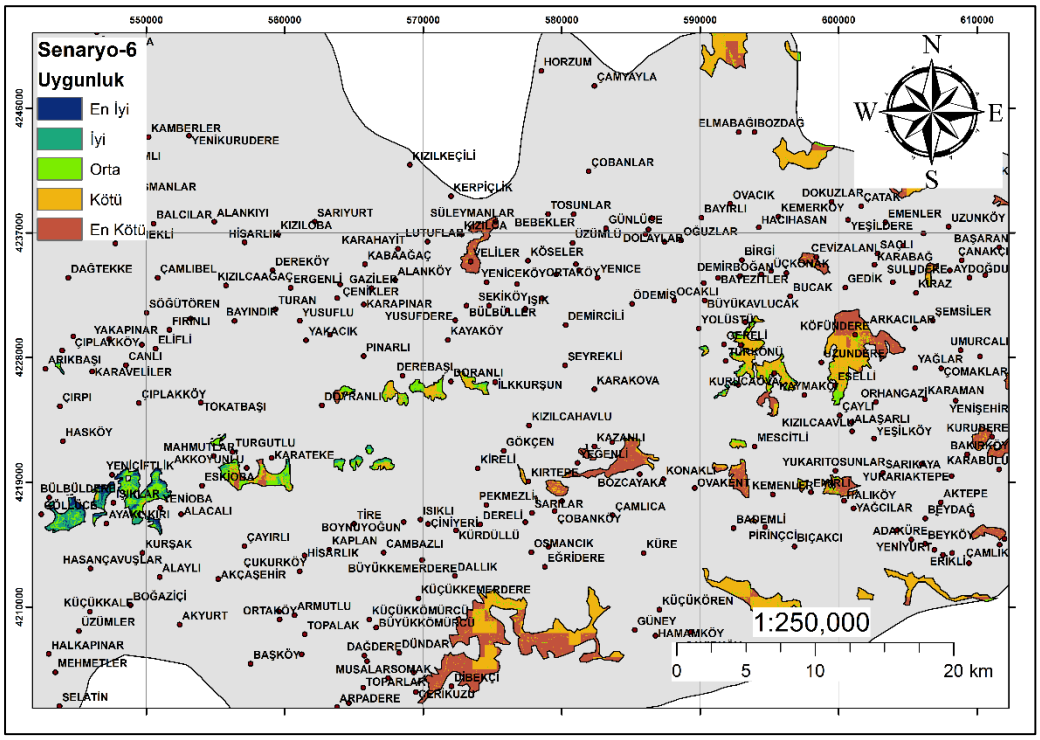
Şekil 6.21 Senaryo-6'ya ait sonuç haritası.



Şekil 6.22 Senaryo-6'ya ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.23 Senaryo-6'ya ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



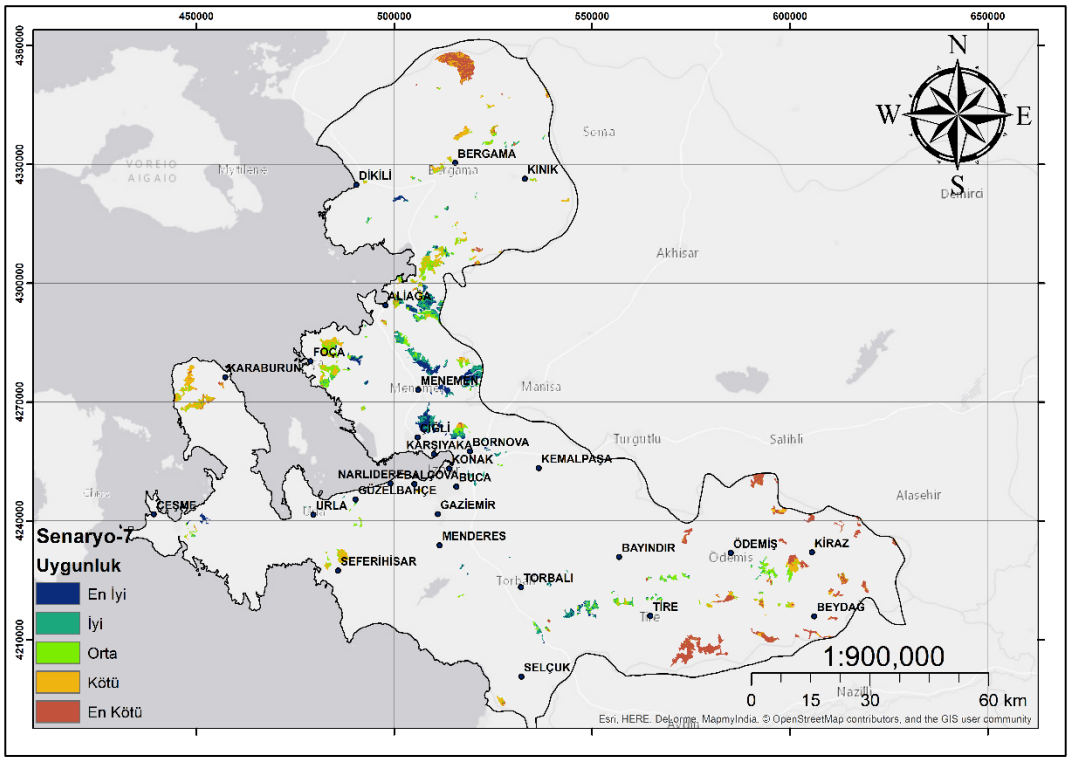
Şekil 6.24 Senaryo-6'ya ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3).

Senaryo-7:

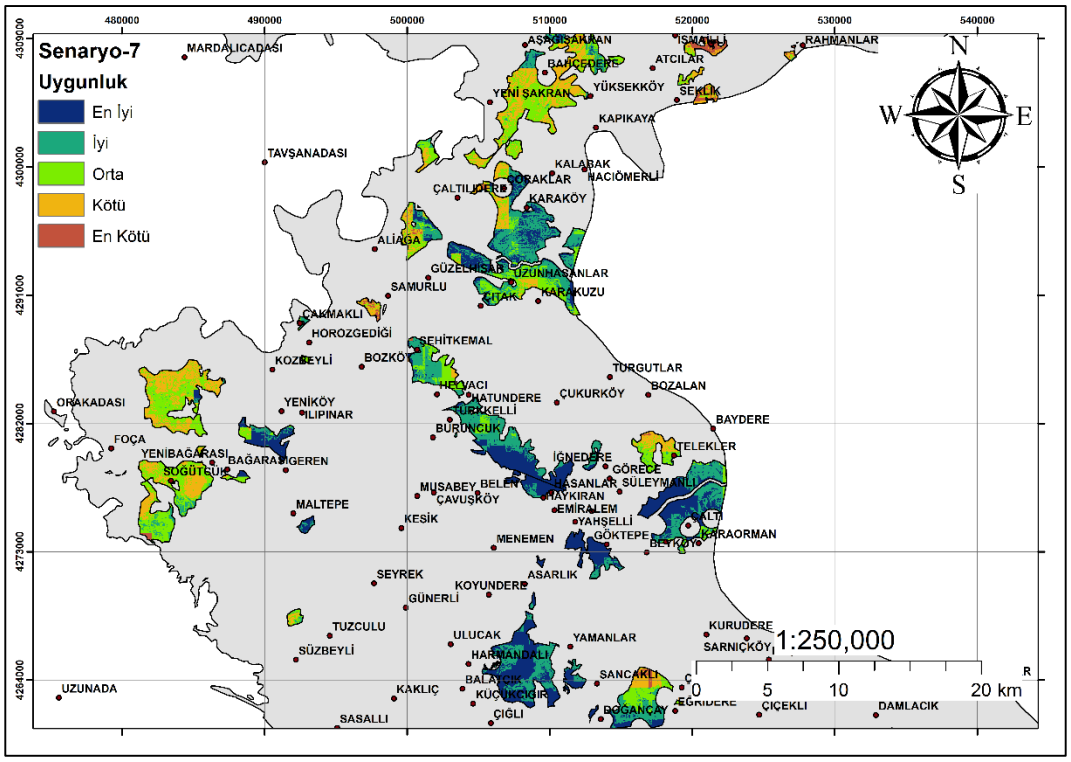
Son olarak ise yedinci senaryoda, 0-800 m'lik yükseklik aralığında ve 0-%20 eğim aralığında uygunluk tanımlanmıştır. Burada istenen, yüksekliğin 800 m'den fazla olmaması ve eğimin %20'yi aşmamasıdır. Sonuç harita ve yakınlaştırılmış görüntüleri Şekil 6.25 ile Şekil 6.28 arasında verilmektedir.

Yedinci senaryoda dallı darı yetiştiriciliği için farklı uygunluk yüzdeleri ise; "*en iyi*" sınıfında %78.04 ile %100 arasında, "*iyi*" sınıfında %61.96 ile %78.03 aralığında, "*orta*" da %45.88-%61.95'de, "*kötü*"de %29.41-%45.87 ve "*en kötü*" de %13.33 ile %29.41 arasındadır.

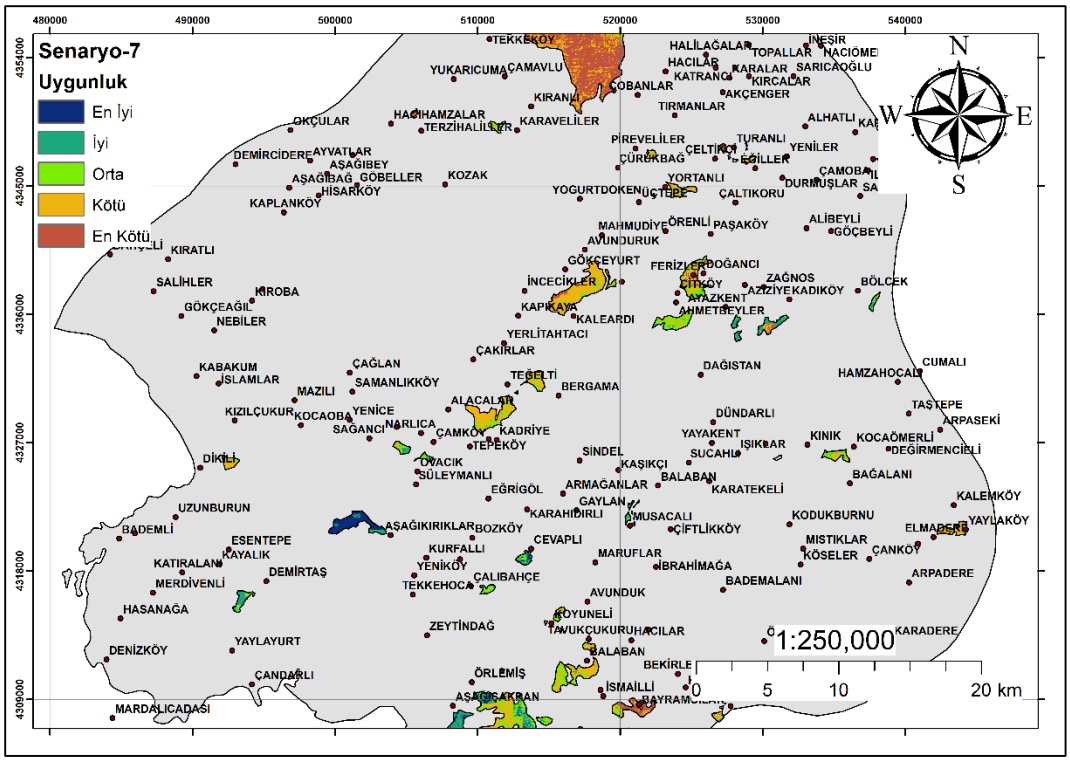
Bu senaryoda ise, dallı darı yetiştiriciliğinde "*en iyi"* uygunluğa sahip alanlar, kalan alanların tamamının % 4'ünü oluşturmaktadır (1986.6875 ha). Diğer uygunluklar ise sırası ile "*iyi"* % 23.29 (11552.6875 ha), "*orta"* % 27.05 (13422 ha), "*kötü"* % 43.72 (21692.4375 ha) ve "*en kötü"* % 1,93'tür (959.0625 ha).



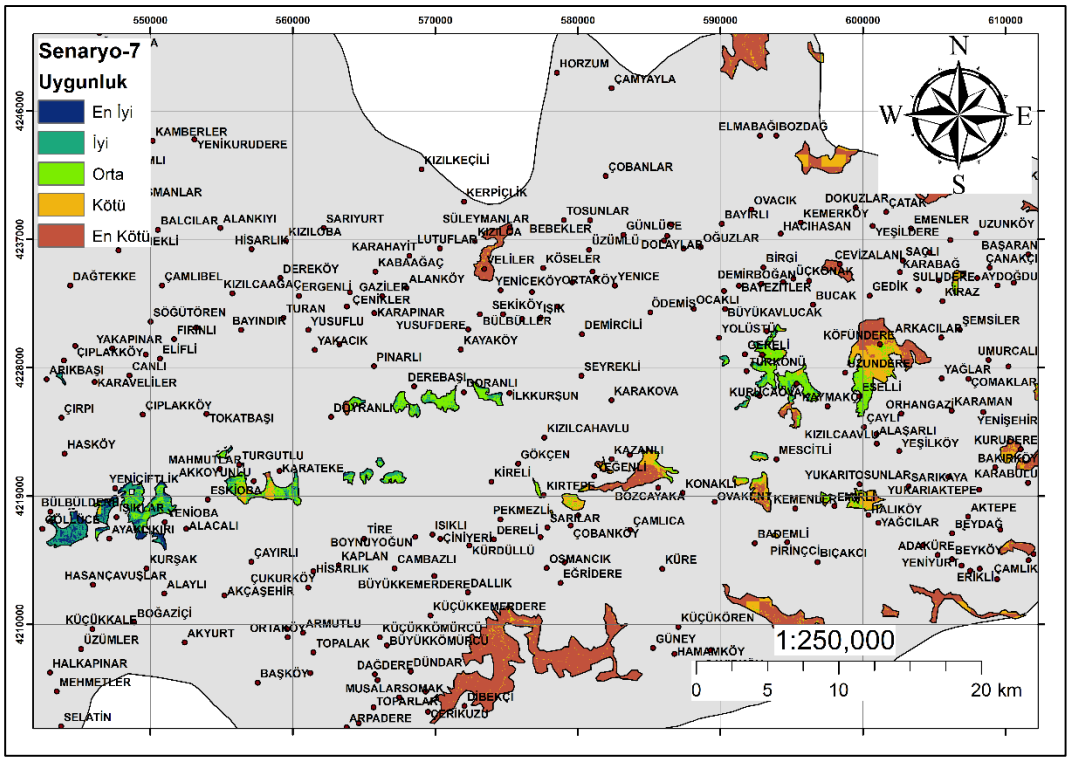
Şekil 6.25 Senaryo-7'nin sonuç haritası.



Şekil 6.26 Senaryo-7'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (1).



Şekil 6.27 Senaryo-7'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (2).



Şekil 6.28 Senaryo-7'ye ait sonuç haritasının yakınlaştırılmış görüntüsü (3).

Yukarıda görüldüğü üzere sonuç haritalarında, **“en kötü”, “kötü”, “orta”, “iyi”** ve **“en iyi”** olarak adlandırılan 5 adet uygunluk sınıfı bulunmaktadır. Çalışmanın ilerleyen bölümünde, bu uygunluk sınıflarından yalnızca “en iyi” sınıfına giren sahalar irdelenecek ve bu sahalarla ilgili bilgiler verilecektir. Bunun için öncelikle, her senaryo sonucundan **“**en iyi**”** uygunluğa sahip sahalar ayrı bir tabaka (raster) haline dönüştürülmüş ve ayrılmıştır. Daha sonra bu sahalar vektör veri (poligon) haline getirilmiş ve böylece, alan büyüklükleri ile orta noktaların (X,Y) koordinatları belirlenmiştir. Elde edilen alternatif saha sayısı çok olduğu için, 10 hektardan küçük alanlar çıkarılmıştır. Senaryolar sonucu elde edilen 10 ha’dan büyük alternatif sahalar Tablo 6.1 - Tablo 6.7’de verilmiştir. Her tabloda, sahalara ait numaralar, alan büyüklükleri ve poligonun orta nokta koordinatları (X,Y) yer almaktadır.

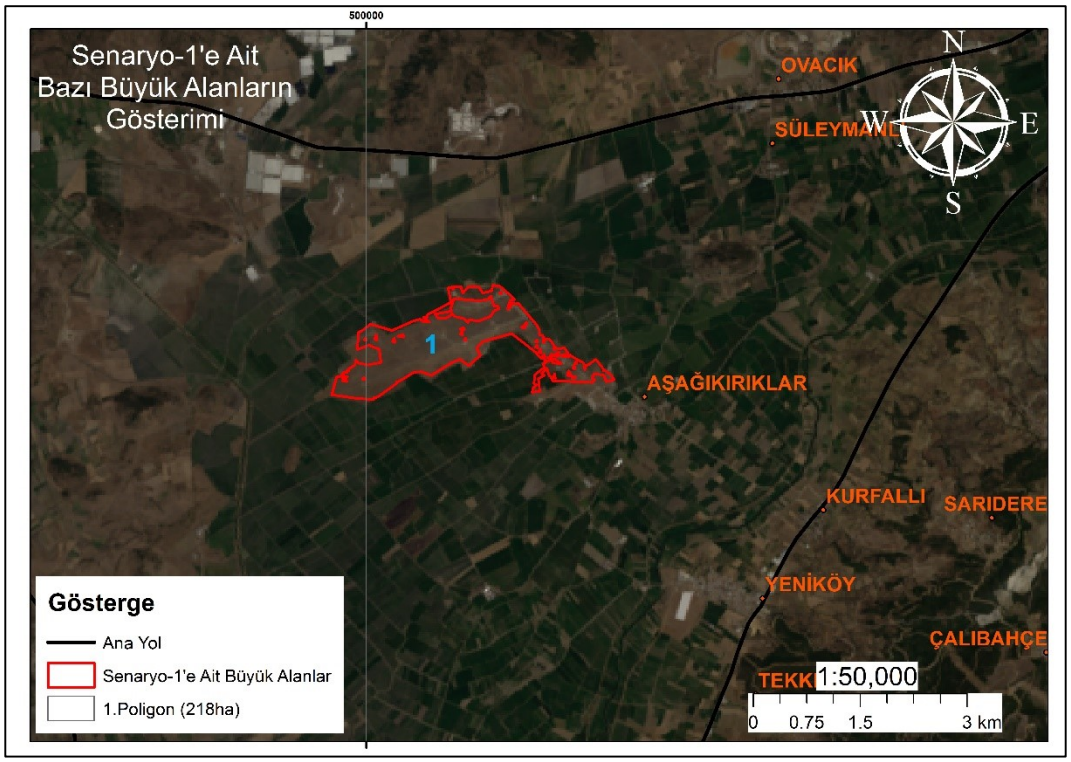
Senaryo-1: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

Tablo 6.1’de dallı darı yetiştirilebilecek *en iyi* uygunluktaki alanlar verilmiştir. Bu alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %0.97’sini oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %76.86-%100 arasında uygundur. Tablo 6.1’den de görüleceği üzere, 10 ha’nın üzerinde ve “en uygun” kategorisine ait toplam 17 adet saha tespit edilmiştir. Tablo 6.1’deki 1 numaralı alanın (218 hektarlık) yakın tarihli uydu görüntülerinden oluşturulan doğal renkli harita ile monitörize edilmesi sonucu ise Şekil 6.29’a ulaşılmıştır.

Tablo 6.1 Senaryo-1’e ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-1 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
1	**218**	**501252**	**4321350**
12	14	503505	4294510
4	38	511567	4291020

Senaryo-1 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
3	50	489337	4280790
10	18	505045	4279980
2	93	490918	4280230
17	12	506128	4279500
8	22	488431	4278440
7	25	507338	4278060
15	13	510804	4277400
6	28	519110	4277050
16	13	519665	4276690
13	14	518315	4276210
5	29	517218	4275840
9	20	447725	4239390
14	14	546978	4218490
11	15	544901	4217440



Şekil 6.29 218 hektarlık poligon 1'e ait görüntü.

Özellikle düşük yükseklik ve eğimin uygun olması istenen Senaryo-1, jeomorfolojik açıdan "ulaşılabilirliğe" daha müsait olduğundan dolayı üzerinde durulması gereken sonuçlara sahiptir. Burada göze çarpan 218 hektarlık büyüklüğe sahip 1 numaralı alandır. Şekil 6.29'da gösterilen Aşağıkırıklar, Bergama yakınındaki bu alan, uydu görüntüsünde de görüleceği üzere tarım arazisi dışında ve ulaşılabilir bir topolojik yapıya sahiptir.

Senaryo-2: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

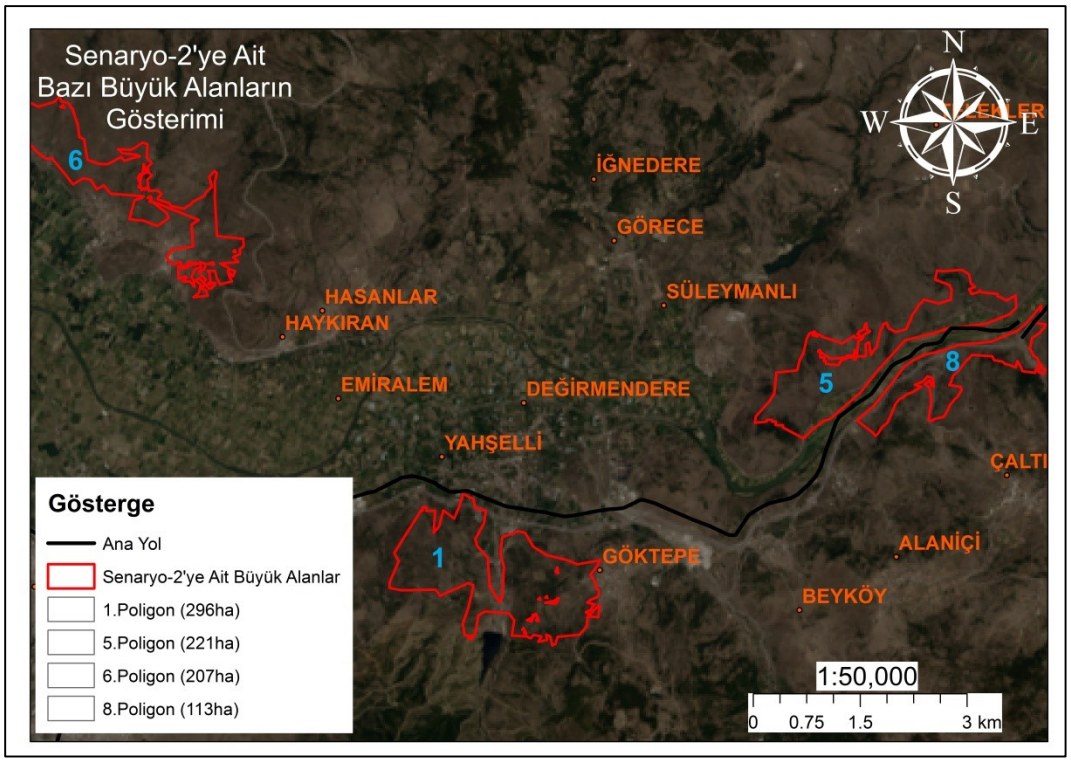
Senaryo-2'de saha sayısı 46'ya ulaşmıştır. Burada 200 ha'dan büyük alan sayısı (Tablo 6.2'de koyu renkli) 7'yi bulmuştur (bazıları Şekil 6.30'da gösterilmektedir). En büyük alan ise, 296 ha ile Göktepe, Menemen yakınındaki 1 numaralı bölgedir (Şekil 6.30). Tablo 6.2'de verilen alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %3.12'sini oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %76.86-%100 arasında uygundur.

Tablo 6.2 Senaryo-2'ye ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-2 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
3	**237**	**501287**	**4321350**
31	16	507499	4299210
24	20	508262	4299090
10	48	501073	4296330
27	19	501480	4295000
33	15	509230	4295200
38	13	506140	4295070
35	14	506101	4294290
43	11	511116	4293860
39	13	507616	4293530
40	12	506767	4293350
7	**202**	**504160**	**4293710**
44	11	505716	4292940
32	16	510123	4293220
34	15	504944	4292060
14	39	511563	4291040
19	26	485268	4284030
25	20	488449	4282000
26	20	505062	4279980
2	**279**	**490432**	**4280680**

Senaryo-2 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
21	23	488440	4278440
16	33	507383	4278030
45	11	521615	4278090
41	12	521110	4277770
6	**207**	**507378**	**4278900**
9	93	510491	4277610
46	11	521186	4276280
8	113	518966	4276280
5	**221**	**517790**	**4276500**
42	12	519350	4275650
36	14	520083	4275620
12	43	492968	4274930
1	**296**	**512561**	**4273430**
23	21	509354	4272290
30	17	508881	4266540
15	38	509672	4264200
17	33	452661	4239410
20	24	447767	4239430
4	**225**	**451738**	**4240670**
37	14	548137	4219590
13	40	546962	4218360
11	44	544999	4217370

Senaryo-2 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
28	18	549313	4216190
22	22	544092	4215920
18	33	550743	4216010
29	18	537736	4209590



Şekil 6.30 Senaryo-2 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar.

Senaryo-3: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

Senaryo-3'de, toplam uygun saha sayısı 77; 200 ha'dan büyük alan sayısı ise (Tablo 6.3'de koyu renkli) 11'e ulaşmıştır (bazıları Şekil 6.31'de gösterilmektedir). En büyük alan ise, 898 ha ile Hasanlar, Menemen yakınındaki 1 numaralı bölgedir (Şekil 6.31). Tablo 6.3'de verilen alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %8.25'ini oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %78.43-%100 arasında uygundur.

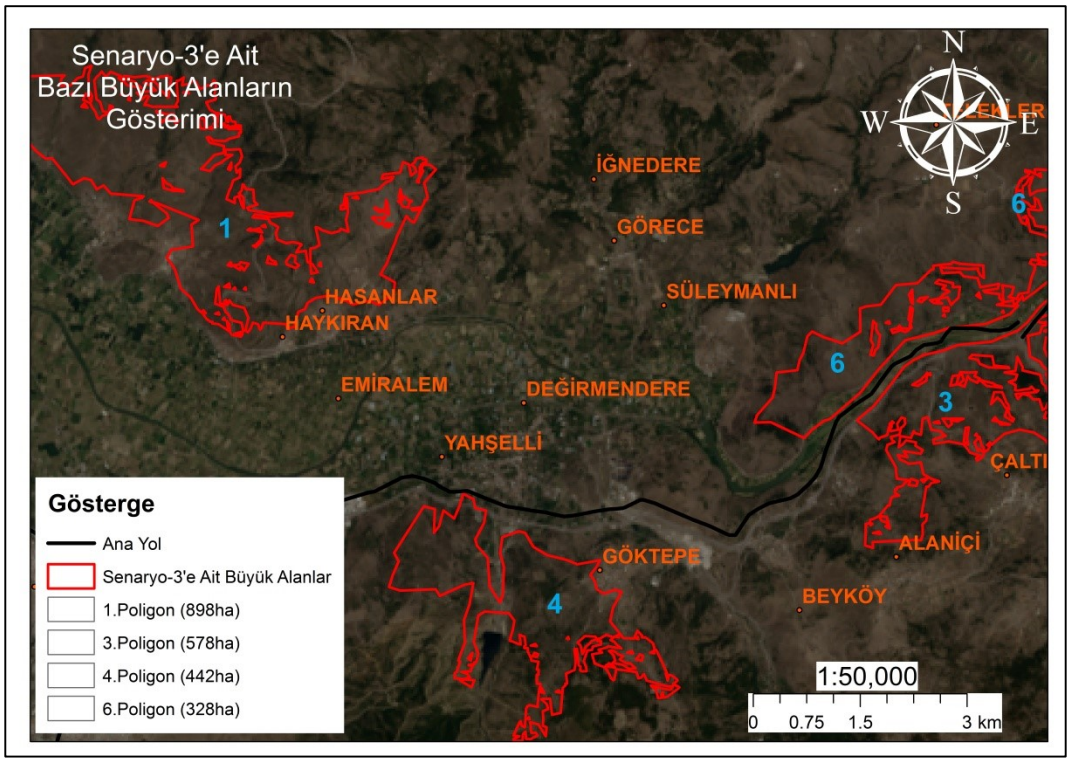
Tablo 6.3 Senaryo-3'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-3 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
10	**247**	**501277**	**4321380**
54	19	513585	4319000
28	36	510647	4309050
69	12	508992	4307740
64	14	508398	4307640
13	164	507697	4298730
21	59	500874	4296480
12	170	508928	4296600
29	36	511710	4294610
19	69	506225	4294870
5	**412**	**508664**	**4294870**
31	35	511168	4293670
47	22	506811	4293230

Senaryo-3 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
8	**309**	**504360**	**4293630**
48	22	510089	4293210
74	11	509950	4292480
37	29	504963	4291920
25	45	511509	4291140
67	13	500923	4287640
55	19	500226	4286680
68	13	500573	4285490
30	36	485253	4283910
51	20	504476	4283400
52	20	503529	4283260
70	12	503816	4282830
39	25	488475	4282010
71	12	506222	4280670
49	22	505103	4279990
7	**322**	**490440**	**4280760**
65	14	521758	4278700
44	23	488440	4278440
33	33	507383	4278030
26	38	519333	4278140
56	19	521561	4278150
1	**898**	**508429**	**4264240**

Senaryo-3 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
6	**328**	**518230**	**4264030**
17	76	492946	4262750
3	**578**	**519886**	**4264960**
53	20	520032	4261740
50	21	509354	4261760
4	**442**	**512938**	**4261490**
66	14	508887	4261020
75	11	509867	4260840
18	70	506512	4260300
63	15	509237	4258340
35	31	505739	4257880
15	113	509511	4256820
16	85	511576	4251760
20	64	510151	4249910
2	**804**	**507872**	**4239430**
72	12	514335	4240510
45	23	513036	4228340
38	29	515530	4226590
24	46	517427	4224080
32	34	515086	4260840
76	11	522684	4260300
40	24	523043	4258340

Senaryo-3 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
41	24	523795	4257880
61	16	525669	4256820
77	11	519415	4251760
57	19	520425	4249910
42	24	447767	4239430
9	**259**	**451853**	**4240510**
22	54	517076	4228340
59	17	518634	4226590
27	37	538915	4224080
46	23	539508	4223720
73	12	550784	4219840
60	17	548155	4219590
78	11	551139	4219030
14	120	546913	4218070
62	16	549106	4217210
58	18	546614	4216670
34	32	549311	4216280
11	**242**	**544471**	**4216540**
23	47	550688	4216010
36	31	536502	4211860
43	24	537654	4209760



Şekil 6.31 Senaryo-3 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar.

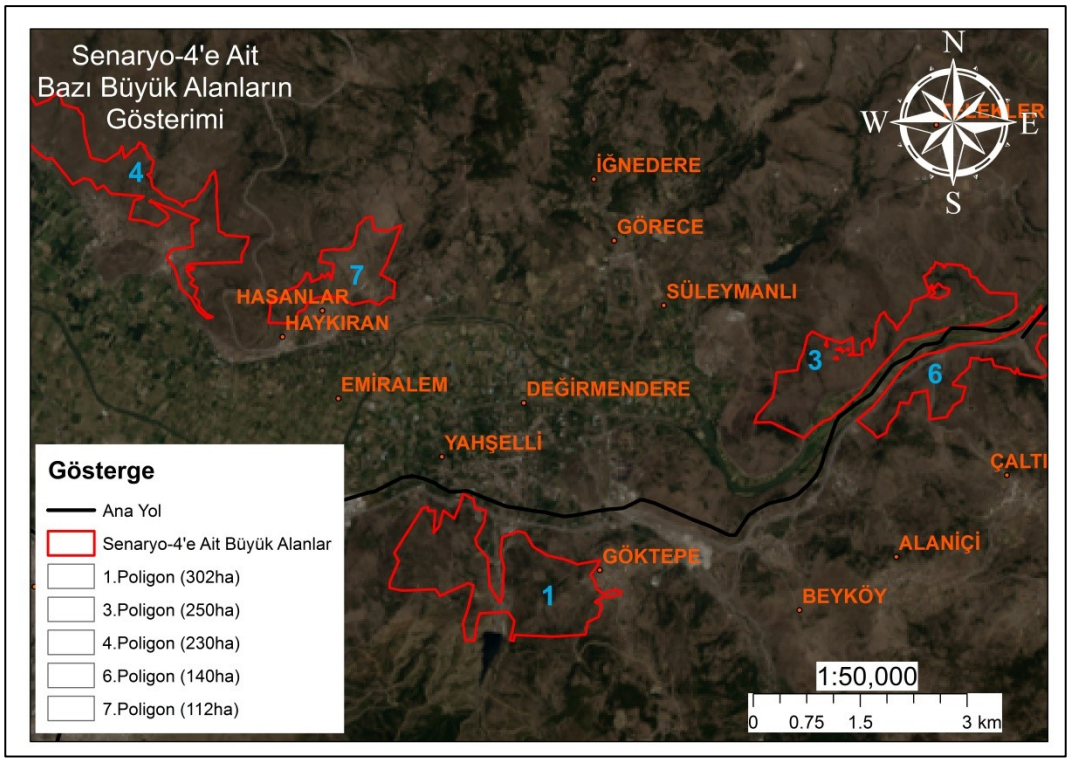
Senaryo-4: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

Senaryo-4'de ise toplam en uygun kategorisinde (10 ha'dan büyük) toplam saha sayısı 24; 200 ha'dan büyük alan sayısı ise (Tablo 6.4'de koyu renkli) 5'tir (bazıları Şekil 6.32'de gösterilmektedir). En büyük alan ise, 302 ha ile Göktepe, Menemen yakınındaki 1 numaralı bölgedir (Şekil 6.32). Tablo 6.4'de verilen alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %1.59'unu oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %76.86-%100 arasında uygundur.

Tablo 6.4 Senaryo-4'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-4 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
5	**220**	**501254**	**4321350**
12	30	503952	4294350
23	11	504748	4293460
10	38	511566	4291030
14	23	485271	4284050
22	14	505136	4280600
9	69	489374	4280850
18	19	505048	4279980
8	102	490930	4280290
15	22	488431	4278440
11	33	507383	4278030
19	19	520663	4277990
4	**230**	**507334**	**4278970**
7	112	510442	4277640
3	**250**	**517880**	**4276580**
6	140	519024	4276260
20	17	492688	4274720
1	**302**	**512585**	**4273430**
17	21	509354	4272290
13	24	447767	4239430

Senaryo-4 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
2	**259**	**451853**	**4240510**
21	17	546937	4218490
16	22	545026	4217380
24	11	537795	4209330



Şekil 6.32 Senaryo-4 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı sahalar.

Senaryo-5: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

Burada, 74 adet uygun sahanın içinde, 200 ha'dan büyük alan sayısı (Tablo 6.5'de koyu renkli) yalnızca 9'dur (bazıları Şekil 6.33'de gösterilmektedir). En büyük alan ise, 619 ha ile Hasanlar, Menemen yakınındaki 1 numaralı bölgedir (Şekil 6.33). Tablo 6.5'de verilen alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %6.21'ini oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %76.86-%100 arasında uygundur.

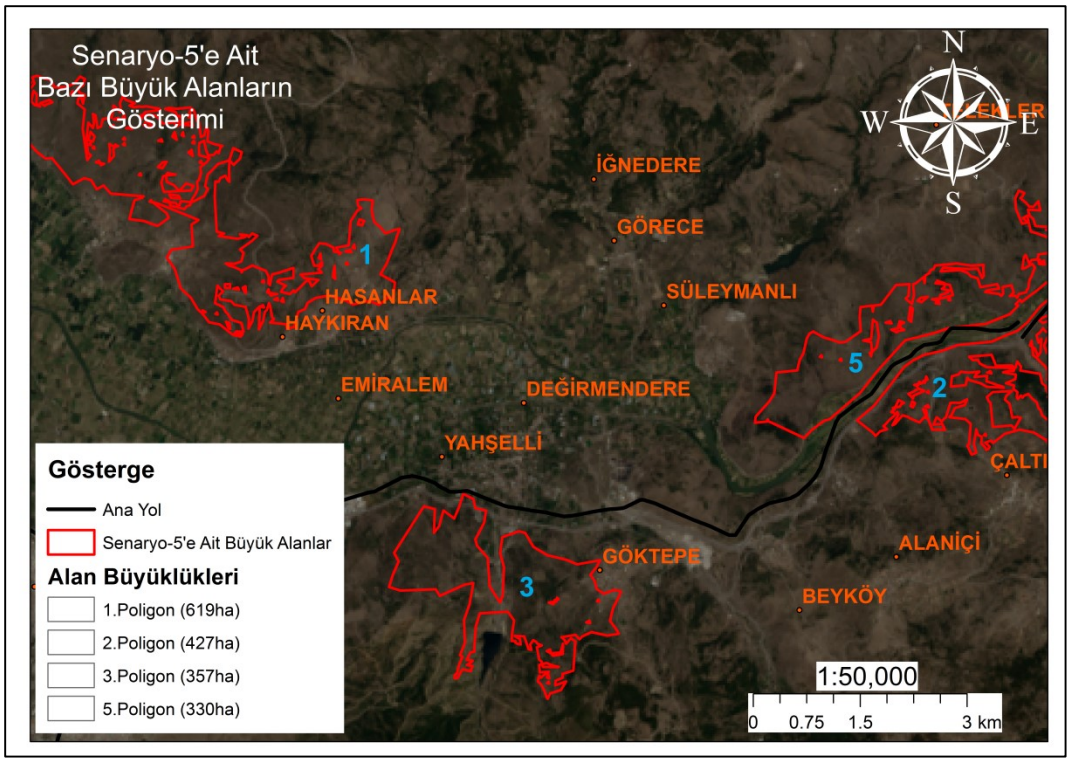
Tablo 6.5 Senaryo-5'e ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-5 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
9	**250**	**501282**	**4321370**
73	12	505917	4298570
11	156	507698	4298740
44	23	509014	4297070
69	14	508344	4296670
27	32	509781	4296360
14	79	501021	4296370
36	25	501475	4295020
34	27	506772	4294830
10	197	509262	4295150
15	77	506259	4294830
41	24	511125	4293770
17	74	507821	4293680

Senaryo-5 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
28	32	506788	4293140
6	**324**	**504380**	**4293630**
48	22	510102	4293210
31	30	504967	4291900
23	41	511553	4291070
63	18	500224	4286670
52	21	500634	4285480
24	37	485255	4283910
54	20	503518	4283260
37	25	488475	4282010
45	23	505110	4280000
4	**343**	**490474**	**4280790**
46	23	488440	4278440
26	33	507383	4278030
35	27	519258	4278120
55	20	521551	4278150
42	24	509222	4278160
1	**619**	**508128**	**4278750**
5	**330**	**518241**	**4276840**
2	**427**	**520097**	**4276280**
16	77	492947	4274870
21	45	518228	4274260

Senaryo-5 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
53	21	509354	4272290
3	**357**	**512708**	**4273270**
70	13	508889	4269730
49	22	508199	4267510
32	30	508952	4266500
29	32	506295	4266110
74	11	509867	4265790
56	20	508477	4265960
64	18	508845	4265120
58	19	505655	4264600
66	17	511391	4264220
71	13	507418	4263940
18	66	507249	4264390
13	109	509525	4264240
33	28	510093	4262490
57	20	508541	4262350
50	22	513028	4261740
47	23	517417	4261040
38	25	515071	4260830
51	22	523045	4258340
59	19	523783	4257880
60	19	520424	4249910

Senaryo-5 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
43	24	447767	4239430
7	**259**	**451853**	**4240510**
22	44	517039	4228280
67	17	518637	4226590
19	54	539084	4224210
39	25	539514	4223720
72	13	550784	4219830
65	18	548155	4219590
68	16	551149	4219020
12	126	546914	4218070
61	19	549076	4217210
62	19	546614	4216670
30	32	549314	4216270
8	**256**	**544468**	**4216530**
20	48	550685	4216010
25	35	536561	4211880
40	25	537653	4209740



Şekil 6.33 Senaryo-5 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı sahalar.

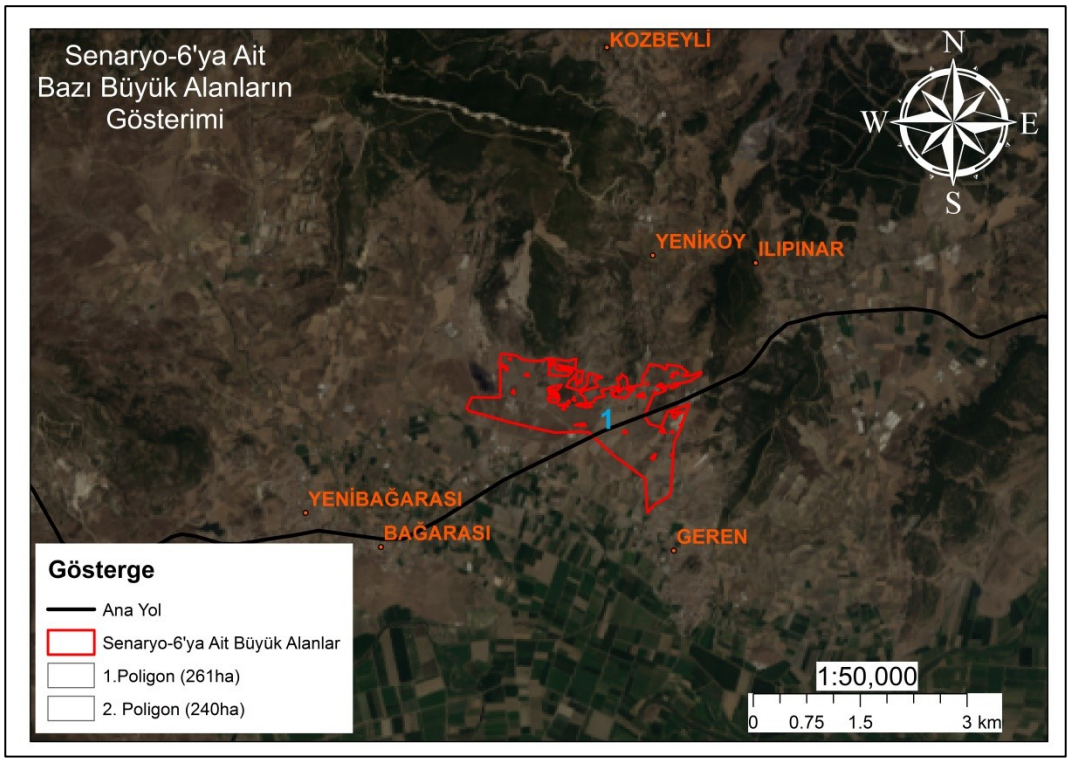
Senaryo-6: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

Senaryo-6'da, 200 ha'dan büyük alan sayısı (Tablo 6.6'da koyu renkli) 2'dir (bazıları Şekil 6.34'de gösterilmektedir). En büyük alan ise, 261 ha ile Foça'nın Yeniköy-Ilıpınar; Geren ve Yenibağarası köylerinin arasında kalan 1 numaralı bölgedir (Şekil 6.34). Tablo 6.6'da verilen alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %1.77'sini oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %76.86-%100 arasında uygundur.

Tablo 6.6 Senaryo-6'ya ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-6 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
2	**240**	**501290**	**4321360**
5	51	501095	4296310
17	23	501481	4295020
3	90	503683	4294210
31	13	506765	4293350
4	85	504415	4293320
27	15	504949	4292060
9	38	511567	4291020
19	22	485280	4284040
30	14	488413	4281940
21	20	505062	4279980
1	**261**	**490367**	**4280630**
25	17	506158	4279510
18	23	488440	4278440
12	29	507366	4278040
32	12	521107	4277770
23	18	510789	4277420
10	34	519107	4277080
14	25	519745	4276690
22	20	518321	4276180

Senaryo-6 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
11	33	517210	4275850
28	15	512866	4273820
26	16	511852	4273760
20	22	512444	4273330
24	18	508888	4266530
8	42	509679	4264210
6	46	451562	4241160
15	24	452164	4240430
33	12	452835	4239330
16	24	447767	4239430
35	11	548069	4219540
13	28	546924	4218400
7	43	544997	4217370
34	12	550820	4216130
29	15	537745	4209620



Şekil 6.34 Senaryo-6 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar.

Senaryo-7: En İyi Uygunluğa Sahip Alanlar

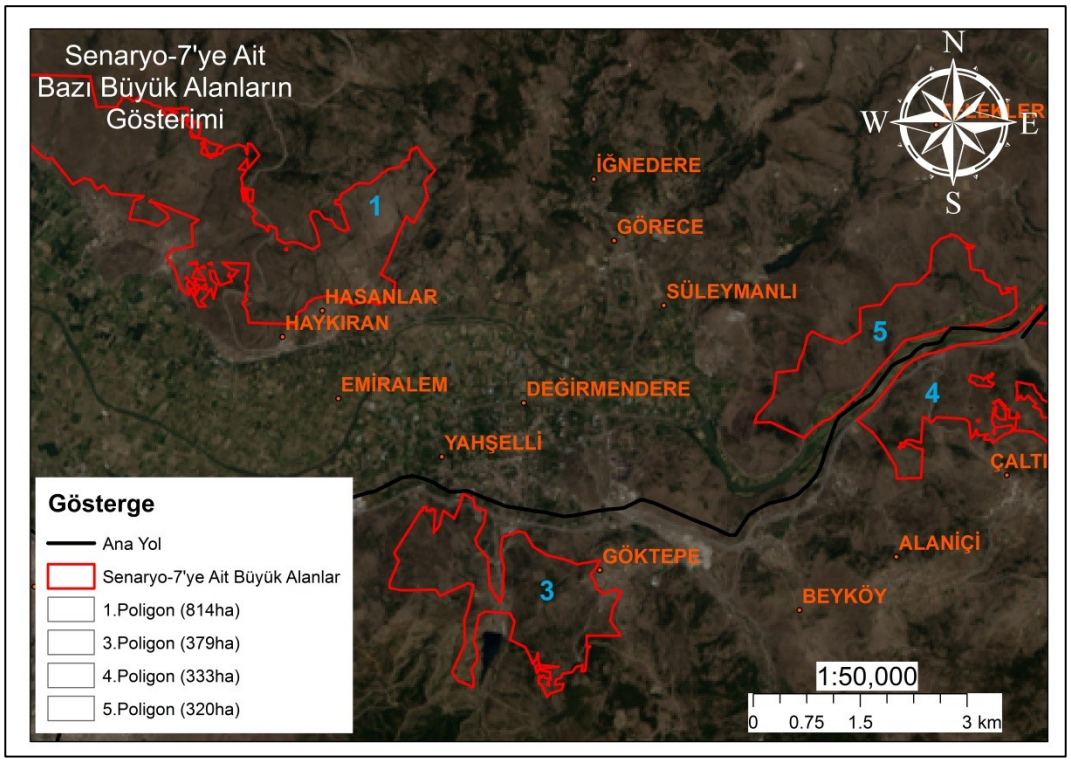
Son olarak Senaryo-7'de, 200 ha'dan büyük alan sayısının (Tablo 6.7'de koyu renkli) 9 olduğu görülmüştür (bazıları Şekil 6.35'de gösterilmektedir). En büyük alan ise, 814 ha ile Hasanlar, Menemen yakınındaki 1 numaralı bölgedir (Şekil 6.35). Tablo 6.7'de verilen alanlar, eleyici kriterlerle kısıtlanan alanların (Şekil 5.39) %4'ünü oluşturmaktadır ve tez çalışmasına göre yetiştiriciliğe %78.04-%100 arasında uygundur.

Tablo 6.7 Senaryo-7'ye ait uygun sahalar ve saha bilgileri.

Senaryo-7 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
8	**240**	**501290**	**4321360**
31	25	510649	4309050
32	25	508228	4299100
13	67	507568	4298750
29	26	509014	4297040
44	18	508340	4296630
18	50	501090	4296320
41	19	501474	4295000
50	15	506148	4295080
10	99	508749	4295140
51	15	506101	4294300
59	11	511112	4293860
28	28	507641	4293620
54	14	506766	4293330
9	**212**	**504164**	**4293710**
48	16	505703	4292940
46	17	510133	4293220
52	15	504943	4292050
20	43	511545	4291010
30	26	485266	4284030

Senaryo-7 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
36	22	488460	4282010
27	30	505232	4280660
40	20	505062	4279980
6	**294**	**490439**	**4280710**
47	17	512812	4278940
35	23	488440	4278440
26	33	507383	4278030
58	12	521110	4277770
24	35	520897	4278000
1	**814**	**508642**	**4278730**
14	65	521319	4276520
55	14	520798	4276070
5	**320**	**518010**	**4276760**
4	**333**	**519294**	**4275940**
17	53	492965	4274910
56	14	518307	4274440
53	15	518048	4274080
38	21	509354	4272290
3	**379**	**512730**	**4273220**
45	18	508884	4269640
37	22	506293	4266160
16	55	509560	4264170

Senaryo-7 Sonuçları			
		Orta Nokta	
Saha No	**Alan (ha)**	**X (m)**	**Y (m)**
11	98	511583	4264030
60	11	511183	4263370
12	85	510168	4262850
2	**797**	**507789**	**4264960**
33	24	513038	4261760
21	40	517534	4260980
15	59	514935	4261020
49	16	522985	4258310
42	19	523850	4257880
34	24	447767	4239430
7	**259**	**451853**	**4240510**
57	14	548139	4219590
22	40	546962	4218350
19	44	544998	4217370
39	21	549332	4216210
23	36	544168	4215950
25	35	550740	4216010
43	19	537725	4209590



Şekil 6.35 Senaryo-7 ile bulunan ve "en iyi" uygunluğa sahip bazı poligonlar.

Bu verilerden de görüleceği üzere yükseklik ve/veya eğimin maksimum uygunluk değerleri değiştiğinde saha uygunluğuna ait sonuç haritalar da farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma kendini;

- Bir senaryoda uygun olan sahanın bir başka senaryoda uygun olmaması veya tam tersi,

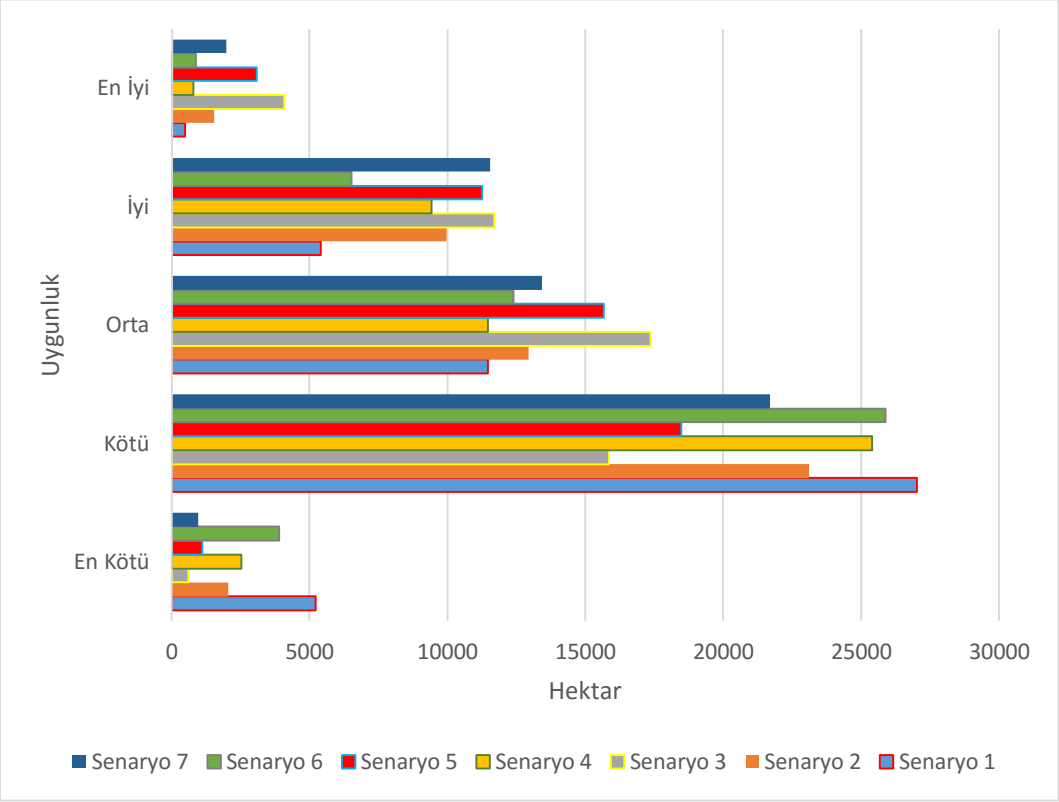
- Bir senaryoda uygun olan sahanın başka bir senaryoda alanını büyütmesi,

- Bir senaryoda "en iyi" uygunluğa sahip alanın başka bir senaryoda "orta" uygunlukta çıkması (başka örnekler de verilebilir).

şeklinde göstermektedir. Özellikle, belirtilen son maddede, bir alanın farklı senaryolarda başka uygunluk sınıfında yer alması olasılığı, uygunluk sınıflarında yer alan saha büyüklüklerinin de farklılaşmasına neden olmuştur. Burada özellikle belirtilmek istenen, FUZZY standardizasyonu yapılan faktör verilere ait uygunluk aralıkları her değiştirildiğinde verilerde yer alan ve bilgi taşıyan piksellerin

uygunluğu da değişecektir. Örneğin uygun olan maksimum eğim değeri %10 iken, bu eğim değerinde olmayan bir piksel grubu (piksel değerleri %13-19 arasında değişiyor olsun) sonuç haritasında yer almayacaktır. Fakat başka bir senaryoda, eğimin maksimum değeri %20'ye çıkarıldığında bu piksel grubu önceki senaryoda bulunan piksellerle birlikte artık sonuç haritasında yer alabilir. Şekil 6.36'da her senaryoda bulunan uygunluk sınıflarının barındırdığı alanların büyüklüğünü içeren grafik verilmiştir. Bu grafik, uygunluk sınıflarının farklı senaryolarda farklı alanlara sahip olduğu ile ilgili ifadeleri doğrular niteliktedir.

Şekil 6.36'da, her senaryoda, uygunluk sınıflarının içerdiği alanların büyüklükleri hektar cinsinden verilmiştir.



Şekil 6.36 5 uygunluk sınıfının sahip olduğu alanların büyüklükleri.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Enerji bitkisi yetiştiriciliği ile ilgili en önemli kaygılar / sorunlar (i) mısır, şeker pancarı, arpa, çavdar gibi gıda bitkilerinin enerji bitkisi olarak kullanımının gıda üretimini azaltması (FAO, 2008), (ii) enerji bitkilerin yetiştirilmesi için tarıma elverişli alanların kullanılmasının ekilebilir tarım arazileri potansiyelini azaltması (Ar, 2008; Duygu ve Cısdık, 2011) ve (iii) enerji bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılacak sulama suyunun farklı kullanımları engellemesi (Wang, 2012) olarak sıralanabilir. Gıda bitkilerinin enerji elde edilmesinde kullanımının yol açacağı sorunlara karşı, mischantus (fil otu), switchgrass (dallı darı) gibi lignoselülozik bitkiler kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte, enerji bitkisi yetiştiriciliği, bir tarım faaliyeti olarak, diğer arazi kullanımları ile uyumlu olmalı ve üretilen biyokütlenin taşıma maliyetleri açısından yetiştiricilik alanlarının biyokütle enerji üretim tesislerine yakın olması gibi koşulları da sağlamalıdır. Enerji bitkilerinin öngörülen potansiyele ulaşabilmesi, öncelikle tarıma elverişli toprakların korunması başta olmak üzere enerji bitkileri yetiştirilecek alanların planlaması ile ilgili uygun stratejilerin ve yöntemlerin bugünden geliştirilmesi ile mümkün olacaktır.

Bu çalışma kapsamında, ilk olarak, ilgili bilimsel bilgi birikimi ve yurtdışı uygulama deneyimleri esas alınarak dallı darı yetiştiriciliği alanlarının belirlenmesinde göz önüne alınması gereken kriterler (kısıtlar ve karar faktörleri) ve bu kriterler için uygulanabilecek sınırlamalar saptanmıştır. Örnek çalışma kapsamında kullanılan kriterler ve sınırlamalar çalışma bölgesine özgü olsa da, benzer tüm çalışmalarda bir başlangıç noktası olarak kullanılabilir. Bu tez çalışmasının en önemli çıktılarından biri olan kriter listesi, bundan sonra gerçekleştirilecek dallı darı ya da diğer enerji bitkileri yetiştiriciliği çalışmalarında saha planlamasına rehberlik edecektir.

Bu çalışmada, bir arazi kullanım planlaması olan enerji bitkisi yetiştiriciliği alanlarının belirlenmesi için, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama (UZ-AL) ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tabanlı bir konumsal karar destek sistemi geliştirilmiştir. Endüstriyel tesis yer seçimi, katı atık depolama alanları yer seçimi, güneş / rüzgar tarlası yer seçimi (Aydın vd., 2013) gibi farklı arazi kullanım

planlamalarında CBS ve AHP yöntemlerini entegre eden çalışmalar veya uygulama örnekleri mevcuttur. Ancak, bu çalışma, dallı darı / enerji bitkileri yetiştiriciliği alanlarının planlamasında CBS, UZ-AL ve AHP yöntemlerini entegre ederek konumsal bir karar destek sistemi geliştiren ve uygulayan ülkemizdeki ilk örnektir.

Bu çalışmada geliştirilen CBS-tabanlı yer seçimi yöntemi, konumsal pek çok sorunun çözümünde kullanılabilen CBS'nin, dallı darı yetiştiriciliği alanlarının belirlenmesinde de etkin tüm kriterlerin birlikte değerlendirilmesine olanak sağladığını ve CBS'nin enerji bitkileri yetiştiriciliği alanlarının planlamasında etkin bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Karar verme için modern bir yöntem sağlayan CBS, klasik karar verme süreçlerinin neden olduğu toplumsal muhalefet, ekonomik olarak fizibil olmayan seçim ve çevresel etkiler gibi olumsuz sonuçları da en aza indirir (Ele alınan kriterler, elde edilen konumsal verinin güncelliği ve doğruluğuna göre).

Dallı darı yetiştiriciliği alanlarının belirlenmesinde, sadece CBS analizlerinin kullanımı, karar vermede etkin faktörlere farklı etki derecesi atamaya ve faktörlere göre saha uygunluğunu puanlamaya olanak sağlamaz. CBS ve AHP tekniğinin bütünleştirilmesi ile geliştirilen Çoklu Kriter Karar Analizi (ÇKKA) sistemi ile; (i) tüm faktörlerin aynı anda değerlendirilmesi, (ii) çok sayıda faktöre farklı uzman / paydaş görüşleri ile ikili karşılaştırma yoluyla farklı etki derecesi verilmesi, (iii) faktörlere göre alternatif sahaların puanlanması ve ÇKKA'nin "grup karar verme" yeteneği ile söz sahibi tüm tarafların (bakanlıklar, kamu kurumları, üniversiteler, yatırımcılar, vb.) ortak karar verebilmesi sağlanmıştır.

Ülkemizde, CBS çalışmaları için gerekli konumsal verilere erişim güçlüğü nedeniyle, gerçekleştirilen örnek çalışma için gerekli konumsal veriler farklı uluslararası online veritabanlarından temin edilmiştir. Bu kapsamda, toprak verileri için UNESCO ve Uluslararası Toprak Bilimi Topluluğu tarafından 1966'da kurulan ISRIC-Uluslararası Toprak Referans ve Bilgi Merkezi'nin geliştirdiği veriler kullanılmıştır. İklimsel uygunluğun haritalandırılması için Berkeley-Kaliforniya Üniversitesi, CIAT ve Rainforest CRC'nin geliştirdiği WorldClim verileri kullanılmıştır. Topoğrafya verileri, NASA (ABD) ve METI (Japonya) tarafından geliştirilen ASTER uydusuna ait DEM verisinden türetilmiştir. Bu

anlamda, çalışma, benzer CBS-tabanlı arazi kullanım planlaması çalışmaları için farklı ücretsiz online veri kaynaklarını tanıtması açısından önemlidir.

Örnek çalışmada ihtiyaç duyulan arazi kullanım / arazi örtüsü haritası, ilgili kurumlardan vektörel veri formatında elde edilememiştir. Bu nedenle, arazi kullanım haritası için erişilebilen tek veri kaynağı olan 2014 yılına ait İzmir - Manisa Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı'na ait haritalar kullanılmıştır. Elde edilen altlık haritalar, CBS ortamında kullanılabilir olmadığından, bu altlıklar önce jeoreferanslandırılmıştır ve el ile sayısallaştırılmıştır. Böylece arazi sınıfları vektörize edilerek dijital ortamda kullanılabilecek hale getirilmiştir. Sayısallaştırma yapılırken ince detaylara dikkat edilmesi gerekliliği ve çalışma alanının bir şehri kapsıyor olması, sayısallaştırma işleminin uzun zaman almasına neden olmuştur. Ancak tüm bu durumlara rağmen İzmir iline ait sayısallaştırılmış "arazi kullanım haritası", tez için oluşturulan veritabanına kazandırılmıştır.

Bu tez çalışması, İzmir ilinde enerji yelpazesini genişletme imkânına lokasyonel olarak katkı sağlayabilecek bir çalışma niteliğindedir. Çalışmada geliştirilen karar destek sistemi 1.2 milyon ha'lık İzmir ilinde uygulanmış ve dallı darı yetiştiriciliğine uygun olmayan 624.023 ha'lık tarım ve 428.878 ha'lık orman alanları gibi sahalar elenerek 49.612 ha'lık tarım dışı alanlar (marjinal alanlar) belirlenmiştir.

Çalışmada tarım ve orman alanları gibi arazi kullanımları hariç bırakılarak marjinal alanların belirlenmesiyle enerji yelpazesi genişletilirken, başta tarım yapılan alanlar ve kente nefes aldıran orman alanları korunmuştur. Dolayısıyla verimli tarım alanlarının yerleşim alanlarına; orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi, gıda tarımı için verimli tarım alanlarının enerji bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılması gibi arazilerin amaç dışı kullanımının önüne geçilmiştir.

İzmir ili için gerçekleştirilen örnek çalışmada, dallı darı yetiştiriciliği alanları ile ilgili yapılan değerlendirmeler, elde edilen veriler ve uzman görüşleri katkısıyla oluşturulduğu için çalışma sonuçlarının tezin yöntem ve metoduna göre

incelenmesi gerekir. Ancak bu durum geliştirilen metodolojinin kapasitesinin tartışılmasını gerektirmez; aksine geliştirilen metodoloji, dinamik ve değişken bir yapıya sahip olduğu için farklı veri tabanları ve uzman görüşleriyle sürekli ve zahmetsiz bir şekilde güncellenebilir. Bu durum çalışmanın ileride de geliştirmeye açık olduğunun göstergesidir.

Burada, sonuç haritalarında görüldüğü üzere yeryüzü objelerinin (yükseklik, eğim gibi) girdi olarak kullanıldığı çalışmalarda dinamik bir yapı göze çarpmaktadır. Arazinin fiziksel yapısı oldukça dinamik olduğundan (kısa aralıklarla farklılaşabildiğinden) bu yapıya ait CBS verilerinde (kriterlerinde) yapılacak herhangi bir uygunluk aralığı değişimi, sonuç haritalarda bulunan uygun sahaların sayılarında veya büyüklüklerinde değişikliklere neden olabilir. CBS teknolojisi ve bu konuda yetiştirilmiş uzman personeller sayesinde bu şekildeki saha uygunluk analizleri kısa zaman aralığında gerçekleştirilmektedir. Ayrıca girdi olarak kullanılan kriter verilerin güncellenebilmesi veya başka kriterlerin karar destek modeline zahmetsizce eklenebilmesi bu teknolojinin neden tez çalışmasında kullanıldığının önemli birer göstergesidir. Uzaktan algılama ise CBS için veri kaynağı oluşturmuş ve bu teknoloji sayesinde güncel uydu verileri ile uygun sahaların monitörize edilmesi sağlanmıştır.

Yapılan bu çalışmaya ek olarak sorulacak sorulardan biri, bulunan bu alanların İzmir için yeterli yakıt üretimini sağlayıp sağlayamayacağına yönelik olabilir.

İzmir ilinde gerçekleştirilen akaryakıt tüketimi yaklaşık 594 bin 210 ton (ulaşılan 2011 verilerine göre) civarındadır (Zaman Ekonomi, 2015). Bu da yaklaşık 786 milyon litre anlamına gelmektedir. Yani şehir, yaklaşık 786 milyon litre yakıta ihtiyaç duymaktadır.

Dallı darının biyoetanol verimi ise yaklaşık 1 akre başına 1150 galondur (Grist, 2015). Bu da 10758 [lt/ha] olarak ifade edilebilir. Yani bir hektarlık alandan 10758 litre yakıt elde edilebilmektedir. Acaroğlu'nun (2007) belirttiği üzere m^2'de 400 dallı darı bitkisi yetişebilir ve bu bir hektarda 4 milyon bitki anlamına gelmektedir.

Birinci örnek olarak Senaryo-1'in sonuçlarına baktığımızda; dallı darı yetiştiriciliği için orta uygunluk ve üstü uygunluğa sahip alanların toplamının yaklaşık **18899 ha** civarında olduğu hesaplanmıştır. Dallı darının hektar başına verimi hesaba katıldığında buradan elde edilecek yakıt miktarı yaklaşık **203 milyon 319 bin** litredir. Bu senaryoda eğim ve yüksekliğin uygunluk aralığı düşük olduğundan elde edilen yakıt miktarı çalışmanın asgari değeri olarak adlandırılabilir.

Başka bir örnek olan Senaryo-3'te ise yetiştiricilik için orta ve üstü uygunluğa sahip alanların toplam büyüklüğü yaklaşık **28484 ha**'dır. Eğim ve yüksekliğin uygunluk aralığı değeri diğer senaryolara göre daha fazla olan bu senaryodan elde edilebilecek yakıt miktarı ise yaklaşık **306 milyon 434 litre**dir.

Buradan görüldüğü üzere bulunan alanlarda yapılan ekicilik sonucu şehrin yakıt ihtiyacının yaklaşık % 40'a yakını enerji bitkisi yetiştiriciliği ile karşılanabilir. Hem de bu değere besin zinciri için önemli olan bitkilerin yetiştirilebileceği tarım alanları ve orman alanları kullanılmadan ulaşılmıştır. Elde edilen rakamlar özellikle ülkenin nüfus açısından üçüncü büyük şehri için büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizin geneline bakıldığında ise hammadde ihtiyacının yerli kaynaklardan sağlanmasına yönelik, 1 milyon 900 bin hektar kullanılmayan tarım arazisi, **5 milyon hektar** nadas alanı ve şekerpancarı ile tütüne kota uygulanan araziler bulunmaktadır. Bu alanlar, enerji bitkileri tarımı için marjinal alanlar olarak değerlendirildiğinde fazlası ile ihtiyaç duyulan alan karşılanabilir (Gizlenci, Ş. ve Acar, M., 2008). Ülke topraklarının %0.8'ini kapsayan 5 milyon hektarın kullanılması, yaklaşık 33 milyon ton (43 milyar litre) akaryakıt tüketimine (Enerji Enstitüsü, 2015) karşılık 53 milyar biyoetanol üretimi demektir ve ihtiyacın fazlasıyla kazanılması mümkün olur.

Böylece enerji dışa bağımlılığının azaltılması, enerjiye ödenen paranın yurt içinde kalması ve halkın -özellikle kırsal halkın- ekonomik kalkınması bir arada sağlanabilir. Enerji bitkileri ve biyoyakıtlar sektörel raporuna göre; biyodizel ve biyoetanol için ihtiyacın karşılanması üretimden tüketime 180 bin kişiye dolaylı iş

imkanı ve ihtiyacın tamamen yurt içinden karşılanması biyodizel için 250 milyon dolar, biyoetanol için 135 milyon dolar döviz tasarrufu anlamına gelmektedir (Gizlenci, Ş. ve Acar, M., 2008).

Bu çalışmayı ileride yapmak isteyen kişiler ise özellikle bu önerileri değerlendirmelidir:

Sektörel raporda enerji tarımı için kullanılabilecek 1 milyon kullanılmayan tarım arazisinden bahsedilmektedir. Yapılan tez çalışması özellikle verimli tarım arazilerinin enerji tarımı için kullanılmamasını önermektedir. Bu alanlar gelecekte artan nüfusa gıda üretimi için tahsis edilecek şekilde korunmalıdır.

Ülkemizde sınırlı veri bulunması sonucu bazı kriterlere ulaşılamamıştır. Bu modele eklemek üzere drenaj, toprak deseni, toprak rengi, arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK), su tutma kapasitesi, erozyon sınıfları gibi çalışmaya uygun birçok kriter eklenebilir. Her çalışmada karşılaşılaşılacak zorluk ulusal bir veritabanı ağının olmaması olduğundan kriterler belirlendikten sonra ulusal veya uluslararası fark etmeksizin tüm veritabanları taranmalıdır. Bu çalışmada kullanılan veritabanları da açık kaynaklıdır ve gelecek çalışmalarda kullanılabilir.

Model bitki değiştirilebilir; özellikle daha fazla yakıt verimliliğine sahip bitkiler kullanılabilir. Burada amaçlanan yetiştirme için fazla girdiye ihtiyaç duymayan (su, gübre vb.) ve alan başına yakıt üretimi yüksek bitkilerin model bitki olarak seçilmesidir. Gelecekte dallı darı bitkisinden daha verimli ve daha iyi toprak koruma özelliklerine sahip olan bitkilerin seçilmesi yukarıda hesaplanan yakıt miktarını arttırabilir. Model bitki değiştirildiğinde ise bazı faktörlerin standardizasyon öncesi uygunluk aralıklarının bitkiye göre düzenlenmesi gerekeceği unutulmamalıdır.

Model bitki olarak çok yıllık bitkiler yerine gıda tarımı dışında kalan tek yıllık bitkiler, bitki çevrimi içinde değiştirilerek kullanılabilir. Böylece toprak verimliliği arttırılabilir. Bitki çevrimi sırasında ise aynı alanda üretim için birbirine yakın bitki ailelerinde bulunan türlerin seçilmesi önerilebilir.

AHP çalışması için karar verici sayısı ve çeşitliliği arttırılabilir. Ancak karar verici sayısı çok fazla tutulursa sonuçlar ortalama bir değere yaklaşır ve kriterlerin önem dereceleri giderek ayırt edilemeyebilir. Karar verici sayısına olabildiğince dikkat edilmelidir.

Yapılacak diğer çalışmalara önerilecek en önemli konulardan bir diğeri ise bu çalışmada olduğu ve üzerinde önemle durulduğu gibi orman alanlarının ve doğal koruma alanlarının kesinlikle korunmasının sağlanmasıdır. Bu bölgeler çalışma alanından kesinlikle elenmelidir. Böylece arazilerin yanlış kullanılmasının önüne geçilebilir ve yüksek karbon tutma kapasitesine sahip orman alanları ile yüksek biyoçeşitliliğe sahip doğal koruma alanlarının korunması sağlanabilir

KAYNAKLAR DİZİNİ

Acar, M., 2013, Enerji tarımı, Tusaf Buğday, Un, İklimsel Değişiklikler ve Yeni Trendler Kongre ve Sergisi, Antalya, 44s.

Acaroğlu, M., 2007, Alternatif Enerji Kaynakları, Genişletilmiş İkinci Baskı, Nobel Yayınları, Ankara, 609s.

Akınerdem, F. ve Öztürk, Ö., 2007, Biyoyakıtlar ve enerji tarımı, Enerji Güvenliği, Enerji Tarımı, Küresel Isınma açısından Biyoyakıtlar Uluslararası Sempozyumu, TOBB Üniversitesi-Ankara, 26s.

Al-Hanbali. A., Alsaaideh, B. and Kondoh, A., 2011, Using GIS-Based Weighted Linear Combination Analysis and Remote Sensing Techniques to Select Optimum Solid Waste Disposal Sites within Mafraq City, Jordan, Journal of Geographic Information System, 3, doi:10.4236/jgis.2011.34023, 267-278pp.

Altınbaş, Ü., 2006, Toprak Etüd ve Haritalama, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 2.Baskı, No:521, ISBN: 975-483-703-1, Bornova-İzmir, 189s.

Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2002, Uzaktan algılama görüntülerinde dijital görüntü işleme ve RSImage yazılımı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu,16-18 Ekim, Konya, 9s.

Ar, F., 2008, Biyoyakıtlar tehdit mi - Fırsat mı?!, Mühendis ve Makine, Cilt:49, Sayı:581, 3-9s.

Arrhenius, S., 1896, On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground, Philosophical Magazine and Journal of Science, Fifth Series, Volume:41, London, Edinburgh and Dublin, 237-276pp.

ArcGIS (Geographic Information System) Help, "Stretch function", http://resources.arcgis.com/EN/HELP/MAIN/10.1/index.html#//009t00000059000000 (Erişim Tarihi: 26 Eylül 2015)

ArcGIS (Geographic Information System) Help, "http://help.arcgis.com/En/Arcgisdesktop/10.0/Help/index.html#//009t00000059000000", (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2015)

Arias, E.F., 2008, Categorization of Soil Suitability to Crop Switchgrass at Mississippi, Using Geographic Information System, Multicriteria Analysis and Sensitivity Analysis, A Thesis for the Degree of Master of Science in the Department of Geosciences, Faculty of Mississippi State University, Mississippi, 164p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Asakereh, A., Omid, M., Alimardani, R. and Sarmadian, F., Developing a GIS-based Fuzzy AHP model for selecting solar energy sites in Shodirwan Region in Iran, International Journal of Advanced Science and Technology, Vol.68, http://dx.doi.org/10.14257/ijast.2014.68.04, 37-48pp.

Aydın, A. ve Eker, R., 2011, CBS tabanlı bulanık üyelik modeliyle eğim haritalarının hazırlanması ve klasik yöntemle karşılaştırılması: Çığ risk değerlendirme uygulaması, 1. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Kahramanmaraş, 206-212s.

Aydın, N.Y., Kentel, E., Düzgün, H.S., 2013, GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey, Energy Conversion and Management, 70, 90-106pp.

Aydoğdu, M., Tarini, M., Akçar, H.T., Aydemir, A., 2009, Harran ovasında coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile tarım arazilerinde amaç dışı kullanımın tespiti, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım, İzmir, 5s.

Bilişim Dergisi, "http://www.bilisimdergi.com/Bulanik-Mantik-2-2.html", (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2015)

Aytekin, A. ve Kaygın, B., 2005, Bilgisayar destekli kuruluş yeri seçimi, Gazi Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Kastamonu, Cilt:5 No:2 ISSN 1303-2399, 213-226pp.

Blankenship, R.E., 2014, Molecular Mechanisms of Photosynthesis, Second Edition, JohnWiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester,West Sussex, PO19 8SQ, UK, ISBN 978-1-4051-8976-7 (cloth) – ISBN 978-1-4051-8975-0 (pbk.), QK882.B56 2014, 296p.

Boğaziçi Üniversitesi KRDAE Jeodezi Anabilim Dalı, "CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi", jeodezi.boun.edu.tr/files/dosyalar/files/CBS_BUKRDAE_GED.pdf (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2015)

Brummer, E.C., Burras, C.L., Duffy, M.D. and Moore, K.J., Switchgrass Production in Iowa: Economic analysis, soil suitability, and varietal performance, University of Tennessee Battelle LLC, 20p.

Charabi, Y. and Gastli, A., 2011, PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation, Renewable Energy, 36, 2554-2561pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Cısdık, İ., 2008, Türkiye'de Enerji Tarımı Enerji Ormancılığı ve Agroforestrisi Uygulamalarının Yaygınlaştırılması, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 358s.

Coğrafya Dünyası, 2015, İzmir, "http://cografya.gen.tr/tr/izmir/", (Erişim Tarihi: 3 Aralık 2015)

Çabuk, A., Avdan, U., Cömert, R., Uyguçgil, H., Şorman, A., Küpçü, S., Bektöre, E., Işık, Ö., 2011, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını, 1245, ISBN: 978-975-06-0920-6, Eskişehir, 316s.

Denhez, F., 2007, Küresel Isınma Atlası. 1. Baskı, NTV Yayınları, ISBN: 978-975-6690-68-0, 82s.

Derviş, R., 2015, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) Yöntemi ile Lojistik Tesislerin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara, 196s.

Diercke International Atlas, " www.diercke.com", (Erişim Tarihi: 22 Eylül 2015)

Dikilitaş, M., 2012, Bitkilerde strese karşı yeni yöntemler: Mikroorganizmalar ve halofit bitkiler, KSÜ Doğa Bilim Dergisi, 15(4), 64-65s.

Doğan, U., 2010, Üretim-İşlemler yönetimi ders notları, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalı, İzmir, 104s.

Duru, B., 2002, Viyana'dan Kyoto'ya iklim değişikliği serüveni, A.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Mülkiye Dergisi, C. XXV, Eylül-Ekim, 230s.

Duygu, E. ve Cısdık, İ., 2011, Biyokütle enerjisi için yetiştiriciliğin etkileri konusunda araştırmalar II. bilgi birikimi ışığında Türkiye'deki sosyo-ekonomik etki potansiyeli, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, Cilt:3, Sayı:1, Haziran 2011, 9-24s.

Düzgün, Ş., 2010, Uzaktan algılamaya giriş ders notları, Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu-TÜBA, Ankara, 64s.

Düzgün, Ş., 2010, Coğrafi bilgi sistemlerine giriş ders notları, Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu-TÜBA, Ankara, 62s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Düzgün, Ş., 2010, Veri görüntü önişleme, Uzaktan Algılamaya Giriş Ders Notları, Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu-TÜBA, Ankara, 114s.

Eastman, J.R., 2015, TerrSet Manual, Clark University, 392p.

Eastman, J.R., 2015, TerrSet Tutorial, Clark University, 487p.

Eitzinger, A. and Laderach, P., 2013, Ecocrop suitability modeling, Data Analysis Workshop and Adaptation Strategy Development, Arusha, Tanzania, 20p.

Eitzinger , A., Carmona, S., Argote, K., Laderach, P. and Jarvis, A., 2015, Climate impacts and resilience in Carribean agriculture: Assessing the consequences of climate change on cocoa and tomato production in Trinidad & Tobago and Jamaica (CIRCA), University of West Indies, January, 31p.

Energy From Waste and Wood, "http://energyfromwasteandwood.weebly.com/generations-of-biofuels.html", (Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015)

Enerji Enstitüsü, "http://enerjienstitusu.com/2014/07/11/turkiyenin-petrol-tuketimi-yuzde-5-7-artarak-33-1-milyon-ton-oldu/", (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2015)

Erdal, L. ve Karakaya, E., 2012, Enerji arz güvenliğini etkileyen ekonomik, siyasi ve coğrafi faktörler, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt. XXXI, Sayı. 1, 107-136s.

Erden, T. ve Coşkun, M.Z., 2010, Acil durum servislerinin yer seçimi: Analitik hiyerarşi yöntemi ve CBS entegrasyonu, İtüdergisi/d Mühendislik, Cilt:9, Sayı:6, 37-50s.

Erden, T. ve Coskun, M.Z., 2011, Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi yardımıyla itfaiye istasyon yer seçimi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan, Ankara, 8s.

Farajzadeh, M., Taghilo, A. and Safa, M., 2013, The wind energy potential zoning using GIS and Fuzzy Mcdm based approach; study area: Zanjan Province-Iran, 3rd International Geography Symposium - GEOMED 2013, 71-82pp.

Fiorese, G. and Guariso, G., 2009, A GIS-based approach to evaluate biomass potential from energy crops at regional scale, Environmental Modelling & Software, 25, 702–711pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Fischer, G., Prieler, S., Velthuizen, H., Berndes, G., Faaij, A., Londo, M. and Wit, M., 2009, Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios, Biomass and Bioenergy, Elsevier, 1-15pp.

Gastli, A., Charabi, Y. and Zekri, S., 2010, GIS-based assessment of combined CSP electric power and seawater desalination plant for Duqum-Oman, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 821–827pp.

Gore, A., 2009, Tercih Sizin, Çeviren Seda Toksoy. Optimist Yayınları. ISBN 978-605-5655-60-0, 405s.

GIS (Geographic Information System) Commons, "http://giscommons.org/introduction-concepts/" Erişim Tarihi (11 Kasım 2015)

Gizlenci, Ş. ve Acar, M., 2008, Enerji bitkileri tarımı ve biyoyakıtlar (biyomotorin, biyoetanol, biyomas): Enerji bitkileri ve biyoyakıtlar sektörel rapor, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun, 18s.

Grist, "http://grist.org/article/biofuel-some-numbers/",(Erişim Tarihi: 26 Aralık 2015)

Haaren, R. and Fthenakis, V., 2011, GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 3332– 3340pp.

Heilig, G.K., 2015, UN World Population Prospects, the 2015 Revision, International School on Energy Systems of the Forschungszentrum Jülich, Kloster Seon, Germany, September 7-11, 73p.

Hendricks, R.C. and Bushnell, D.M., 2008, Halophytes energy feedstocks: Back to our roots, The 12th International Symposium on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery, Honolulu, Hawaii, February 17-22, ISROMAC12-2008-20241, 11p.

Hewitt, W.J., 1997, Economic Feasibility of Switchgrass Production and Utilization in Tennessee, A dissertation for Doctor of Philosophy Degree, The University of Tennessee, Knoxville, 124p.

Houghton, J.T., 2009, Global Warming: The Complete Briefing, Cambridge University Press, ISBN-13 978-0-511-53365-5, 438p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Janke, J.R., 2010, Multicriteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado, Renewable Energy, 35, 2228-2234pp.

Joint Liaison Group of the Rio Conventions, 2008, FORESTS: Climate change, biodiversity and land degradation, 10p.

Kapluhan, E., 2014, Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: Biyokütle enerjisinin dünyadaki ve Türkiye'deki kullanım durumu, Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı: 30, DOI: 10.14781/MCD.2014308146, ISSN:1303-2429, E-ISSN 2147-7825, İstanbul, 97-125s.

Karaca, C., 2013, Türkiye'de sürdürülebilir tarım politikaları: Tarım sektöründe atıl ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi, Tarım Ekonomisi Dergisi, 19(1): 1-11s.

Kavzoğlu, T., Şahin, E.K., Çölkesen, İ., 2010, CBS tabanlı çok kriterli karar analizi yöntemiyle heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi: Trabzon ili örneği, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze, Kocaeli, 10s.

Kışlalıoğlu M. ve Berkes F., (2012). Çevre ve Ekoloji. 13. Basım, Remzi Kitabevi, ISBN 978-975-14-1413-7, 280s.

Koç, A., Yener, H., Çoban, H.O., 2006, LANDSAT ETM verilerinde topoğrafik normalizasyonun sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Cilt:56, Sayı:2, İstanbul, 57-75s.

Koçar, G., Eryaşar A., Bayrakçı, A.G., Çelebi, B.H., Neptün E.A., Salmanoğlu, F., Seven G., Elibol H.A., Çeliktaş M.S., Çubukçu, M., Güneş, M., Çetin, N.S., Perinçek, O., Ersöz Ö., Ünalan S., Arıcı, Ş., 2012, İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, 175s.

Koikai, J.S., 2008, Utilizing GIS-based suitability modeling to assess the physicalp potential of bioethanol processing plants in Western Kenya, Vol:10, Papers in Resource Analysis, Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press. Winona, MN, 12 p.

Köktürk, E., 2003, Coğrafi bilgi sistemi (CBS) ne değildir?, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı: Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Selçuk Üniversitesi, Konya, 24-25-26 Eylül, 17s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, 2001, Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi kullanım sınıfları tespiti çalışması, Ankara, 176s.

Küçükönder, M. ve Karabulut, M., 2007, Çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak Kahramanmaraş'ta çöp depolama alanı tespiti, Coğrafi Bilimler Dergisi, 5 (2), 55-76s.

Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A. and Laderach, P., 2011, Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The Ecocrop model and a case study with grain sorghum, Agricultural and Forest Meteorology, DOI: 10.1016/jagrformet.2011.09.005, 28p.

Lewis, S.M. and Fitts, G., 2014, A fuzzy logic-based spatial suitability model for drought-tolerant switchgrass in the United States, Computers and Electronics in Agriculture, DOI: 10.1016/j.compag.2014.02.006, 39-47pp.

Lynas, M., 2009, Karbon Ayak İziniz: Karbon Kirliliğini Düşürmek İçin Basit Yöntemler, Açık Radyo Kitapları, ISBN-13: 978-975-342-711-1, 169s.

Mackay, D.J., 2009, Sustainable Energy-Without The Hot Air, ISBN 978-0-9544529-3-3, UIT, Cambridge, England, 383p.

Maslin, M., 2011, Küresel Isınma, Dost Yayınevi, ISBN 978-975-298-445-5, 200s.

Maxson, M.L., 2007, Fuzzy Logic Techniques Applied To A Switchgrass Ecological Site Suitability Model For The State of Mississippi, A Thesis for the Degree of Master of Science, Faculty of Mississippi State University Geographic Information Systems in the Department of Geosciences, UMI Number: 1451419, Mississippi, 98p.

McLaughlin, S., Bouton, J., Bransby, D., Conger, B., Ocumpaugh, W., Parrish, D., Taliaferro, C., Vogel, K. and Wullschleger, S., 1999, Developing switchgrass as a bioenergy crop, ASHS Press, Alexandria, VA, 282-299pp.

McLaughlin, S. and Walsh, M.E., 1998, Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy, Biomass and Bioenergy, Vol. 14, No. 4, 324-317pp.

Memduhoğlu, A., Özmen, G., Göycek, G., Kılıç, F., 2014, Rüzgar türbini kurulacak alanların CBS-Çok ölçütlü karar analizi kullanılarak belirlenmesi: Davutpaşa Kampüsü, V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim, İstanbul, 10s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Monti, A., 2012, Switchgrass: A Valuable Biomass Crop for Energy, Springer, ISBN 978-1-4471-2903-5, 209p.,

Musaoğlu, N., 2014, Temel uzaktan algılama, Uzaktan Algılama Eğitimi, 16 Nisan, 16s.

Narin, M., 2008, Dünyada ve Türkiye'de enerji tarımı. 2. Ulusal İktisat Kongresi, DEÜ İİBF İktisat Bölümü, 20-22 Şubat, İzmir, 18s.

NTV Arşiv, " http://arsiv.ntv.com.tr/news/472517.asp", (Erişim Tarihi: 25 Kasım 2015)

Netcad, "Veri yapıları/Raster-vektör", http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=106727005 (Erişim Tarihi: 23 Kasım 2015)

Osborne, C.P. and Beerling D.J., 2006, Nature's green revolution: the remarkable evolutionary rise of C4 plants, Phil. Trans. R. Soc. B, 361, doi:10.1098/rstb.2005.1737, 173–194pp.

Ömürbek, N., Üstündağ, S., Helvacıoğlu, Ö.C., 2013, Kuruluş yeri seçiminde analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanımı: Isparta Bölgesi'nde bir uygulama, Yönetim Bilimleri Dergisi Cilt: 11, Sayı: 21, 101-116s.

Özdemir, İ., 2004, Orman envanterinde uydu verilerinden yararlanma olanakları, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 1, ISSN: 1302-7085, 84-96s.

Özşahin, E. ve Kaymaz, Ç.K., 2013, Rüzgar enerji santrallerinin (RES) yapım yeri seçimi üzerine bir CBS analizi: Hatay örneği, Türk Bilim Araştırma Vakfı TÜBAV Bilim Dergisi, Cilt:6, Sayı: 2, 1-18s.

Pareta, K., 2013, Remote sensing and GIS based site suitability analysis for tourism development, International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences, Vol:2, No:5, ISSN: 2278-6252, 58p.

Riffenburgh, B., 2012, Antik Dönemden Günümüze Haritacılar, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, ISBN: 978-605-360-640-6, İstanbul, 96s.

Saaty, T.L., 2008, The analytic hierarchy and analytic network measurement processes: Applications to decisions under risk, European Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol.1, No. 1, ISSN 1307-5543, 122-196pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Sagan, C., 2011, Milyarlarca ve Milyarlarca: Milenyumun Eşiğinde Yaşam ve Ölüm Üzerine Düşünceler, Çevirmen Füsun Baytok, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 282s.

Sage, R.F. and Monson, R.K., 1999, C4 Plant Biology, Academic Press, California, USA, 599p.

Sağır, C., 2006, Karar Verme Sürecini Etkileyen Faktörler ve Karar Verme Sürecinde Etiğin Önemi: Uygulamalı Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne, 219s.

Sarptaş, H., 2006, Implementation of Decision Support Systems for Landfill Sites, A Thesis for Degree of Doctor of Philosophy, Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences; Environmental Engineering, İzmir, 155p.

Slack, C.R. and Hatch, M.D., 1966, Comparative studies on the activity of carboxylases and other enzymes in relation to the new pathway of photosynthetic carbondioxide fixation in tropical grasses, Biochem. J., 103, 660, Queensland, Australia, 660-665pp.

Soylu, S., 2013, "Enerjinin Yeni Bitkisi Dallı Darı Keşfedilmeyi Bekliyor", http://www.haberler.com/enerjinin-yeni-bitkisi-dalli-dari-kesfedilmeyi-4890975-haberi/ (Erişim Tarihi 05 Ağustos 2015)

Soylu, S., 2012, Alternatif bir biyoyakıt bitkisi olarak dallı darının (Panicum virgatum L.) Türkiye'de yetiştirme teknikleri, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 8 (3), 257-263s.

Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B., 2013, Uzaktan Algılama, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını, No:2320, ISBN 978-975-06-0995-4, 210s.

Schmer, M.R., Liebig, M.A., Vogel, K.P. and Mitchell, R.B., 2011, Field-scale soil property changes under switchgrass managed for bioenergy, GCB Bioenergy, doi: 10.1111/j.1757-1707.2011.01099.x, 10p.

Thapa, N., 2012, Agro-Climatic and Land Suitability Mapping for Switchgrass Grown As a Bioenergy Crop in North Dakota, A Thesis for Master of Science, University of North Dakota, Grand Forks, North Dakota, 140p.

Timmons, D., Allen, G. and Damery, D., 2008, Biomass energy crops: Massachusetts' potential, Massachusetts Division of Energy Resources and Massachusetts Department of Conservation & Recreation, 26p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

TC Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005, Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, ISBN 975-7347-51-5, Ankara, 111s.

TC Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, Harita-Tapu-Kadastro Veri Toplama, 460MI0027, Ankara, 57s.

Temiz, M.S. ve Doğan, S., 2005, Dijital görüntülerin rektifikasyonu: Sensör modelleri, geometrik görüntü dönüşümleri ve yeniden örnekleme, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan, Ankara, 10s.

Tenenbaum, D.J., 2008, Food vs.Fuel: Diversion of crops could cause more hunger, Environmental Health Perspectives, Vol:116, No:6, 254-257pp.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2015, Haber Bülteni, "http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18616", (Erişim Tarihi: 3 Aralık 2015)

Uludağ, A.S. ve Deveci M.E., 2013, Kuruluş yeri seçim problemlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması ve bir uygulama, AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:13, Yıl:13, Sayı:1, 257-287s.

Ural, Ş., 2004, Puslu (Fuzzy) mantık, Mantık, Matematik ve Felsefe 1. Ulusal Sempozyumu, 26-28 Eylül, Assos-Çanakkale, 43-60s.

USGS (United States Geological Survey), "http://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php", (Erişim Tarihi: 16 Ekim 2015)

Uyan, M., 2013, GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28, 11–17pp.

Uygunol ve Durduran, S.S., 2008, Elektromanyetik kirlilik haritalarının coğrafi bilgi sistemi (CBS) yardımıyla oluşturulması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ankara Şubesi I. CBS Günleri Sempozyumu, 19 – 21 Kasım, Ankara, 306-364s.

Yanmaz, A.M. ve Usul, N., 2006, Kavramsal Su Mühendisliği, ODTÜ Bilim ve Toplum Kitapları Dizisi, ISBN 978-9944-344-08-7, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 144s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Qin, X., Mohan, T., El-Halwagi, M., Cornforth, G. and McCarl, B.A., 2006, Switchgrass as an alternate feedstock for power generation: An integrated environmental, energy and economic life-cycle assessment, Clean Techn Environ Policy, DOI 10.1007/s10098-006-0065-4, 8:233–249pp.

Wang, Q., M'Ikiugu, M.M. and Kinoshita I., 2014, A GIS-Based Approach in Support of Spatial Planning for Renewable Energy: A Case Study of Fukushima, Japan, Sustainability, 6, doi:10.3390/su6042087, 2087-2117pp.

Wang, W.W., 2012, Three Essays on Climate Change Impacts, Adaptation and Mitigation in Agriculture, A Thesis for Degree of Doctor of Philosophy, Texas A&M Univesity, 178p.

Warner, A., 2015, Understanding the interaction: Climate change, air pollution, and energy consumption, International School on Energy Systems (ISES 2015) Institute of Energy and Climate Research , Troposphere, 43p.

Worldmapper, "www.worldmapper.org", (Erişim Tarihi 17 Ekim 2015)

Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338-353pp.

Zadeh, L.A., 1995, Discussion: Probability theory and Fuzzy Logic are complementary rather than competitive, Technometrics, Vol:37, No:3, 271-276pp.

Zaman Ekonomi, "http://www.zaman.com.tr/ekonomi_iste-turkiyenin-akaryakit-tuketim-haritasi_1122630.html", (Erişim Tarihi: 26 Aralık 2015)

Zeydan, Ö., 2013, "CBS veri yapıları", http://cevre.beun.edu.tr/zeydan/ (Erişim Tarihi: 26 Eylül 2015)