

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Okan YELER

**SEYHAN HAVZASI ÖRNEĞİNDE KİŞİ REKREASYON ALANI
BELİRLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA VE CBS TABANLI
MODEL GELİŞTİRME**

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

DOKTORA TEZİ

SEYHAN HAVZASI ÖRNEĞİNDE KIŞ REKREASYON ALANI BELİRLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA VE CBS TABANLI MODEL GELİŞTİRME

Okan YELER

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl: 2021, Sayfa: 176
Jüri : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
: Prof. Dr. Şevket ALP
: Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ
: Doç. Dr. Serkan KEMEÇ

Seyhan üst havzasında kış için uygun rekreasyonel alanların belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, kış rekreasyonu için oldukça önemli bir bileşen olan doğal kar örtüsünün zamansal ve yersel dağılım tahminleri, Uzaktan Algılama ve CBS yöntemlerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, alan kullanım uygunluk haritaları ile birlikte kullanılan optik ve radar veri setleri ile potansiyel alanların uygunluklarının saptanması için Uzaktan Algılama ve CBS tabanlı bir model geliştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, çok kriterli analiz yöntemleri kullanılarak oluşturulan haritalarla kayak pistleri tesis edilebilmesi için başlangıç, orta ve profesyonel düzeyde uygun alanlar belirlenmiştir.

Daha sonra bu alanlar kapsamında yer alan alt havza örneğinde süreç tabanlı J2000 hidrolojik model yaklaşımı kullanılarak kar örtüsü bileşenleri tahmin edilmiştir. Belirlenen bu alanlarda radar veri seti (2016-2020) kullanılarak interferometri yöntemi ile kar kalınlıklarının (Aralık-Ocak) kış dönemi içerisindeki değişimlerine bakılarak alanda karın düzenli bir yoğunluk ve hacimde kalıcılığı test edilmiştir. Sonuç verileri üretilirken önem derecesi yüksek olan kar faktöründen uygun alanların belirlenmesinde daha fazla yararlanılmıştır. Ayrıca söz konusu alanların sürdürülebilir kullanımları için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kış Rekreasyonu, Kayak Merkezi, Alan Kullanım Uygunluğu, Hidrolojik Modelleme, Interferometri

ABSTRACT

PHD THESIS

DEVELOPING A GIS AND REMOTE SENSING BASED MODEL TO DETERMINE WINTER RECREATION AREAS IN THE CASE OF SEYHAN BASIN

Okan YELER

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE

Supervisor : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Year: 2021, Pages: 176
Jury : Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
: Prof. Dr. Şevket ALP
: Assoc Prof. Dr. Cenk DÖNMEZ
: Assoc Prof. Dr. Serkan KEMEÇ

The aim of this study was to determine suitable winter recreational areas in the upper basin of Seyhan, temporal and spatial distribution of snow cover as a major component of winter recreation was estimated using Remote Sensing and GIS methods. For this purpose, optical and radar data sets were used together with land suitability maps to develop GIS and Remote Sensing based model. In addition, suitable areas to establish ski runs for beginner, intermediate and professional level users were determined and mapped using multi-criteria analysis.

Then, snow cover components were estimated using the process-based J2000 hydrological model approach in the sub-basin scale in the study area. The changes in snow thicknesses (December-January) during the winter period were assessed using the radar data set (2016-2020) and interferometry for density and volume of snow in the region. The snow factor, which has the highest importance, was used as the major determining factor to map the appropriate areas. Additionally, suggestions were developed for the sustainable use of these areas.

Keywords: Winter Recreation, Ski Resort, Land Use Suitability, Hydrological Modelling, Interferometry

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Kış sporları altında yapılan rekreasyonel faaliyetler, genelde kar dinamiklerine bağlı olarak gerçekleşir. Bu anlamda, dağlık alanlarda planlanan kış rekreasyon aktiviteleri için uygun alan belirleme ve özellikle kış turizm altyapılarının geliştirilmesi ve tesislendirilmesi için kar kalınlığı ve karın kalma süresi gibi faktörler oldukça önemli bileşenlerdir. Bu nedenle, kış rekreasyonu planlamasında ve yönetiminde alanın fiziki koşullarının yanı sıra kar potansiyeli, ulaşım, bakım, güvenlik gibi pek çok faktör dikkate alınmalı ve ayrıca zamansal ve yersel kar dağılımı için güvenilir tahminlerinin yapılabilmesi için kar-su eşdeğerinin zamansal değişimleri ve kar birikim bileşenlerinin değerlendirilmesi gerekir.

Peyzaj planlama çalışmalarında potansiyel alanlarının seçimi ve uygunluklarının belirlenmesinde Uzaktan Algılama ve CBS yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle kış rekreasyon aktiviteleri için belirlenecek alanlardaki kar dinamiklerinin zamansal ve yersel dağılım tahminleri, sürdürülebilir planlama hedef ve konuları içerisinde yer alır.

Seyhan Havzası, coğrafi konumu sayesinde farklı mevsimlerde farklı rekreasyon aktivitelerine imkan sağlayacak iklimsel ve topografik şartlara sahiptir. Bu çalışmada, Seyhan (Üst) Havzası'ndaki dağlık alanlarda kış rekreasyon alanı belirlemede uzaktan algılama metodlarının kullanılabilirliği ve buna bağlı olarak CBS tabanlı bir modelin geliştirilebilmesi hedeflenmiştir. Havza'daki bazı alanların mevsimsel kar dinamikleri ile uygun rekreasyon alanlarının önerilmesine dair bazı çalışmalar bulunmakla birlikte, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemleri ile beraber kullanılan güncel Optik ve Radar veri setleri sayesinde kış için uygun rekreasyon alanlarının belirlenmesi ve Uzaktan Algılama ve CBS tabanlı model geliştirilmesine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışma kapsamında, Seyhan (Üst) Havzası'nda karın kalma süresi verilerinin yanı sıra, eğim, eğim uzunluğu, güneşlenme şiddeti, nüfus yoğunluğu, yükseklik, yola yakınlık ve manzara değeri verilerinden de yararlanılarak kayak

tesislerinin yaklaşık uygunluk değerleri ile kayak sporcularına yapılan anket çalışmaları sonuçlarından yararlanılarak standardizasyon ve ağırlıklandırma işlemleri yapılmıştır. Havza'nın kış rekreasyonu için uygun alanlarının modellenmesinde ise yersel (uzaktan algılanmış optik ve radar verileri) ve zamansal (meteoroloji istasyonu verileri) verilerden oluşan geniş bir veri seti kullanılmıştır.

2015-2019 yılları arasındaki veri setleri gerçekleştirilen ilk aşamada, çok Kriterli Analiz (KA) yöntemleri kullanılarak oluşturulan sonuç haritaları ile kayak pistleri tesisleşmeleri için başlangıç, orta ve profesyonel düzeyde uygun alanlar tespit edilerek ayrı ayrı haritalanmıştır. KA haritaları oluşumu için sayısal yükseklik modeli, eğim, eğim uzunluğu, manzara değeri, kar süresi, yola uzaklık, nüfus yoğunluğu, güneşlenme şiddeti verilerinden yararlanılmıştır.

Daha sonra bu uygun alanlar içerisinde yer alan alt havza özelinde 2016-2020 (güncel) ve 2090-2100 (gelecek) tarih aralıklarında J2000 Hidrolojik Model yaklaşımı kullanılarak süreç tabanlı kar örtüsü bileşenleri tahmin edilmiştir. Bu bileşenler içerisinden kar kalınlığı verileri tespit edilerek, karın alt havza özelinde zamansal değişimi ortaya konulmuştur.

Diğer aşamada ise aynı tarihlerdeki (2016-2020) Radar veri setleri kullanılarak interferometri yöntemi ile çalışma alanı içerisinde uygun alan olarak belirlenen alanlar ile aynı alt havza özelinde kar kalınlıklarına bakılmıştır. Böylelikle Seyhan (st) Havzası'nda ve çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan bölgelerde karın kalma süresi başta olmak üzere, seçilen diğer kriterler kullanılarak gerçekleştirilen CBS tabanlı modelleme ile kış rekreasyonu için önerilen uygun alanlar, hidrolojik model ve interferometri yöntemleri yaklaşımları ile bölgedeki kar kalınlığı test edilerek desteklenmiştir. Ayrıca söz konusu alanlarda sürdürülebilirliğin sağlanması için, havzadaki küresel iklim değişikliği senaryoları da dikkate alınarak geleceğe yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışma ile rekreasyon alanlarının tasarım ve planlama süreçlerinde teknolojik alt yapılardan yararlanmanın önemi vurgulanırken, CBS ile uyumlu ve sürdürülebilir bir veri tabanı oluşturulmuştur.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile daima yol gösteren, aldığım tüm kararlarda desteğini yanımda hissettiğim değerli danışman hocam Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitelerim ve jürimde yer alan, desteklerini her zaman hissettiğim Doç. Dr. Cenk DÖNMEZ ve Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ'a, tez jüri üyelerim Prof. Dr. Şevket ALP ve Doç. Dr. Serkan KEMEÇ'e katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın her aşamasında yanımda olan Doç. Dr. Onur ŞATIR, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİLEK ve Dr. Öğr. Üyesi Muhterem KÜÇÜKÖNDER'e yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında bana zaman ayıran ve yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Belgin ELİPEK ÇAMUR'a katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın tüm aşamalarında desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen başta kıymetli babam Yılmaz YELER, annem Nevin YELER ve ablam Evin BURSAL olmak üzere tüm aileme, beni her daim mutlu ve huzurlu tutan kızım İnci YELER'e, bilgi ve deneyimleriyle her zaman yanımda olan değerli eşim ve meslektaşım Öğr. Gör. Sevim Tuğçe YELER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı hazırlamamda her zaman yanımda olan Arş. Gör. Müge KÜLAHLIOĞLU, Merve ŞAHİNGÖZ ve Gülnihal KURT'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Okan YELER

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
2.1. Seyhan Havzası Çalışmaları	9
2.2. Kış Rekreasyonu Çalışmaları.....	14
2.3. Çok Kriterli Analiz Çalışmaları	18
2.4. Synthetic Aperture Radar (SAR) ve Interferometrik Çalışmalar	21
2.5. MODIS Verisi ve Kar Alanları Çalışmaları.....	24
2.6. Hidrolojik Modelleme Çalışmaları	27
2.7. Yapılan Diğer Çalışmalar	29
3. MATERYAL VE METOD	33
3.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yapısı	33
3.2. Materyal	36
3.2.1. Çalışmada Kullanılan Yer Verileri ve Zaman Serisi Veri Özellikleri	36
3.2.1.1. Yol Ağları Verisi	37
3.2.1.2. İklim Verileri	39
3.2.1.3. Nüfus Verileri	43
3.2.1.4. Uydu Verileri	45
3.2.1.4.(1). ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) Veri Seti	45

3.2.1.4.(2). MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) Veri Seti	47
3.2.1.4.(3). J2000 Hidrolojik Modelleme Veri Seti	51
3.2.1.4.(4). SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) Veri Seti	53
3.2.1.4.(4) a. SAR Radar Uygulama Alanları ve Özellikleri	54
3.2.1.4.(4) b. Çalışma Kapsamında Kullanılan Radar Verileri	57
3.3. Metod	60
3.3.1. Kriterlerin Belirlenmesi ve Literatür Tarama Aşaması	62
3.3.2. Verilerin Toplanması ve Ön İşlemler Aşaması	63
3.3.3. Standardizasyon ve Ağırlıklandırma Aşaması:	64
3.3.4. Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemi Uygulama Aşaması:	66
3.3.5. J2000 Hidrolojik Modelleme Aşaması:	67
3.3.6. Interferometri Uygulaması ve Sonuç Verileri Oluşumu Aşaması:	69
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	73
4.1. Verilerin Düzenlenmesi	73
4.2. Çok Kriterli Karar Analizi Kriter Haritaları	73
4.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli Verisi	73
4.2.2. Eğim Verisi	74
4.2.3. Eğim Uzunluğu Verisi	78
4.2.4. Manzara Değeri Verisi	79
4.2.5. Kar Süresi Verisi	82
4.2.6. Yola Uzaklık Verisi	83
4.2.7. Nüfus Yoğunluğu Verisi	86
4.2.8. Güneşlenme Şiddeti Verisi	86
4.3. Verilerin Bulanık Mantık (Fuzzy) Yöntemi ile Standardizasyonu	89
4.4. Verilerin Ağırlıklandırılma İşlemi	102
4.5. Çok Kriterli Analiz Çalışmaları ve Uygun Alanların Belirlenmesi	103

4.6. J2000 Hidrolojik Modelleme Aşaması	111
4.6.1. Eğribük Alt Havzası Hidrolojik Modelleme Aşaması	111
4.7. Interferometri Aşaması	114
4.7.1 Eğribük Alt Havzası İnterferometri Aşaması.....	133
4.8. J2000 Hidrolojik Modelleme ve İnterferometri Karşılaştırması	139
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	155
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ	171
EKLER.....	172



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Çalışma Kapsamında Kullanılan Veriler	37
Çizelge 3.2. MODIS Veri Seti ve Özellikleri	47
Çizelge 3.3. Çalışmada Kullanılan MODIS Veri Seti Tarih ve Zaman Aralığı	49
Çizelge 3.4. Güncel Etkinlik Gösteren Başlıca Uzay Tabanlı SAR Sistemlerinin Özellikleri	58
Çizelge 3.5. Sentinel-1A Görüntüleme Modları	59
Çizelge 3.6. Seçilen Kriterlerin Önem Dereceleri.....	62
Çizelge 3.7. Kayak tesisi çalışma anketi örneği.....	65
Çizelge 4.1. Türkiye’de mevcut kayak merkezleri ve özellikleri	90
Çizelge 4.2. Verilerin bulanık mantık (fuzzy) yöntemi ile standardizasyon fonksiyonları	92
Çizelge 4.3. Kriterlerin ağırlıklandırılması	103
Çizelge 4.4. Eğribük Alt Havzası yıllık toplam akış bileşenleri modelleme sonuçları (1 Ekim 2016 – 31 Ocak 2020) ($1 \text{ km}^3 = 1 \text{ milyar m}^3$)	113
Çizelge 4.5. Eğribük Alt Havzası yıllık toplam akış bileşenleri gelecek modelleme sonuçları (2090-2100) ($1 \text{ km}^3 = 1 \text{ milyar m}^3$)	113
Çizelge 4.6. Çalışmada Kullanılan SAR Veri Seti Özellikleri.....	115



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Çalışma Alanı Konumu	35
Şekil 3.2.	Yol Ağları Verisi Görüntüsü	38
Şekil 3.3.	Ortalama Sıcaklık Verisi Görüntüsü	40
Şekil 3.4.	Ortalama Yağış Verisi Görüntüsü	41
Şekil 3.5.	Güneşlenme Süresi Verisi Görüntüsü	42
Şekil 3.6.	Nüfus Bilgileri Verisi Görüntüsü	44
Şekil 3.7.	ASTER Sayısal Yükseklik Modeli Verisi Görüntüsü	46
Şekil 3.8.	MODIS Uydu Verisi Görüntüsü.....	50
Şekil 3.9.	Eğribük Alt Havzasının Çalışma Alanı'nda Konumu	52
Şekil 3.10.	Genel SAR Sistem Diyagramı	53
Şekil 3.11.	Çalışma Alanından SAR Radar Yükseklik Verisi Örneği.....	54
Şekil 3.12.	Interferometrik SAR Tekniği Çalışma Biçimi	56
Şekil 3.13.	Faz'dan Yükseklik Bilgisi Eldesi	57
Şekil 3.14.	Çalışmada İzlenen Yöntemin Akış Şeması	61
Şekil 3.15.	J2000 Hidrolojik Modelleme Yöntemi Akış Şeması.....	67
Şekil 3.16.	Interferometri Yöntemi Akış Şeması.....	72
Şekil. 4.1.	Eğim Verisi.....	74
Şekil. 4.2.	Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Modeli Verisi.....	76
Şekil. 4.3.	Çalışma Alanı Eğim Verisi.....	77
Şekil. 4.4.	Çalışma Alanı Eğim Uzunluğu Verisi.....	80
Şekil. 4.5.	Çalışma Alanı Manzara Değeri Verisi.....	81
Şekil. 4.6.	Çalışma Alanı Kar Süresi Verisi	84
Şekil. 4.7.	Çalışma Alanı Yola Uzaklık Verisi.....	85
Şekil. 4.8.	Çalışma Alanı Nüfus Yoğunluğu Verisi.....	87
Şekil. 4.9.	Çalışma Alanı Güneşlenme Şiddeti Verisi	88
Şekil. 4.10.	Eğim Fonksiyonu Grafiği.....	94
Şekil. 4.11.	Eğim Uygunluğu Verisi.....	94

Şekil. 4.12. Eğim Uzunluğu Fonksiyonu Grafiği	95
Şekil. 4.13. Eğim Uzunluğu Uygunluğu Verisi	95
Şekil. 4.14. Güneşlenme Şiddeti Fonksiyonu Grafiği	96
Şekil. 4.15. Güneşlenme Şiddeti Uygunluğu Verisi	96
Şekil. 4.16. Yola Uzaklık Fonksiyonu Grafiği	97
Şekil. 4.17. Yola Uzaklık Uygunluğu Verisi	97
Şekil. 4.18. Yükseklik Fonksiyonu Grafiği	98
Şekil. 4.19. Yükseklik Uygunluğu Verisi	98
Şekil. 4.20. Kar Süresi Fonksiyonu Grafiği	99
Şekil. 4.21. Kar Süresi Uygunluğu Verisi	99
Şekil. 4.22. Manzara Değeri Fonksiyonu Grafiği	100
Şekil. 4.23. Manzara Değeri Uygunluğu Verisi	100
Şekil. 4.24. Nüfus Yoğunluğu Fonksiyonu Grafiği	101
Şekil. 4.25. Nüfus Yoğunluğu Uygunluğu Verisi	101
Şekil. 4.26. Kayak Tesisi Uygun Alanlar Haritası	106
Şekil. 4.27. Kayak Tesisi Başlangıç Düzey Uygun Alanlar Haritası	107
Şekil. 4.28. Kayak Tesisi Orta Düzey Uygun Alanlar Haritası	108
Şekil. 4.29. Kayak Tesisi Profesyonel Düzey Uygun Alanlar Haritası	109
Şekil. 4.30. Uygun Alan Görüntüleri	110
Şekil. 4.31. Uygun Alan Görüntüleri	110
Şekil. 4.32. Eğribük Alt Havzası Modellenen ve Gözlenen Günlük Akış Hidrografi	112
Şekil. 4.33. Eğribük Alt Havzası Aylık Gözlenen ve Modellenen Akım Dağılımları	112
Şekil. 4.34. Radar Interferometri Analiz Alanları	116
Şekil. 4.35. 2016 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi	118
Şekil. 4.36. 2016 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri	119
Şekil. 4.37. 2017 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi	120
Şekil. 4.38. 2017 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri	121

Şekil. 4.39. 2017 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi.....	122
Şekil. 4.40. 2017 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri.....	123
Şekil. 4.41. 2018 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi.....	124
Şekil. 4.42. 2018 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri.....	125
Şekil. 4.43. 2018 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi	126
Şekil. 4.44. 2018 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri	127
Şekil. 4.45. 2019 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi.....	128
Şekil. 4.46. 2019 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri.....	129
Şekil. 4.47. 2019 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi	130
Şekil. 4.48. 2019 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri	131
Şekil. 4.49. 2020 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi	132
Şekil. 4.50. 2020 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri	133
Şekil. 4.51. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları	135
Şekil. 4.52. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları	136
Şekil. 4.53. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları	137
Şekil. 4.54. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları	138
Şekil. 4.55. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	140
Şekil. 4.56. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	141
Şekil. 4.57. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	142
Şekil. 4.58. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	143
Şekil. 4.59. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	144
Şekil. 4.60. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	145

Şekil. 4.61. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	146
Şekil. 4.62. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği	147
Şekil. 4.63. J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları Aralık- Ocak 2090-2100 (RCP 4.5 Senaryosu)	148
Şekil. 4.64. J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları Aralık- Ocak 2090-2100 (RCP 8.5 Senaryosu)	149
Şekil. 4.65. J2000 Hidrolojik Modelleme Güncel ve Gelecek Fark Haritaları 2016-2020 / 2090-2100 (RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryoları)	150
Şekil. 4.66. Güncel ÇKKA Uygunluk Haritası (Piksel ve HRU Bazlı).....	151
Şekil. 4.67. ÇKKA ve Güncel-Geleceğe Yönelik Fark Haritaları Çakıştırılması ile Oluşan Sonuç Uygunluk Haritaları (RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryoları).....	151

SİMGELER VE KISALTMALAR

UA	: Uzaktan Algılama
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKA	: Çok Kriterli Analiz
AHP	: Analytic Hierarchy Process
IW	: Interferometric Wide / Geniş Interferometrik
SLC	: Single Look Complex / Kompleks Tek Görünüm
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
SAR	: Synthetic Aperture Radar / Sentetik Açıklıklı Radar
DFA	: Doğrulayıcı Faktör Analizi
AFA	: Açımlayıcı Faktör Analizi
ADB	: Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme
ÇKKA	: Çok Kriterli Karar Analizi
PRECIS	: Providing Regional Climates for Impacts Studies
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlikle Sipariş Tercihi Tekniği
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
EOS	: Dünya Gözlem Sistemi
MODIS	: Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradiyometresi
UTM	: Universe Transverse Mercator
InSAR	: Interferometrik Yapay Açıklıklı Radar
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
EOS	: Dünya Gözlem Sistemi
UTM	: Universe Transverse Mercator
NSIDC	: National Snow and Ice Data Center
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
METİ	: Japonya Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı



1. GİRİŞ

Günümüz koşullarındaki yoğun çalışma yükü ve buna bağlı olarak ortaya çıkan rutin hayat tarzından olumsuz etkilenen bireylerin bedensel ve ruhsal açıdan ihtiyaç duydukları rekreasyon faaliyetleri, bireysel veya takım halinde yapılan, gönüllülük esasına dayalı etkinlikler olarak tanımlanmaktadır (Gökdeniz vd., 2003). Bu sayede bireyler, günlük rutin ve zorunlu olarak yaptıkları faaliyetler dışında, hayat kalitelerinin yükselmesi adına yapacakları aktivitelerle de daha sağlıklı bir beden ve ruh sağlığına kavuşacaklardır.

Rekreasyon kavramı insanoğlunun varoluş sürecinden buyana ihtiyaç duyduğu eğlenme, dinlenme ve zaman geçirebilme adına sosyal ve psikolojik yaşantının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Mevsimsel olarak yaz ayları ve güneşin daha etkin olduğu aylarda dış mekanlarda gerçekleştirilen aktivitelerin daha fazla olduğu görülmesine karşın son yıllarda kış rekreasyon alanlarına da oldukça yoğun bir talep artışı vardır. Kış rekreasyon alanları için uygun alanların belirlenebilmesi içinse, arazi ve topoğrafya şartları düşünüldüğünde yer verilerinin yetersiz kaldığı alanlarda Uzaktan Algılama ve CBS veri setleri yardımı ile daha pratik sonuçlar alınması çözüm olarak görülmektedir.

Tanrıvermiş (2000) rekreasyon alanlarının sınıflandırmasını kullanıcıya yönelik rekreasyon alanları ve kaynağa dayalı rekreasyon alanları olarak ikiye ayırmıştır. Kullanıcıya yönelik rekreasyon alanları ve buna bağlı tesisler genellikle kent içerisinde veya çok yakınında geliştirilmiş alanlardır. Kullanıcıya mesafe olarak en fazla 20 km uzaklıkta olup genellikle iş ve okul çıkışlarının değerlendirildiği mekanlar olarak tanımlamıştır. Çocuk bahçeleri, çocuk oyun alanları, mahalle parkları, semt parkları, spor alanları, hayvanat bahçeleri, botanik bahçeleri, arboretumlar, fuar alanları, müzeler, konser ve opera salonları, sinema salonları bu sınıfa giren rekreasyon alan ve tesisleridir. Kaynağa dayalı rekreasyon alan ve tesisleri ise genellikle kent yakını ve uzak çevresinde doğal, arkeolojik veya kültürel özellik gösteren yerlerdir. Kullanıcıya uzaklıkları 5-500 km veya

daha fazla olan çoğunlukla günübirlik, haftasonu veya daha uzun süreli tatillerde ziyaret edilen alanlardır. Kış sporları merkezleri, karayolları parkları, baraj gölleri ve parkları, plajlar, doğal kamp alanları, milli parklar ve diğer doğal alanlar bu kapsamda yer almaktadır.

Ancak kentlerde yaşayan nüfusun artmasına ve kentleşme faaliyetlerinin hız kazanmasına bağlı olarak rekreasyon faaliyetleri açısından ortaya çıkan sorunların başında rekreasyon alanlarının eksikliği ve buna bağlı olarak yaşam kalitesinin düşmesi gelmektedir (Değerliyurt ve Çubuk, 2015). Günümüzde artan teknolojik olanaklara rağmen, bilgi ve ekonomik kaynaklardaki yetersizlik, rekreasyon alanlarının fiziksel planlamalarının doğru ve etkili yapılamamasına neden olmaktadır. Özellikle, rekreasyon alanlarının planlama ve tasarım süreçlerinde, doğal ve kültürel özellikler ile sistemler arasındaki ilişkinin iyi analiz edilememesi ve devamlılığının sağlanamaması, doğal dengenin bozulmasına ve ihtiyaçların karşılanamamasına neden olmaktadır (Atalay, 2008). Bu nedenle, doğal ve kültürel çevrede karşılaşılan sorunların karmaşıklığını gidermek amacıyla, bu sorunların çözümlerinde kullanılan araçların da yenilenmesi önemlidir (Erden ve Coşkun, 2011).

Kar dinamiklerine bağlı olarak yapılan faaliyetler, “kış sporları” olarak bilinmekte olup, insanların tercih ettiği rekreasyon faaliyetlerinden biri olarak karşımıza çıkar. Ancak, özellikle iklimsel koşulların ve günümüzde önemi giderek daha fazla anlaşılan küresel iklim değişikliğinin etkileri nedeniyle, kar dinamiklerine bağlı rekreasyon alanı belirlerken, planlama ve tasarım süreçlerinde doğal ve kültürel özellikler ile sistemler arasındaki ilişkilerin de analiz edilerek faaliyetlerdeki devamlılığın sağlanması esas alınmalıdır. Bu kapsamda, dağlık alanlarda planlanan kış rekreasyon aktiviteleri için uygun alan belirleme oldukça önemli bir bileşen olup, özellikle kış turizm altyapılarının geliştirilmesi ve tesisi konularında etkin rol oynamaktadır.

Dünya genelinde kar dinamikleri, dağlık alanlarda planlanan kış rekreasyon aktiviteleri için önemli bir bileşen olup, özellikle kış turizm

altyapılarının geliştirilmesi ve tesisi konularında etkin rol oynamaktadır. Özellikle kar örtüsü, kış rekreasyonu sektörü için ana gelir kaynağı ve bölgesel planlamaya önemli bir girdi olması bakımından dağlık bölge ekonomilerinde daha etkin rol oynamaktadır. Ayrıca kar dinamikleri, havzadaki kısa ve orta vadeli hidrolojik denge üzerinde de önemli bir rol oynar. Bir su toplama havzasının yüksek kesimlerinde kar formunda saklanan yağış, karın erimeye başladığı dönemde önemli bir kullanılabilir tatlı su deposu durumuna gelmektedir. Özellikle ilkbaharda ölçülen kar kalınlığı, bölgesel hidrolojik sistemlere kar suyu girişini tahmin etmekte oldukça önemli bir rol oynar (Yücel ve Güventürk, 2012). Bu nedenle, mevsimsel kar kalınlığını izlemek, hem klimatolojik, hem de hidrometeorolojik ve su kullanımına dayalı konular için de büyük önem arz etmektedir (Tekeli vd., 2005).

Kış rekreasyonu yönetimi ve planlamasında her aktivite her alan için uygun değildir. Aktivitenin uygunluğu o alandaki fiziksel koşullar, kar potansiyeli, ulaşım, bakım, turist güvenliği gibi birçok faktör dikkate alınarak seçilmekte ve değerlendirilmektedir. Rekreasyon potansiyelini etkileyen faktörler, doğal, sosyal, rekreasyonel alt ve üst yapı ile çevresel olmak üzere ana gruplara ayrılmaktadır (Altan, 1976). Bu gruplar içerisinde doğal faktörler özellikle kış rekreasyonu için uygun alan seçiminde kritik öneme sahiptir. Bu nedenle çalışmada kış rekreasyon uygunluğunun belirlenmesinde doğal faktörler olarak bakı, yükseklik, eğim, toprak grupları, arazi kabiliyet sınıfları, mevcut arazi sınıfları, hidrolojik yapı ve kar bileşenleri göz önüne alınmalıdır. Bu süreçte ana hedef, kar erime süreçlerinin çalışma sahası havzalarının su dengesi üzerine zamansal ve yersel katkılarının güvenilir olarak tahmininin sağlanabilmesi için kar-su eşdeğerinin zamansal değişimleri ve kar birikim bileşenlerinin değerlendirilmesi olmalıdır (Deniz ve Topuz, 2018).

Kar süreçleri içerisinde doğal kar örtüsünün zamansal ve yersel dağılım tahminleri, peyzaj planlama açısından özellikle potansiyel pist alanlarının seçimi ve uygunluklarının belirlenmesi adına sürdürülebilir planlama hedef ve konuları

içerisindedir. 2000’li yıllardan itibaren mekânsal planlama çalışmalarında kullanılan analizlerin daha hızlı bir şekilde yürütülebilmesi, alınacak kararların daha gerçekçi ve ölçülebilir olması, zamandan ve işgücünden tasarruf edilebilmesi için; “Konumsal bilgileri belirli bir amaca yönelik toplamaya, depolamaya, analiz etmeye ve görüntülemeye olanak sağlayan teknik araçlar bütünüdür” şeklinde tanımlanan CBS’den faydalanılmaktadır (Tecim, 1999; Düzgün, 2010). Son yıllarda gelişen diğer bir görüntüleme yöntemi olan radar görüntülemenin temel prensibi ise, aktif bir sistem olması ve yerden yansıyan radar sinyalinin gücüne bağlı olarak, piksel değeriyle sayısal olarak tanımlanan bir görüntü üretmesidir (Akabalı, 2002). Görüntüleme için ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendisi üretmekte ve bu nedenle güneş ışığından bağımsız olarak her türlü hava şartlarında yeryüzünü görüntüleyebilmektedir (Akabalı, 2002). Yeryüzü topografyasını ve morfolojisini, deniz ve kara ortamlarındaki morfolojik değişimleri çok hassas algılayabilen bu sistem, aynı zamanda suyu ve bağıl nemi de hassas bir şekilde tespit edebilmekte ve düşük oranda toprağın yeraltı özellikleri ile ilgili bilgiler edinilmesine de imkan vermektedir (Akabalı, 2002).

Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA), bağımlı farklı kriterler arasından en uygun seçimi yapan bir araç olup (Uyan, 2014), ÇKKA modelleri birçok farklı amaçlar için (kentsel ve bölgesel planlama, arazi uygunluk haritalaması gibi) yer seçimi çalışmalarında kullanılmıştır (Atken vd., 2009; Kavzaoğlu vd., 2010; Erdogan vd., 2013; Tahri vd., 2015; Latinopoulos ve Kechagia, 2015; Chen vd., 2001; Daputo vd., 2015; Deniz ve Topuz, 2018). CBS gelişmesiyle birlikte, çeşitli ÇKKA yöntemleri mekansal boyutlarda uygulama alanı bulmuş ve ülkemizde de, CBS ve farklı ÇKKA modelleri kullanılarak rekreasyon alanı belirlenmesine yönelik çalışmalar giderek hız kazanmıştır (Atken vd., 2009; Topay ve Parlador, 2015; Düzen ve Şatır, 2016; Akın ve Erdoğan, 2017; Tosun, 2018)

Kentsel nüfus artışına bağlı olarak ortaya çıkan ve insanların yaşam kalitesini yükseltmek adına yapılan faaliyetlerden biri olan rekreasyon aktivitelerinin, uygun alan planlamaları sayesinde amacına ulaşacağı düşüncesiyle

yola çıkılan bu çalışmada, Seyhan Havzası'nda kış rekreasyon alanı belirlemesi için uzaktan algılama metotlarının kullanılabilirliği ve buna bağlı olarak CBS tabanlı bir modelin geliştirilebilmesi hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan Seyhan Havzası, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, Toroslar'ın kuzeydoğu uzantılarının büyük kısmını içine alan, gerek dağlık gerekse sucul ekosistemler içermesi açısından rekreasyon alanları bakımından oldukça elverişli koşullara sahip bir bölgedir. Ancak, havzadaki yağış ve sıcaklık değişimleri üzerine yapılan çalışmalar, küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının bu bölgede de etkili olduğunu vurgulamaktadır (Gönençgil ve İçel, 2010; Bayer-Altın ve Barak, 2012; Anonim, 2016). Buna göre, sıcaklıklardaki değişimler 1971-2000 referans dönemine göre analiz edildiğinde, Seyhan Havzası'nın kuzeyinde yaklaşık 10°C olan değerlerin havzanın güneyine doğru 20°C'lere kadar yükseldiği; havzanın iç kesimlerinin ise ortalama 13°C'de kaldığını göstermiştir (Anonim, 2016). İlgili çalışmada kullanılan modelleme yöntemi ise yüzyıl ortasından itibaren referans dönemine göre artan sıcaklıkların olacağını ve 2021-2030 döneminden sonra sıçrama göstereceğini, bölgesel farklılıkların ise önemli seviyelerde olmamakla birlikte havzanın denizden uzak kuzey kesimlerinde sıcaklıkların bir miktar daha yüksek olacağını ortaya koymuştur (Anonim, 2016).

Seyhan Havzası'nda yer alan bazı alanların mevsimsel kar dinamikleri ve bölgedeki uygun rekreasyon alanlarının önerilmesine dair çalışmalar mevcut olmasına rağmen, havzanın bir bütün olarak ele alınarak rekreasyon alanlarının tespitinde ekolojik risklerin de birlikte değerlendirildiği kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Seyhan Havzası'nın önemli bir kısmı olan Aladağlar'da kış sporları için uygun alanların belirlenmeye çalışıldığı bir araştırmada, ortamın çevresel hassasiyetinin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (Akın ve Erdoğan, 2017). Yine Seyhan Havzası'nda yer alan Eğribük alt havzasındaki kar dinamiklerinin mevsimsel olarak incelendiği bir başka çalışmada ise bölgedeki kar erimelerinin önemli bir tatlı su potansiyeli olduğu vurgulanmıştır (Dönmez vd.,

2016). Havzada yapılan çalışmalardan bazılarında ise özellikle küresel iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelen veya gelişeceği öngörülen ekolojik durumlar da incelenmiştir. Buna göre, Gönençgil ve İçel (2010) Doğu Akdeniz kıyılarındaki yağış değişimlerini incelemişler ve ülkemizin en önemli tarımsal alanına sahip bu bölgedeki yağış azalmalarının insan yaşamı başta olmak üzere, doğal coğrafi elemanlar ve süreçler üzerinde de olumsuz etkilere yol açacağını bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada ise, iklim değişikliğinin Seyhan Havzası'nda yağış ve kuraklık üzerindeki etkileri kurgulanan senaryolar çerçevesinde incelenmiş ve bu durumun özellikle yer altı su kaynaklarına ve akarsu akımlarına etki edeceği, yüzeysel su depolamasına bağlı olarak ürün verimini azaltacağı yönünde bulgular elde edilmiştir (Gürkan, 2005). Ayrıca, Bayer-Altın ve Barak (2012) yaptıkları bir çalışmada, Seyhan Havza'sının 1970-2009 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış oranlarını incelemişler ve sıcaklıkta anlamlı artışların gözlenirken yağışta ise anlamlı bir azalışın olduğunu tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Benzer sonuçların Sarış (2006), Türkeş vd. (2007), Demir vd. (2007), Özfidaner vd. (2018) tarafından da tespit edildiği bildirilmiştir. Yine Seyhan Havzası'nda yer alan Çatalan Barajı akımlarına iklim değişiminin olası etkileri Malkoç vd. (2013) tarafından incelenmiş ve kar erimelerinden dolayı özellikle ilkbahar aylarında önemli taşın olaylarının meydana geldiği havzada, bu dönemlerde akımların azalmaya başladığını tespit etmişlerdir. Kantarcı (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise Seyhan Havza'sındaki Çakıt alt havzasının sel olayları ve etkileri incelenmiş, yine bu bölgedeki kuraklaşma nedeniyle sellerin daha sık görüldüğü kaydedilmiştir. Özfidaner vd. (2018) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, Seyhan Havzası akım verileri değerlendirilerek kuraklık analizi yapılmıştır. Buna göre kuraklığın, nehir kurumaları ile birlikte doğal yaşamı etkileyeceği vurgulanmış ve kurak dönemlerin en belirgin etkilerinin yeraltı suları, kar kütleleri, toprak nemi ve akış üzerinde etkili olacağı ve yine Seyhan Havzası'nın iklim değişikliğine bağlı olarak gelişecek kuraklıktan önemli derecede etkilenecek havzaların başında geldiği ve bu nedenle ürün deseninde değişiklikler gözleneceği

belirtilmiştir (Özfidaner vd., 2018). Seyhan havzası yağış verilerinin eğilim analizinin yapıldığı bir başka çalışmada ise bazı bölgelerde önemli derecede azalmalar tespit edildiği rapor edilmiştir (Yüce vd., 2018). Tüm bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, Seyhan Havzası kar dinamiklerinin küresel iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenmesi kaçınılmazdır (ÇOB, 2012).

Bu nedenle, özellikle kar rekreasyon alanı planlamalarında, uygun rekreasyon alanlarının belirlenebilmesine yönelik daha doğru verilerin ortaya konulabilmesi için teknolojik imkanlardan faydalanılırken, küresel iklim değişikliğine bağlı olarak gelişebilecek senaryoların da dikkate alınması, planlanan rekreasyon alanlarının sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Seyhan Havzası örneğinde, Uzaktan Algılama ve CBS yöntemleri ile bu yöntemlerle beraber kullanılacak güncel optik ve radar veri setleri ile kış için uygun rekreasyon alanlarının belirlenmesi, potansiyel alanların uygunluğunun saptanabilmesi ve sonuç olarak Uzaktan Algılama ve CBS tabanlı model geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda sezonluk karın kalma süresi verileri, eğim, eğim uzunluğu, güneşlenme şiddeti, nüfus yoğunluğu, yükseklik, yola yakınlık ve manzara değeri verilerinden yararlanılarak hali hazırda tercih edilen kayak tesislerinin ortalama uygunluk değerleri ile kayak sporcularına yapılan anket çalışmaları sonuçlarından yararlanılarak standardizasyon ve ağırlıklandırma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra ÇKA yöntemleri kullanılarak oluşturulan sonuç haritaları ile kayak pistleri tesisleşmeleri için başlangıç, orta ve profesyonel düzeylerde uygun alanlar haritalanmıştır. Daha sonra bu alanlar kapsamında yer alan alt havza özelinde J2000 Hidrolojik Model yaklaşımı kullanılarak süreç tabanlı kar örtüsü bileşenleri tahmin edilmiştir. Ortaya konulan sonuç haritaları belli tarihli Radar veri seti kullanılarak interferometri yöntemi ile uygun alanlarda kar kalınlıklarına bakılmıştır. Böylelikle Seyhan (Üst) Havzası sınırları içerisinde yer alan çalışma alanımızda karın kalma süresi ve seçilen diğer kriterler ile CBS tabanlı önerilen uygun alanlar bölgedeki kar kalınlığı verileri ile de test edilerek desteklenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca sürdürülebilirliğin

sağlanması, planlama ve tasarım arasında daha kuvvetli bir bağ oluşturulabilmesi adına, havzadaki küresel iklim değişikliği senaryoları da dikkate alınarak bazı önerilerde bulunulmuştur. Bu hedefler doğrultusunda;

- Tasarım ve planlama süreçlerinde teknolojik alt yapılardan yararlanılması,
- CBS ile uyumlu veri tabanının oluşturulması,
- Sürdürülebilir doğru kararların alınabilmesi ve devamlılığın sağlanabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Seyhan Havzası Çalışmaları

Seyhan Havzası, bulunduğu bölgenin coğrafik özellikleri nedeniyle, rekreasyon faaliyetleri için uygun olabilecek pek çok alanı bünyesinde barındırmaktadır. Söz konusu rekreasyon alanlarından biri de kar dinamiklerine bağlı olarak yapılan kış sporlarının gerçekleştirildiği alanlardır.

Önceki çalışmalarda, Seyhan Havzası'ndaki bazı alanların kış rekreasyon alanı olarak önerilmeleri üzerine bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

Dönmez vd. (2012) yaptıkları çalışmada Seyhan Havzası'na yönelik farklı bir modelleme yaklaşımı geliştirmek için süreç tabanlı J2000 modelini kullanmışlardır. Havzaya yönelik kar örtüsü, kar-su eş değeri ve karın erime miktarı gibi kar bileşenleri tahminleri ortaya konulmuştur. Bu kar bileşenlerini modelleyebilmek için sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, arazi örtüsü, toprak ve jeoloji haritaları ve iklim verilerini (sıcaklık, yağış, rüzgar, vb.) kapsayan bir veri seti kullanılmıştır. Sonuç olarak modelin havza sistemlerinde uygunluğu incelenmiş ve ortaya çıkan sonuçların kabul edilebilir düzeyde olduğu ölçülen veriler ve uzaktan algılama sonucu elde edilen veriler ile desteklenmiştir. Böylece kar bileşenleri hesaplaması ile havzadaki su kaynaklarının düzgün kullanımı için öneriler sunulmuş ve bunun CBS ve Uzaktan Algılama alanlarında etkinliği değerlendirilmiştir.

Dönmez vd. (2016) yapmış oldukları çalışmada Seyhan Havzası'nda yer alan Eğribük alt havzasındaki kar dinamikleri mevsimsel olarak incelemişlerdir. Çalışmanın amacı mevsimsel kar örtüsünün mekânsal değişkenliğini tahmin etmek ve 1987'den 2014'e kadar Seyhan Havzası'nda bulunan Eğribük alt havzasında mekanik modelleme ve uzaktan algılama kullanarak kar dinamiklerini (kar-su eşdeğeri, kar eritici akış, derinlik) ölçmek olmuştur. Kar dinamiklerini tahmin etmek için işleme dayalı J2000 modeli kullanılmıştır. Modelleme sürecinde çok çeşitli uzaysal ve zaman serisi veri setleri kullanılmıştır. Çalışma, dağıtılmış kar

modelleme ve uzaktan algılama verilerinin kullanımı gibi son gelişmelerin potansiyel su katkısını iyileştirme konusundaki açıklamalar ile sonuçlanmaktadır. Model sonuçlarına değinerek, mevcut sorunları ve su yönetimine yönelik öngörülen adaptasyon ihtiyaçlarını ele almak için kar suyu alt dağıtım seviyesinde yönetmek için spesifik stratejik kriterler önerilmiştir. Mevsimsel incelenen kar dinamiklerinin bölgedeki kar erimeleri ile önemli bir tatlı su potansiyeli olduğu vurgulanmıştır.

Akın ve Erdoğan (2017) tarafından yapılan çalışmada Seyhan Havzası'nın önemli bir kısmı olan Aladağlar'da kış sporları için uygun alanlar belirlenmeye çalışılmış ve ortamın çevresel hassasiyetinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada bölgedeki kırsal alanlarda yapılması uygun alternatif kış turizmüne Aladağ ve çevresinde bu kış sporlarına yönelik uygun olabilecek alanları CBS ve Uzaktan Algılama araçları belirleyerek farklı seçenekler ile ortaya konulabilmesi amaçlanmıştır.

Kullanıma uygun bu alanlar kar örtüsü, arazinin şuan ki durumu, Sayısal Yükseklik Modeli ve bu verilere bağlı etkenlerden (yükseklik, bakı, eğim grupları, eğim uzunluğu) yararlanarak çalışılmıştır. Yöntem olarak ÇKA yöntemi tercih edilmiş ve CBS ortamında verilerin çakıştırılması ve ağırlıklandırılması analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ilk başlayanlar, orta seviye ve iyi düzeyde ki kayakçılara yönelik farklı düzeylerde uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

Ayrıca, havzadaki yağış dinamikleri ve bölge hidrolojisi üzerine yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır:

Gürkan (2005) tarafından yapılan çalışmada, iklim değişikliğinin Seyhan Havzası'nda yağış ve kuraklık üzerindeki etkileri kurgulanan iki ayrı senaryo çerçevesinde incelenmiş ve bu durumun özellikle yer altı su kaynaklarına ve akarsu akımlarına etki edeceği, yüzeysel su depolamasına bağlı olarak ürün verimini azaltacağı yönünde bulgular elde edilmiştir. Yağıştaki azalma miktarının, yer altındaki suların beslenebilmesi, akarsuların akış miktarlarında çok yüksek oranda azalmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Sıcaklıkta ki artış ise gerçek buharlaşma-

terleme ve bitkilerin su gereksinimlerinde artış göstermesinde, doyumluğa ulaşmamış bölge ve yüzey depolamada düşüşe sebep olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak, havzanın iklim değişikliğine yüksek duyarlılıkta olduğu, yağış ve ısı değişiminin havzada yüzey su potansiyeli ile birlikte yer altı suyu beslenmesini de önemli miktarda etkilediği belirlenmiştir.

Türkeş vd. (2007) tarafından yapılan geniş alan çalışmasında, Türkiye'deki 111 istasyonun yıllık ve mevsimlik yağış toplamı ve yağış yoğunluğu dizilerindeki uzun süreli değişiklikler ve eğilimler, zaman ve alandaki özellikleri dikkate alınarak çözümlenmiştir. Yağış verilerinin homojenliği Kruskal-Wallis türdeşlik sınaması, yağış toplamı ve yoğunluğu dizilerindeki eğilimler ise, Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı sınaması yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışmanın sonuç bulgularında Seyhan Havzasını da içerisine alan istasyonlar ile yapılan analizlerde yıllık toplam yağışlarda ve yağış yoğunluğu tutarlarında belirgin olan azalma eğilimleri, Akdeniz ve Karadeniz yağış rejimi bölgelerinde daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kış toplam yağışlarında gözlenen azalma eğilimi Akdeniz'de, yağış yoğunluğu tutarlarındaki azalma eğilimi ise Karadeniz yağış rejimi bölgesinde en kuvvetli olduğu gözlenmiştir.

Demir vd. (2007) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley İklim Tahmin ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Bölgesel İklim Modeli, PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) kullanılarak, Akdeniz Havzası'nda yer alması nedeniyle gelecekte iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkeler arasında bulunan Türkiye için bölgesel düzeyde ayrıntılar içeren iklim değişikliği öngörülerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Model, Hadley Merkezi'nin Atmosferik Genel Dolaşım Modeli, HadAMP3 çıktıları ile çalıştırılmıştır ve referans dönem (1961-1990) simülasyonları ile gelecek dönem (2071-2100) A2 senaryosu simülasyonları iklim değişikliğini belirlemek için karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarında, Türkiye'de kıyı bölgeleri dışında ortalama sıcaklıklarda 5-6 °C'lik artışlar öngörülmektedir. Kış mevsiminde güney ve batı bölümlerde yağışlarda düşüşler

olacaktır. Yaz mevsiminde ise tersi söz konusudur. Gelecekte Türkiye genelinde alansal olarak geniş ölçekli belirgin değişiklikler göze çarpmamakla birlikte, Güney Marmara, Ege, Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu'nun kuzeyi ve Toros Dağları hattında azalmalar görüldüğü tespit edilmiştir.

Gönençgil ve İçel (2010) Doğu Akdeniz kıyılarındaki yağış değişimlerini incelemişler. 1975-2006 yılları arasını kapsayan yağış verileri kullanılarak, Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile çözümlemeler yapılmıştır. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında 11 istasyonun yıllık yağışlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu belirtilmiştir. Yıllık yağışlar ile yıllık toplam yağışlı gün sayılarında eğilimlerin azalma gösterdiği belirtilmiştir. Aynı azalma eğilimleri Kış ve İlkbahar mevsimlerinde de tespit edilmiştir. Ülkemizin en önemli tarımsal alanına sahip bu bölgedeki yağış azalmalarının insan yaşamı başta olmak üzere, doğal coğrafi elemanlar ve süreçler üzerinde de olumsuz etkilere yol açacağını bildirmişlerdir.

Bayer-Altın ve Barak (2012) tarafından yapılan çalışmada ise, Seyhan havzasını ve yakın çevresini kapsayan 29 meteoroloji istasyonunun 1970-2009 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış oranları kullanılarak Erinç kuraklık indisi hesaplanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık, mevsimlik sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerlerinin uzun süreli eğilimleri Mann-Kendall sıra ilişki katsayısı sınaması yöntemine göre analiz edilmiş ve eğilim oranları hesaplanmıştır. Alanın iklim tipi belirlenerek haritalanmıştır. Sıcaklıkta anlamlı artışların gözlemlendiği ve yağışta ise anlamlı bir azalışın olduğunu tespit ettikleri bildirilmiştir.

Kantarcı (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise Seyhan Havzasında yer alan Çakıt alt havzası sel olayları ve etkileri incelenmiş, yine bu bölgedeki ısınma ve kuraklaştırma sürecinde sel oluşturan yağışların giderek daha fazla arttığı gözlenmiştir. Havzanın ve havzada yer alan Seyhan Barajı'nın koruna bilmesi için özel bir görevlendirme ve proje önerileri sunulmuştur.

Yücel ve Güventürk (2012) ise özellikle ilkbaharda ölçülen kar kalınlığının, bölgesel hidrolojik sistemlere kar suyu girişini tahmin etmekte oldukça önemli rol oynadığını belirtir.

Malkoç vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada küresel iklim değişimin su kaynaklarına olası etkileri irdelenerek, taşkın mevsiminde kar erimesinden oluşacak akımların tahmin sonuçları ortaya konulmuştur. Kar erimelerinden dolayı ilkbahar aylarında önemli taşkın olaylarının meydana geldiği Seyhan Havzasında yer alan Çatalan barajı havzası çalışma sahası olarak seçilmiştir. Akımların baraja en çok geldiği dönemlerdeki (Kasım-Ocak ve Mart-Mayıs dönemi) doğrusal eğilimlerini tespit etmek için parametrik olmayan Mann-Kendall testi tercih edilmiştir. Yapılan trend analizine göre ilkbahar aylarında önemli taşın olaylarının meydana geldiği havzada, bu dönemlerde akımların azalmaya başladığını tespit etmişlerdir.

Özfidaner vd. (2018) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, Seyhan Havzası akım verileri değerlendirilerek kuraklık analizi yapılmıştır. Buna göre kuraklığın, nehir kurumaları ile birlikte doğal yaşamı etkileyeceği vurgulanmış ve kurak dönemlerin en belirgin etkilerinin yeraltı suları, kar kütleleri, toprak nemi ve akış üzerinde etkili olacağı ve yine Seyhan Havzası'nın iklim değişikliğine bağlı olarak gelişecek kuraklıktan önemli derecede etkilenecek havzaların başında geldiği ve bu nedenle ürün deseninde değişiklikler gözleneceği belirtilmiştir.

Yüce vd. (2018) tarafından Seyhan Havzası yağış verilerinin eğilim analizinin yapıldığı bir başka çalışmada parametrik olmayan Mann-Kendall testi, Spearmanın Rho, Mann Kendall Mertebe Korelasyon ve Sen'in Eğim Analiz Testleri kullanılarak incelenmiştir. Havzada bulunan 12 yağış gözlem istasyonu verilerinin en kısa süreli olanı 21, en uzun süreli olanı 52 yıllık (1964-2016) bir periyodu kapsamaktadır. Çalışma analizi sonuçlarına göre özellikle havzanın bazı bölgelerinde yağış eğiliminde önemli derecede azalmalar tespit edildiği rapor edilmiştir.

2.2. Kış Rekreasyonu Çalışmaları

Altan (1976) tarafından yapılan bir çalışmada, kış rekreasyon aktivitelerinin uygunluğunun o alandaki fiziksel koşullar, kar potansiyeli, ulaşım, bakım, turist güvenliği gibi birçok faktör dikkate alınarak seçilmesi gerektiği bildirilir. Bu nedenle, rekreasyon potansiyelini etkileyen faktörler, doğal, sosyal, rekreasyonel alt ve üst yapı ile çevresel olmak üzere ana gruplara ayrılmıştır.

Güngören (1994) tarafından kış rekreasyonu ve potansiyel alanlarının belirlenmesi ve değerlendirmesine yönelik yapılan tez çalışmasında Türkiye’de kış turizm potansiyeline ayrıntılı şekilde dikkat çekilirken çalışma alanı olan Erciyes Dağı çevresinin son dönemlerdeki hızlı gelişiminin ülkemiz için önemli bir turizm potansiyeli olduğunu etkili alan çalışmaları ve gözlemleri ile ortaya konulmuştur. Karın, kar kalitesinin ve karın yüzeyde kalma süresinin önemine vurgu yaparak mevsimlik turizme doğrudan katkı sunduğunun gözlemlendiği belirtilmiştir. Bölgenin turizm merkezi haline getirilirken çevrenin korunması ve doğal dengenin bozulmaması vurgusu yapılmıştır. Bölgenin sadece kayak sporuna değil zirve tırmanışlarına, yürüyüş sporlarına ve günü birlik piknik yapmaya ve her türlü diğer kış sporlarında güç geliştirme ve eğitim amaçlı kullanımlarına da uygun olduğu vurgulanmıştır.

Kaya ve Alptekin (2009) yaptıkları çalışmada Bartın İli ve çevresinin dış mekan rekreasyon potansiyelinin yaz ve kış alanlarında belirlenmesine ayrıca tarihi ve doğal kaynakların öneminin vurgulanmasına yönelik yaklaşımlar ortaya koymuşlardır. Bu kapsamda doğal ve kültürel rekreasyon alanlarının özellikleri şehir sınırları içerisinde incelenmiştir. Anket sonuçlarına bağlı olarak, koruma ve kullanım ilkeleri çerçevesinde, rekreasyon kaynakları korumak için değerlendirilmiş, doğal kaynakların yaz ve kış aylarında yapılacak rekreasyon aktiviteleri için en iyi kullanımları ve bu kaynakların kullanım değerleri Kiemstedt yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu kaynakların en etkin kullanımı için öneriler geliştirilmiştir.

Şebin vd. (2010) yaptıkları çalışmada Erzurum ilinde yaşamakta olan halkın kış turizminden ve rekreasyonel faaliyetlerden sosyo-kültürel ve ekonomik beklentilerini seviye olarak ortaya konulması amaçlanmıştır. Araştırma anket yöntemi ile birebir görüşler alınarak gerçekleştirilmiştir. Yöre halkının kış sporları turizmi ile ilgili beklentilerini belirlemek amacıyla geliştirilen beklenti ölçeği, alpha istatistik yöntemi ile geçerlilik testine tabi tutulmuştur. Beklenti ölçeğinin geçerlilik oranının %95 olduğu belirlenmiştir. Verilerin analizinde ve sonuçların ortaya konulmasında istatistiki bilgi paket programları kullanılmıştır. Kış rekreasyon alanlarının yatırım ve tesisleşme oranı arttıkça, gerek yöre halkının gerekse yatırımcıların kayak sporu ve diğer alternatif dallara ilgilerinin artacağı sonucuna varılmıştır.

Yalçinyavuz (2015) Erzincan ili ve çevresinde rekreasyon faaliyetlerinin değerlendirilmesine yönelik yapmış olduğu tez çalışması kapsamında 650 adet anketten 524 kadarı değerlendirmeye alınmış ve SPSS 21.0 programı ile analiz edilmiştir. Çalışmada, Erzincan kent halkının rekreasyona bakış açısı, alan tercihleri ve rekreasyonel ihtiyaçları incelenmiştir. Araştırma istasyonları içinde en fazla ziyaretçi alan yerlerin doğal peyzaj öğelerine sahip kırsal rekreasyon alanları olduğu belirlenmiştir. Halkın kış rekreasyonu ve turizmine yönelik beklentilerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu konuda yatırımcılar ve yerel yönetimlere tavsiyelerde bulunulmuştur.

Aydın (2016) yaptığı tez çalışmasında gerek iklimsel gerekse bölgesel ulaşılabilirlik avantajları ile sahip olduğu kış turizmi ve rekreasyon faaliyetleri potansiyeli kapsamında zengin doğal ve beşeri kaynaklara sahip Van ve Bitlis illerini incelemiştir. Bu kaynaklardan ve avantajlardan sürdürülebilir biçimde faydalanabilmek için bilinçli bir rekreasyon planlamasının ortaya konulması gerektiği belirtilmiştir. Bu bağlamda desteklemek adına sahanın turizm pazarı içerisindeki durumu ve rekabet gücünün artırılmasına yönelik olarak yeni tesisler kurulması adına uygun şartlara sahip alanların potansiyeli ortaya konulmuştur.

Böylece bilimsel kıstaslarla belirlenen bu uygun alanların yapılacak yeni yatırımlar için karar vericilere yol gösterici olacağı belirtilmiştir.

Düner (2016) yapmış olduğu çalışmada, Erzincan ili rekreasyon alanlarını incelemiştir. Özellikle karasal iklimin etkisiyle sıcak geçen yazlar, kent insanını doğayla baş başa kalabilecekleri serin ortamlara yönleltmektedir. Jeolojik, morfolojik, hidrografik ve floristik yapının da etkisiyle, kent içerisinde ve yakın çevresinde çok sayıda potansiyel rekreasyon alanının ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Kentin öne çıkan önemli rekreasyon alanları; Girlevik Çağlayanı, Beytahtı, Işıkpınar köyü, Çamlık, Erzincan Kent Ormanı ve daha çok kış mevsiminde yararlanılan Munzur Dağları sahasındaki Ergan Dağı Kayak Merkezi'dir. Kış rekreasyonunun önemi gerek mevsimsel gerekse doğal alanların uygunluğu açısından şehir gelişimine ve ekonomisine katkı için ciddi bir potansiyeli olduğu belirtilmiştir.

Gümüş (2016) tarafından rekreasyon araştırmalarına yönelik yapılan bir başka çalışma ise belimsel tarama modelindedir. Araştırmanın evrenini Ankara ilinde yaşayan 18 yaş ve üzerindeki park ve rekreasyon alanı kullanıcıları oluşturmuştur. Evren seçimi ve dolayısıyla örneklem seçim yöntemi amaca yönelik (purposive sampling) yöntemidir. Bu evrenden araştırmaya gönüllü olarak 1135 kişi katılmıştır. Veri toplama aracı olarak geçerliği ve güvenilirliği bu araştırma kapsamında kanıtlanan Rekreasyon Alanı Tercih Etkenleri (RATE) ve Rekreasyon Alanı Katılım Engelleri (RAKE) ölçekleri kullanılmıştır. Elde edilen veriler SPSS ve LISREL paket programlarında analiz edilmiştir. Verilerin analizinde her alt boyut için dağılımın normalliği Kolmogorov-Smirnov testi ile sınanmıştır. Bu sonuca ve değişkenlerin kategori sayısına bağlı olarak, Mann Whitney U-Testi ve Kruskal Wallis H-Testlerinin yanı sıra Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) testlerinden yararlanılmıştır. Araştırma sonucunda kullanıcıların beklentileri arasında yüksek oranda kışın da rekreasyon faaliyetlerini gerçekleştirebilmek adına kış turizmine de katkı sunabilecek spor dallarına ve buna bağlı etkinliklere yer verilmesi talepleri ortaya çıkmıştır.

Kaya (2018) tarafından yapılan çalışmada mevcut kış turizmi alanı bulunan Kayseri ilimizin özellikle kayak merkezlerinin kullanımı açısından tercih edilme sebepleri incelenmiştir. Bu kapsamda Kayseri'nin kış turizm açısından tercih edilme sebepleri, Erciyes Kayak Merkezi ile sınırlandırılarak çözümlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada literatür araştırması sonucu oluşturulan anket yöntem kullanılmıştır. Hazırlanan anket Erciyes Dağında kış turizmi gerçekleştirmek üzere gelen yerli ve yabancı turistlere uygulanmıştır. Araştırmanın sonuçları doğrultusunda ülkemizde ve bu bölgede büyük ilgi gösterilen ve yüksek memnuniyet derecesi bulunan kış turizm merkezinin yeterince reklam ve tanıtımının yapılmadığı, sahip olduğu otel, alışveriş merkezlerinin yetersiz kaldığı, düzenlenen uluslararası kış spor faaliyetlerinin ziyarete gelen turist sayısına doğrudan etki ettiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu durumun tesislerin uygun alanlara konumlanıp konumlanmadığı ve yer seçiminin yeniden gözden geçirilmesi gerektiği sonucunun önerilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Yoğun talep gören kış turizmi bölgesini daha çok canlandırmanın bölge ve ülke ekonomisine ciddi katkıları olacağı belirtilmiştir.

Yorulmaz (2019) yapmış olduğu çalışmada, Eskişehir ilinin rekreasyon alanlarının dağılımını incelemiş ve değerlendirmiştir. Yapısında barındırdığı doğal güzellikleri ve kaynakları ile Eskişehir'i bir cazibe merkezi getiren alanların birçoğunun bakıma ve korunmaya ihtiyacının olduğunu vurgulamıştır. Şehir merkezine yakın ve özellikle kış turizmine büyük katkı sunacak birçok doğal alanın bakıma ve yenilenmeye ihtiyaç duyması Eskişehir'in gerçek zenginliklerini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Bu tarz her mevsim şehri turizme kazandırabilmek adına yapılacak bu tarz çalışmalar için bölgedeki kamu kurumlarının yeni tedbirler ve öneriler geliştirmesi gerektiği vurgulanmıştır. Buralara gelen yerli ve yabancı ziyaretçilerin hem doğayı tahrip etmemesi, hem de gelenlerin daha iyi ve sağlıklı hizmet alabilmesi için bu alanlardaki yerler kamu kurumları tarafından ihtiyaca göre uygun alanlar belirlenerek kış sporlarına yönelik alt yapıların desteklenmesi ve kamp kurulabilmesi için düzenlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

2.3. Çok Kriterli Analiz Çalışmaları

Carter (1991) yayınladığı bir araştırma çalışmasında, CBS karar vericilere mekânsal bilgilerin manipülasyonu ve analizi için güçlü imkânlar sağladığını belirtmiştir. Bununla beraber, CBS'nin işlevselliği ve uygulama alanları çoklu araştırmaların güncel bilgilerin ve verilerin toplanarak analiz edilmesi yönüyle sınırlıdır. Ölçüt ve verinin fazla olması bu analizlerin işlevlerinde o yönde artacağı vurgulanmıştır. Çok kriterli değerlendirmelerin CBS teknikleri ile entegrasyonu kullanıcıya çoklu ve çeşitli alternatifler sunacağı belirtilmiştir. Buna birçok örneklem verilebileceği gibi ArcGIS programları kullanılarak İngiltere’de radyoaktif atıklar imha edilebilmesi için uygun alanların araması gibi çalışmalar da dâhil edilebileceği vurgulanmıştır. Tüm faktörler ve veriler ile kombine bir CBS yaklaşımı karar destek sistemlerinin mekânsal gelişime önemli katkılar sunacağı belirtilmiştir.

Akten vd. (2009) yaptıkları çalışmada en uygun alternatiflerin önerildiği, hem nitelik hem de nicelik olarak elde edilen değişkenlerin kullanılmasına imkan sağlayan ÇKA yöntemi kapsamında Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile uygun rekreasyon alan kullanım kriterleri için uygunluk katsayılarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Belirlenen bu katsayılara göre Isparta ili çevresindeki ovanın doğal ve kültürel kaynakları CBS yardımıyla incelenmiş ve ovanın mevcut potansiyel rekreasyona uygun alanları belirlenmiştir. Bununla birlikte belirlenen bu alanların planlanması ve yönetimi konusunda farklı öneriler ortaya konulmuştur.

Gemitzi vd. (2010) yaptıkları bir kitap bölümü çalışmasında çevre ile ilgili sorunların ele alınmasında ve değişkenlerin mekânsal dağılımında ÇKA’nın CBS ile birlikte uygulanması üç vaka çalışması ile sunulmaktadır. Birincisi Boolean değerlendirmesinin doğal atık su arıtma tesislerine yerleştirilmesiyle ilgilidir, ikincisi de belediye katı atık depolama sahasının yerleştirilmesinde hem dışlayıcı hem de dışlayıcı olmayan kriterleri uygularken, üçüncüsü dışlayıcı olmayan kriterleri uygulayarak kirliliğe karşı yeraltı suyu savunmasızlığını hesaplar. Tüm bu faktörler ağırlıklı doğrusal kombinasyon ve sıralı ağırlıklı ortalama ile

birleştirilmiştir. Sonuç olarak, bu çok kriterli çalışma, insan faaliyetlerini yerleştirme, kentsel kalkınma, kaynak tahsisi ve yönetimi problemlerinde bu uygulamaların avantajlarını ve sınırlamalarını vurgulamıştır.

Erdoğan vd. (2013) Kütahya ili imar planına altlıkta teşkil edebilecek rekreasyon alan önerileri değerlendirmeleri yapılmıştır. İl merkezinde uygun rekreasyon alan seçimine olanak sağlayacak 8 faktör değerlendirmeye alınırken bu faktörler ekolojik alan kullanımı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Değerlerin ağırlıklarının saptanmasında ÇKA kapsamındaki matematiksel değerlendirme özelliğine sahip Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) metodu kullanılmıştır. Ayrıca 5 uzman görüşü ile ağırlıklı faktörler ortaya konulmuştur. Daha sonra ağırlıklarının kendi aralarında kıyaslamaları yapılarak öncelik değerleri bulunmuştur. Çalışma alanına ait faktör haritaları bu öncelik değerleri kullanılarak CBS ortamında ağırlıklı olarak çakıştırılmış ve sonuçta öneri rekreasyon alanları tespit edilmiştir.

Sánchez-Lozano vd. (2013) İspanya'nın güneydoğusu örneğinde CBS araçları ve ÇKA yöntemi ile yaptıkları çalışmada problemleri basitleştirmek için çok kriterli metodolojiler tarafından kullanılacak kapsamlı bir kartografik ve alfasayısal veritabanı oluşturulmasına izin veren kombine CBS-ÇKA mükemmel bir analiz aracı oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bir güneş santralinin yerini tespit etmek için ÇKA kullanılarak, potansiyel yerleri değerlendirmek için belirtilen kriterler veya faktörler ağırlıklandırılmıştır. Bu faktörlerin ağırlıklarının analizi ve hesaplanması AHS kullanılarak yapılmıştır. Alternatiflerin yeterlilik derecelerine göre değerlendirilmesi, TOPSIS yöntemiyle (İdeal Çözüme Benzerlikle Sipariş Tercihi Tekniği) gerçekleştirilmiştir. Tüm bu çalışmaların sonucunda uygun ve farklı tercihlerde çoklu alanlar elde edilmiş ve çalışmanın uygulanabilirliği yüksek oranda amacına ulaşmıştır.

Topay ve Parladır (2014) tarafından yapılan çalışmada CBS araçları kullanılarak Isparta kentinde yapılabilecek farklı turizm etkinliklerine yönelik ekolojik, ekonomik ve kültürel açıdan uygun alanlar tespit edilmiştir. Bu amaca ulaşmak için ÇKA yöntemi kullanılmıştır. Yöntem ile bu amaca uygun tüm

kriterler çizelge ile ortaya konulmuştur. Bu bağlamda CBS ortamında bir sayısal veri oluşturulmuştur. Elde edilen veri seti ile etkinliklere ait uygunluk sınıfı değerleri çizelgelerindeki faktörlere göre sorgulanarak her bir etkinlik için en uygun alan belirlenmiştir.

Düzen ve Şatır (2016) yaptıkları çalışmada Doğu Anadolu Bölgemizde yer alan Van Gölü Havzasının, kayak sporu etkinlikleri için potansiyele sahip olduğunu ancak bu potansiyelin yanlış yatırımlar ile kullanıldığı veya yeterince kullanılmadığına dikkat çekmek için yaptıkları çalışmalarında kayak sporları için fiziki olarak uygun olan alanların, iyi düzey sporcular için CBS yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda MODIS kar kapallılığı verileri kullanılarak belli parametreler ile (eğim, eğim uzunluğu, güneşlenme açısı, yükseklik, manzara değerleri) mevcutta yer alan popüler tesislerin fiziki özelliklerine dayanarak standardizasyon ve ağırlıklandırmalar yapılmıştır. Araştırma tekniği olarak ÇKA kullanılarak iyi düzey kayakçılar için en uygun alanlar haritalandırılmıştır. Sonuç olarak bilimsel çalışmalara hassasiyet gösterilerek uygun alanlarda tesisleşilmesi konusunda yatırım amaçlı plan ve proje çalışmalarına altlık veriler ortaya konulmuştur.

Uyan ve Yalpir (2016) yapmış oldukları çalışmada, CBS gelişmesiyle beraber çeşitli ÇKA yöntemlerinin mekânsal boyutlara ve uygun alanların belirlenmesinde kullanımına büyük olanak sağladığı vurgulanmıştır. Kentsel, kırsal ve buna bağlı bölgelerin planlanması, arazilerin kullanım uygunluklarının haritalanması ve yer seçimi gibi uygulamalarda geniş bir kullanım alanı olduğu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında Konya ili sınırlarında tıbbi atık sterilizasyonu için ÇKA yöntemleri ile CBS'nin bir arada kullanılmasına örnek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Uygunluk haritaları az uygun, uygun, çok uygun olacak şekilde üç sınıfta oluşturulmuştur.

Şentürk vd. (2017) ÇKA yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmayı İzmit ilçe merkezinde 57 mahallede yeni açılması düşünülen bir spor bahis bayi için uygun alan belirlenmesi için CBS yardımıyla gerçekleştirmişlerdir. Belirlenen 6

kriter (nüfus yoğunluğu, ana merkezlere yakınlık, mevcut bayilere olan mesafe, okullara uzaklık, ibadethanelere uzaklık, merkeze yakınlık) karar verme ölçütünde dikkate alınmıştır. Diğer vektörel ve hücrel haritalarında CBS sistemine aktarılmasından sonra ArcGIS programında sınıflandırılarak sonuç haritaları ortaya konulmuştur. Böylelikle 4 farklı uygun alan tespit edilerek öneriler geliştirilmiştir.

Arslan ve Akyürek (2019) yapmış oldukları çalışmada kar örtüsünün bir iklim değişkeni olduğunu ve öneminin dünya enerji düzenine doğrudan etki edebilecek kadar büyük olduğunu vurgulamışlardır. Uzaktan algılamanın ve buna bağlı yapılan analiz çalışmalarının değerlendirmelerinde kar örtüsünün küresel çapta fiziksel olarak etkili bir dizin önemli özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Küresel enerji, karbon ve su dönüşümleri gibi doğrudan etki değerlendirmeleri içerisinde görev almakta olduğu belirtilmiştir. Çok kriterli analizler ile kar ölçümleri, parametrik ölçümler ve algoritmaların belirlenmesi çalışmalarının kar ve uygulamaları olarak isimlendirilen bu tür veri setine dayalı çalışmalarda önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Uzaktan algılamada kullanılacak bu tarz yaklaşımların sel, çığ, meteoroloji olaylarını önceden tahmin edebilme ve yönetimi gibi disiplinlerde kullanılacağı ve sonuç alınacağı gerçeği de vurgulanmak istenen bir diğer sonuç olarak belirtilmiştir.

2.4. Synthetic Aperture Radar (SAR) ve Interferometrik Çalışmalar

Şengün ve Kılıçoğlu (2005) yapmış oldukları çalışmada son dönemlerdeki InSAR (Interferometik Yapay Açıklıklı Radar) yönteminin, yer gözlemleri, kıyı alan hareketleri, toprak değişimleri, hassas topoğrafya değişimleri, kar-su değişim ve ölçümleri, sulak alanların ve hidrolojik çalışmalarda kullanımı gibi alanlarda hızla gelişmeye başladığını belirtmişlerdir. Bu yöntem Radar görüntü setlerinden SAR (Yapay Açıklıklı Radar) veri setini analizlerinde kullanmaktadır. Bu yöntem ile herhangi bir alana ait orta çözünürlükte elde edilecek ve yine buna paralel doğrulukta kullanılacak SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) ile bir bölgede herhangi bir sebepten oluşabilecek deformasyonu hassas olarak belirleyebilmektedir.

Geçmiş yöntemler ile InSAR tekniği kıyaslandığında yalnız uydunun bakış açısındaki değişimleri ortaya koymasına rağmen hassas ölçümlerin yapılabileceği ve en az orta çözünürlükte veya daha iyi formatta bilgilerin sağlanabileceği belirtilmiştir.

Aydöner ve Maktav (2006) yapmış oldukları çalışma ile Kocaeli bölgesinde 1999 yılında meydana gelen büyük depremin kent arazi kullanım alanlarında meydana getirdiği değişimleri çeşitli zamansal ve mekânsal görüntü setleri ile uydu ve yer verilerini entegre ederek analizler yapmışlardır. Analiz çalışmalarının ilk çalışmasında, yer değiştirme olayları ve deformasyon oluşumları incelenerek depremin öncesi ve sonrasında meydana gelen değişimler analiz edilmiştir. Değişimlerin hassas ve ölçülebilir olması için SAR görüntüleri yardımı ile Interferometri yöntemi kullanılmış ve çift veri setleri oluşturularak aynı alanın farklı tarihlerde çekilmiş görüntüleri interferometri veri seti olarak oluşturulmuştur. Bu veri setleri zamansal olarak farklı gün ve aylarda temin edilmiştir. Çalışmanın diğer aşamasında ise, Kocaeli kentinde jeolojik oluşumlar, deforme olayları, toprağın etkilenmesi, ana ulaşım ağlarının yerleşimler ile ilişkisi gibi farklı durumlar dikkate alınarak, ÇKA yöntemi ile yeni yerleşim uygunluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Ortaya konulan sonuç verileri bölgenin ve şehrin durumuna göre yorumlanarak ortaya konulmuştur.

Kutoğlu vd. (2014) yapmış oldukları çalışma ile radar aracılığı ile interferometri yöntemini kıyı alanlarında gerçekleştirilen liman barınaklar ve bunlara benzer yapılaşmalara yönelik güvenlikleri açısından takipleri için değişimini gözden geçirmeyi amaçlamışlardır. Bu değişimlerin hassas biçimde incelenmesinin radar yöntemine dayalı interferometri yöntemi ile yapılan literatür çalışmaları ile de destekleyerek bütünüyle ele almayı hedeflemişlerdir. Çalışma kapsamında Zonguldak kent merkezindeki kıyı yapıları iki adet TerraSAR-X veri seti kullanılarak izlenmiştir. Hassa değişimlerin inceleme ve değerlendirme sonuçlarına göre bölgede yer alan balıkçı barınağının karada ki yer değişimleri ile deforme olduğu, yeni yapılan limanın ise kara hareketinden ayrı olarak bir

oturmaya maruz kaldığı tespit edilmiş ve ortaya konulmuştur. Radarda X ve C bant veri setleri kullanılarak, kıyı alanlarında yüksek hassasiyet ve değişimlerin tespit edilmesinde büyük imkân sağladığı ve ciddi bir çözünürlük kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir.

Battal vd. (2016) yapmış oldukları kapsamlı çalışmada, tabi ve doğal kaynaklarımızın toplumsal yaşantımızda büyük öneme sahip olduğunu vurgulayarak, bunların tespit edilmesi, meydana gelen değişimlerin izlenebilir olması, koruma alanında olan kaynakların yönetilebilir olmasında uzaktan algılama veri setlerinin aktif olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da Eber Gölünün 2015-16 yılları arasında ki kıyı-kenar çizgi değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma materyalleri olarak, 2015-16 Nisan ayı Landsat 8 OLI çok bantlı uydu verisi ve Sentinel-1A SAR verisi kullanılmıştır. Kullanılan bu iki tarihli farklı veri setinde doğruluk analizi yapılabilmesi için, gölün alanı elle vektörel formları çizilerek elde edilmiş ve kontrolsüz sınıflama sonucu yardımı ile kıyaslamalar yapılmıştır. 2015 ve 2016 yılları arasında hata oranları %0,64 ve %0,75 olarak ölçülmüştür. Böylesi hassas değerlerin ortaya çıkmasının, Interferometri yönteminin kullanılmasının önemini ortaya koymakta olduğu belirtilmiştir.

Lievens vd. (2019) yapmış oldukları kapsamlı çalışmada uzay verileri ve radar sistemleri üzerine özellikle C bant kaynaklı veri setlerini detaylı ve hassas ölçümlerdeki doğrudan sonuca götüren katkıları üzerine inceleme yapmışlardır. Çalışma kapsamında özellikle kar derinliği ve bu bakış açısı ile su kaynakları değerlendirilmiştir. Su ile ilgili kaynakların değerlendirilmeye alınmasında doğru kar derinliği gözlemlerinin kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Yaklaşık bir milyar ve daha fazla insanın kuzey yarım küredeki karın erimesi ve burada yer alan dağlardan eriyerek gelen suya güvendikleri belirtilmiştir. Uzaktan algılama da buna rağmen özellikle dağdan gelen karın derinlik ölçülerinde önemli eksiklerin olduğu vurgulanmıştır. Sentinel-1 Radar veri setini kullanarak kuzey yarım küredeki kar derinliğini haritalayabilme yeteneğinin gösterildiği bir çalışma ortaya konulmuştur.

Kuzey yarımküre dağlarında 1 km² çözünürlükte ampirik bir değişim algılama yaklaşımı kullanılmıştır. Yaklaşık 4000 bölgede yapılan ölçüm, değerlendirme ve analiz verileri ile Sentinel-1 radar ölçümleri, dağ sıraları arasındaki ve içerisindeki uzamsal değişkenliğin ve yıl içerisindeki farklılıkların tespiti sağlanmıştır. ABD Sierra Nevada ve Avrupa Alpleri'nde 2017-2018 arasında farklı bölgelerdeki kar derinlikleri çalışma kapsamında ortaya konulmaktadır. Sentinel-1 sürekliliği ile 2030 yılına kadar ve ötesinde, bu bulguların kar derinliğini ölçmek için bir temel oluşturduğu vurgulanmıştır. Özellikle dağlık bölgelerdeki kar-su kaynaklarının iklim değişikliğine karşı uzun vadeli savunmasızlığında yine çalışma kapsamında belirtilmiştir.

2.5. MODIS Verisi ve Kar Alanları Çalışmaları

Hall vd. (1998) yaptıkları çalışma kapsamında Alaska'nın merkezindeki alanda uçak ölçümleri ile nisan 1995 yılında yüksek irtifa uçuşları ile MODIS Hava Similatörü verileri ile kar haritasını oluşturmada kullanılması amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Dünya Gözlem Sistemi (EOS) Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi (MODIS), 1999 yılında EOS-AM-1 platformunda başlatılacak 36 kanallı bir sistem olarak sunulduğu vurgulanmıştır. Bu çalışma kapsamında MODIS entegre yansıtıcılardan (Ri) türetilen bir bitki örtüsü yoğunluğu haritası verileri, tematik haritalama ve yardımcı verilerden bağımsız olarak üretilen bir bitki örtüsü tipi ve yoğunluk haritası ile karşılaştırılmıştır. Bu veriler bitki örtüsü yoğunluğunu haritalamak için yansıtma tekniğini kullanmanın etkinliğini desteklemiştir. Kar örtüsü, orijinal MODIS prototip algoritması ve geliştirilmiş bir MODIS prototip algoritması kullanılarak 13 Nisan 1995 MAS görüntüsünde eşlenmiştir. Çalışma sonucunda MODIS veri seti ile orta düzeyde çözünürlükte dahi kar kapallılığını ve buna bağlı veri haritaları oluşumunda verilerin etki değerlerinin önemi ortaya konulmuştur.

Tekeli vd. (2005) yapmış oldukları Türkiye'deki havzalarda karın akış hızının tahmin edilmesi konulu çalışmaları ile bir simülasyon ve modelleme

oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışma sahası olarak seçilen Fırat Nehri'nin üst bölgesinde kalan bir pilot alan seçilmiştir. Bu alanda 5 otomatik iklim ve kar istasyonu kurularak gerçek zamanlı veri akışının sağlanabilmesi amaçlanmıştır. Orta Çözünürlüklü Görüntüleme imkanına sahip 500 m. çözünürlüklü MODIS uydu verisinden elde edilen günlük bazda kar örtü haritaları hem karın birikimini hem de 2002 ve 2003 kışları için yer bilgilerinin 2003-2004 kışları ile karşılaştırılması için olanak sağlamıştır. Zemindeki kar varlığı, yapılan kar parkurlarından belirlenmiştir. Bu tür ölçümler Türkiye'deki üst Fırat Nehri içerisinde ve çevresinde 19 baz puan ve 2002 kışları için pilot havzanın üst kısmında 20 baz puan olarak ölçülmüştür. MODIS kar haritalarının kar mevsiminde yerinde ölçümlerle karşılaştırılması ve bu karşılaştırma günlerindeki değişim göz önüne alındığında, toplam doğruluklarda % 62 ve % 82 arasında olduğu tespit edilmiştir. Mevsimsel kar kalınlığını izlemenin hem klimatolojik hem de hidrometeorolojik ve su kullanımına dayalı konular açısından büyük önem arz ettiği bildirilmektedir.

Yükseklik ve arazi örtüsü tiplerinin etkisi MODIS kar örtüsü haritalarının validasyonunda da analiz edilmektedir. Bulut örtüsünü en aza indirmek ve kar örtüsünü en üst düzeye çıkarmak için MODIS-8 günlük kar örtüsü ürünleri, kar erime akış modelinin giriş parametrelerinden biri olan kar tükenme eğrisinin türetilmesinde kullanılmaktadır. Böylece modelleme sürecinin ilk sonuçları, MODIS karla kaplı alan ürününün simülasyon için ve aynı zamanda Türkiye havzalarında kar erimesi akışı tahmini için kullanılması amacı ile ortaya konulmuştur.

Parajka ve Blöschl (2008) yapmış oldukları çalışmada MODIS veri setinin kar örtüsü çalışmalarında hidrolojik uygulamalar için uygun olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında basit ve zamansal olarak adlandırılan haritalama yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Terra ve Aqua uydular ile komşu noncloud olarak adlandırılan veri bilgilerini kullanarak bulut kapsamını azaltan uzamsal filtrelerin zaman ve mekandaki piksellerini incelemişlerdir. Filtre

yöntemlerinin doğrulukları Avusturya üzerinden değerlendirilmiştir. 2003-2005 dönemlerine ait 754 meteoroloji istasyonunda günlük kar derinliği gözlemleri yapılmıştır. Filtreleme tekniklerinin sonuçları incelendiğinde dikkat çekici bir şekilde bulut azaltmada etkili olduğu ve kar haritaları oluşturulurken hala karın olduğu yerleri net olarak tespit etmeye yardımcı olduğu gözlenmiştir. Doğruluk ve bulut kapsamı arasında çeşitli filtreleme yöntemleri için mevsime bağımlı net bir değişimin varlığı gözlenmiştir. Ortalama olarak Aqua görüntülerin %63 bulut kapsamı içerisinde olduğu, birleşik Aqua-Terra için %52'ye düşürüldüğü bu görüntüler, uzamsal filtre için % 46, 1 günlük geçici filtre için % 34 ve 7 günlük için % 4 zamansal filtre tekniği sonucu olarak ortaya konulmuştur. Buna karşılık gelen toplam doğruluklar % 95.5, % 94.9, % 94.2, % 94.4 ve sırasıyla % 92.1 olarak tespit edilmiştir.

Rondeau-Genesse vd. (2016) yaptıkları çalışmada kar örtüsü kapsamında nehir havzasında yapılan çalışmaları izlemek için MODIS görüntülerinin güvenilir bir veri seti aracı olduğu belirtilmiştir. Ancak, bu çalışmada temel alınan bir diğer konu da kuru kar fırtınası sebebi ile karın bu ortamlarda ayırt edilememesi gibi az sayıdaki bu önemli sınırlamalar hidrolojik oluşumlara bağlı tahmin için, SAR gibi bir teknolojinin kullanılmasıyla ele alınabilinmesidir. British Columbia (Kanada) Sahil Dağları'nda bulunan ve kar paketinin bulunduğu Nechako Nehri havzasında karın derinliğinin birkaç metreye ulaşabildiği belirtilmiştir. Bu bölgede Mart ve Temmuz 2012 ayları arasında 15 adet RADARSAT-2 ScanSARVV + VH polarizasyonunda geniş görüntüler ve Şubat ve Haziran 2015 ayları arasında VV'de 16 adet SENTINEL-1A IW görüntüsü elde edildi. Nagler ve Rott metodolojisi, kar yağışı kar yağışını ayırmak için yumuşak bir eşik kullanır. Bu teknikten elde edilen ıslak kar olasılığı haritaları nehir havzasında bulunan iğne yapraklı ormanın neden olduğu belirsizlikleri daha iyi açıklayabilmektedir. Bu veriler, MODIS verileri ile tespit edilen karla kaplı alan ürünü ile kombine edilerek, kar örtüsü kapsamı detaylı olarak tespit edilmiş olmaktadır. Islak kar olasılığı, aynı zamanda MODIS ürünleri ile çapraz referanslandırılmıştır. Aynı zamanda ormanlık alanlar

veya su dolu topraktan kaynaklanan tutarsızlıklar da belirlenmiştir. Kar metamorfizması ile karşılaştırıldığında SURFEX-Crocus havzasının kar yağmalarının bulunduğu yerde, kombine ürün tespitini geliştirilmiş ve sadece MODIS ile karşılaştırıldığında % 81.7 ila 91.5 kar oranı elde edilmiştir. Bu koşullar ıslak karı, kuru karı ve karsızlığı da güvenilir bir şekilde % 77.6 doğrulukta ayırt eder. Ayrıca, MODIS Arazi Yüzey Sıcaklığı ile bu ürün arasında % 72,4'lük bir örtüşme tespit edilmiştir. Bu çalışmanın gelecekteki uygulamasının bir örneği olarak yönetiminde, 2012 ve 2015 kışları için Nechako rezervuarında mevcut veri kümesini, buna bağlı kar erimesini başarıyla tespit etmek ve pik giriş oluşumunu tahmin etmek için kullanılması hedeflenmiştir.

2.6. Hidrolojik Modelleme Çalışmaları

Krause (2002) tarafından yapılan çalışmada uzaktan algılanmış veriler ile J2000 modeli birlikte kullanılarak arazi değişimleri incelenmiş ve büyük havzalar özelinde suyun bütçesine olan etkileri tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında Krause ekibi ile beraber geliştirmiş oldukları J2000 hidrolojik modelleme yaklaşımının tanıtımını yaparak dağlık bir alt havza üzerinde test etmiştir. Almanya'nın Mulde havzası üzerinde uygulanan örnek denemede hidrolojik tepki üniteleri oluşturulmuş ve her bir ünite ayrı ayrı modellenmiştir. Yine aynı çalışmada insan etkisi olan ve olmayan şekilde iki farklı senaryoya göre modelleme uygulanmıştır. Buna bağlı olarakta yüzey akışı bileşenleri ve toprak suyu tahminleri yapılmıştır. Modelleme sonuçlarına bakıldığı zaman J2000 modelleme yaklaşımının yükseklik farkının fazla olduğu havzalarda başarılı sonuçlar ortaya koyabildiği belirtilmiştir.

Krause ve Hanisch (2009) yapmış oldukları bir diğer çalışmada Avrupa kıtasında örnek havza olarak Almanya Thüringen eyaleti içerisinde havza özelinde hidrolojik bir modelleme gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları bu kapsamlı model çalışmasında, iklim değişikliği tahminlerinin havza özelinde kar-su dengesi ve hidrolojik diğer bileşenler üzerine etkilerinin analizleri ortaya konulmuştur. J2000 hidrolojik model yaklaşımının kullanıldığı bu çalışmada tespit edilen sonuçlar

incelendiğinde yakın gelecekte özellikle kış mevsimi özelinde dağlık alanlar için yüzey akış miktarında önemli bir artış olacağı belirtilmiştir. Bununda sonbahar ve yaz aylarında iklim değişikliği çerçevesi içerisinde sıcaklığın yükselişi ile yağışın azalacağı ve bunun etkisi sonucunda yüzey akış miktarında önemli bir azalmanın olacağı öngörüsü ortaya konulmuştur.

Dönmez vd. (2012) yaptıkları çalışmada süreç tabanlı olarak kullandıkları J2000 hidrolojik modeli yaklaşımı ve uzaktan algılanmış veri setleri ile Seyhan Havzası'na yönelik olarak kar örtüsü, kar-su değeri ve karın erime miktarları gibi kar bileşenleri tahmini çalışmaları yapılmıştır. Bu kar bileşeni modellemelerinin ortaya konulabilmesi için eğim, bakı, arazi örtüsü, iklim verileri, sayısal yükseklik modeli verisi, toprak ve jeoloji haritalarını içeren kapsamlı bir veri seti kullanılmıştır. Bu kapsamda ortaya konulan sonuç haritalarının doğruluğu 1987-2002 zaman dilimi arasında 7 adet Landsat görüntüsü kullanılarak oluşturulan kar örtüsü haritası ile test edilmiştir. Bunun sonucunda kullanılan modelin alt havzalardan oluşan büyük havza sistemlerinde uygun oluşmadığı incelenerek sonuç verilerinin makul derecede olduğu ortaya konulmuştur. Kar bileşenlerinin tespit edilmesi sonucunda havzada yer alan su kaynaklarının düzgün kullanımı için önerilerde bulunulmuştur.

Dönmez vd. (2016) tarafından gerçekleştirilmiş Tübitak Projesi ile Göksu Havzası hidrolojik bileşenlerinin süreç tabanlı modelleme çalışmaları ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Araştırmada uygulanan J2000 modelleme tekniği ile hidrolojik bileşenlerin günlük, aylık ve uzun-yıllar tahmini, bileşenlerin konumsal dağılımları ve havza su bütçesinin hesaplanması temelinde havza su yönetim planlarında kullanılabilecek nicel altlık verilerin eldesi sağlanmıştır. Dinamik bir modelleme yaklaşımı ile gerçekleştirilen bu çalışma Göksu Havzası gibi ekolojik ve ekonomik olarak büyük öneme sahip bir alanda suyun ve su kaynaklarının bileşen bazında tespiti ve modellenmesi açısından faydalı bir yaygın etki sağladığı belirtilmiştir.

Berberoğlu vd. (2018) tarafından gerçekleştirilmiş Tübitak Projesi kapsamında Seyhan Havzası'na yönelik konumsal bilgi teknolojileri yardımıyla uzaktan algılama verileri, arazi sürvey verileri ve gözlem istasyonlarından alınan veriler ile birlikte iklim değişikliği senaryolarında öngürüleri arasında bulunduran suyun sürdürülebilir kullanımını irdeleyen bir karar destek sistemi oluşturulması amacı üzerine yoğunlaşmıştır. Bu sistemin oluşumu ile havzanın en değerli sektörleri olan tarım, çevre ve enerji sektörlerine katkı sunulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda güncel ve geleceğe yönelik hidrolojik sistem analizleri ve J2000 modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Modelleme ve proje çıktıları sonuçlarının bölgedeki yersel verilere büyük katkı sunduğu ve iklim değişikliği senaryoları ile geleceğe yönelik yapılacak çalışmalara önemli bir altlık oluşturacağı belirtilmiştir.

2.7. Yapılan Diğer Çalışmalar

Ülkemizde, küresel iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecek alanların başında Seyhan Havzası gelmektedir (Özfidaner vd., 2018). Çalışma kapsamında ele alınan Seyhan Havzası, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgesi'nde konumlanmış olup, Toroslar'ın kuzeydoğu uzantılarının büyük kısmını içine alması nedeniyle de kış sporları için uygun rekreasyonel alan potansiyeline sahiptir. Ancak, havzadaki yağış ve sıcaklık değişimleri üzerine yapılan çalışmalar, küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının bu bölgede de etkili olduğunu vurgulamaktadır (Gönençgil ve İçel, 2010; Bayer-Altın ve Barak, 2012; Anonim, 2016). Buna göre, sıcaklıklardaki değişimler 1971-2000 referans dönemine göre analiz edildiğinde, Seyhan Havzası'nın kuzeyinde 10°C civarında olan değerlerin havzanın güneyine gidildikçe 20°C'lere kadar yükseldiği; havzanın iç kesimlerinin ise ortalama 13°C'de kaldığını göstermiştir (Anonim, 2016). İlgili çalışmada kullanılan modelleme yöntemi ise yüzyıl ortasından itibaren referans dönemine göre artan sıcaklıkların olacağını ve 2021-2030 döneminden sonra sıçrama göstereceğini, bölgesel farklılıkların ise önemli seviyelerde olmamakla birlikte havzanın denizden uzak kuzey kesimlerinde sıcaklıkların bir miktar daha yüksek

olacağını ortaya koymuştur (Anonim, 2016). Çalışmada, Seyhan Havzası'ndaki yağış senaryolarında da özellikle 2050'ler sonrasında negatif anomalilerin baskın olduğu ve azalan yağışa maruz kalacak bölgelerin ise havzanın güney kesimleri olacağı belirtilmektedir (Anonim, 2016). Yapılan araştırmalar, Seyhan Havzası'nda aylık ortalama sıcaklıkların 3⁰C artacağı ve yıllık yağış miktarında ise %25'lik bir azalma göstereceğine (özellikle Ocak, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında); bu iklim değişikliklerinin ise havzadaki su kaynakları, kar depolaması ve yeraltı suyu potansiyelinde %30'a varan düşüşler şeklinde etki edeceğine işaret etmektedir (Kimura, 2005; Kimura vd., 2006; Kanber vd. 2007; Tezcan vd., 2007; Ekmekçi, 2008). Bu nedenle, Seyhan havzasındaki dağlık alanların kar dinamikleri üzerine yapılan çalışmalarda ekolojik dengelerin önemi de vurgulanmaya başlanmıştır:

Akın ve Erdoğan (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Seyhan havzasının önemli bir kısmı olan Aladağlar'da kış sporları için uygun alanlar belirlenmeye çalışılmış, ortamın çevresel hassasiyetinin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Dönmez vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada havzanın Eğribük alt havzasındaki kar dinamikleri mevsimsel olarak incelenmiş ve bu bölgedeki kar erimelerinin bölge için önemli bir tatlısu potansiyeli olduğunu vurgulamışlardır. Gürkan (2005) tarafından Seyhan Havzasında yapılan bir çalışmada, iklim değişiminin etkisi yağış azalması ve kuraklığa bağlı olarak kurgulanan senaryolar çerçevesinde incelenmiş ve bu durumun özellikle yeraltı su kaynaklarına ve akarsu akımlarına etki edeceği, yüzeysel su depolamasına bağlı olarak ürün verimini azaltacağı yönünde bulgular elde edilmiştir. Özfıdaner vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ise, Seyhan havzası akım verileri değerlendirilerek kuraklık analizi yapılmıştır. Buna göre kuraklığın, nehir kurumaları ile birlikte doğal yaşamı etkileyeceği vurgulanmış ve kurak dönemlerin en belirgin etkilerinin yeraltı suları, kar kütleleri, toprak nemi ve akış üzerinde etkili olacağı belirtilmiştir. Çalışmada, Seyhan havzasının iklim değişikliğine bağlı kuraklıktan önemli derecede etkilenecek havzaların başında geldiği bu nedenle ürün deseninde değişiklikler gözleneceği belirtilmiştir (Özfıdaner vd., 2018).

Seyhan havzası yağış verilerinin eğilim analizinin yapıldığı bir başka çalışmada ise bazı bölgelerde önemli derecede azalmalar tespit edildiği rapor edilmiştir (Yüce vd., 2018). Ayrıca, Gönençgil ve İçel (2010) Doğu Akdeniz kıyılarındaki yağış değişimlerini incelemişler ve ülkemizin en önemli tarımsal alanına sahip bu bölgedeki yağış azalmalarının insan yaşamı başta olmak üzere, doğal coğrafi elemanlar ve süreçler üzerinde de olumsuz etkilere yol açacağına bildirmişlerdir. Bayer-Altın ve Barak (2012) yaptıkları bir çalışmada, Seyhan havzasının 1970-2009 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış oranlarını incelemişler ve sıcaklıkta anlamlı bir artış, yağışta ise anlamlı bir azalış tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Demir vd. (2007), Özfidaner vd. (2008), Sarış (2006), Türkeş vd. (2007) tarafından da tespit edilmiştir. Yine Seyhan havzasında yer alan Çatalan barajı akımlarına iklim değişiminin olası etkileri Malkoç vd. (2013) tarafından incelenmiş ve kar erimelerinden dolayı özellikle ilkbahar aylarında önemli taşın olaylarının meydana geldiği havzada, bu dönemlerde akımların azalmaya başladığını tespit etmişlerdir. Kantarcı (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise Seyhan havzası içerisinde yer alan Çakıt alt havzasında sel olayları ve etkileri incelenmiş, yine bu bölgedeki kuraklaşma nedeniyle sellerin daha sık görüldüğü kaydedilmiştir.

Tüm bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, dünyadaki diğer alanlarda da olduğu gibi, Seyhan Havzası'nın da küresel iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkileneceği göz önünde bulundurulmalıdır. Son yıllarda su kaynaklarının yetersiz olduğu, 2070 yılından sonra hem kar yağışı miktarında hem de toplam yıllık yağış miktarında önemli azalmalar olacağı ve bu durumun tarımsal üretime de olumsuz etkileri olacağı konusu sıkça gündeme gelmektedir (Kanber vd., 2007; Atik vd., 2007). Bu durum, gerek su kaynaklarına bağlı kullanımı etkileyeceği gibi, su ve kış sporlarına yönelik rekreasyonel alanlarını da sınırlandıracaktır.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yapısı

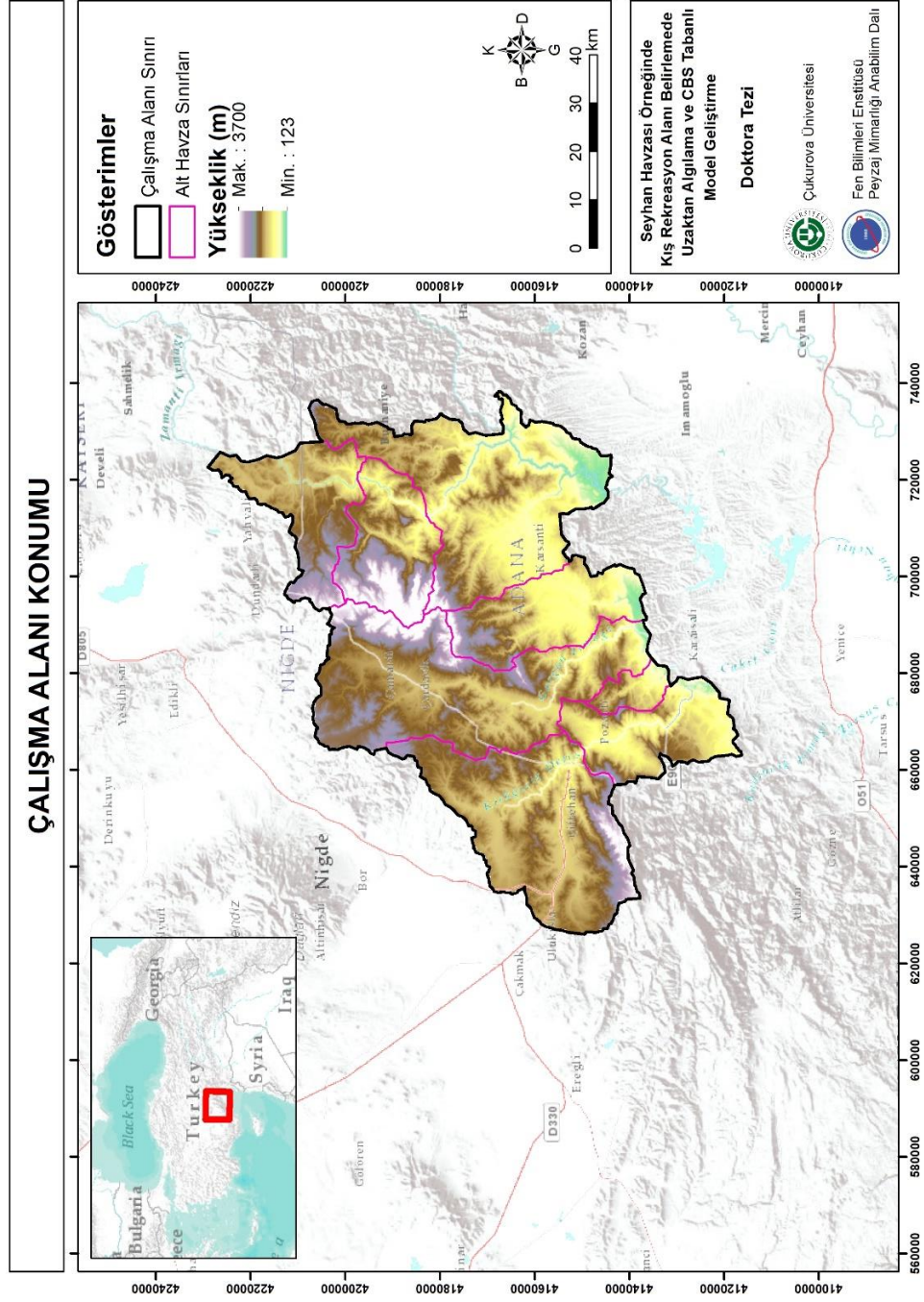
Yukarı bölümü İç Anadolu, orta ve aşağı bölümü ise Akdeniz Bölgesi'nde yer almakta olan Seyhan Havzası, 36° 33' - 39° 12' Kuzey ve 34° 24' - 36° 56' doğu koordinatları arasında olup, Seyhan Nehri ile Göksu ve Zamantı kollarının su toplama alanlarını içermektedir. Doğuda Ceyhan Havzası, Batıda Berdan Nehri, Kuzeyde Kayseri sınırları içinde bulunan Develi'ye kadar uzanmakta ve tüm havza yaklaşık 21.000 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Berberoğlu vd., 2007). Ayrıca, Toroslar'ın kuzeydoğu uzantılarının büyük kısmı havza içinde konumlanmış olup, gerek dağlık gerekse sucul ekosistemler içermektedir.

Akdeniz kıyı şeridinden başlayıp İç Anadolu'ya kadar uzanan Seyhan Havzası, sınırları içerisinde iklim yönünden farklı özellikler gösterir. Çukurova ve Toros Dağları eşik alanlarında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bu bölge kurak-az verimli, 3. dereceden mezotermal, su fazlası iklim tipine girer. Ulukışla'dan Pınarbaşı'na ve daha kuzeye uzanan kesim iç Anadolu özelliklerini yansıtmaktadır (Akman, 1990; Dönmez, 2012). Seyhan Havzası'nda akarsu sistemleri ile tanımlı üç sektörel alt havza bulunmaktadır: Zamantı Irmağı kolunun belirlediği, Zamantı Sektörel Alt Havzası (8.769 km²), Göksu Irmağı kolunun belirlediği Göksu Sektörel Alt Havzası (4.393 km²), Zamantı ve Göksu Irmaklarının birleşme noktasından itibaren Seyhan Irmağı'nın belirlediği Seyhan Sektörel Alt Havzası'dır (8.873km²) (Erdoğan, 2019).

Havzada yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C'nin üzerindedir. Adana merkezine göre en soğuk ay (ocak) ortalaması 9.4 °C, en sıcak ay (ağustos) 28.8 °C'dir. Yıllık sıcaklık farkı, 19.4°C'dir. Yıllık en düşük aylık sıcaklık ortalaması 14.1 °C, aylık en yüksek sıcaklık ortalaması ise 25.1 °C'dir. Arada 11 °C fark vardır. Çalışma alanının bulunduğu kuzeyde ve dağlık orta bölümde yıllık sıcaklık ortalaması 11 °C'den daha düşüktür (Altan vd., 2007; Dönmez, 2008; Dönmez, 2012).

Ancak, havzadaki yağış ve sıcaklık değişimleri üzerine yapılan çalışmalar, küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının bu bölgede de etkili olduğunu vurgulamaktadır (Gönençgil ve İçel, 2010; Bayer-Altın ve Barak, 2012; Anonim, 2016). Buna göre, sıcaklıklardaki değişimler 1971-2000 referans dönemine göre analiz edildiğinde, Seyhan Havzası'nın kuzeyinde 10°C civarında olan değerlerin havzanın güneyine gidildikçe 20°C'lere kadar yükseldiği; havzanın iç kesimlerinin ise ortalama 13°C'de kaldığını göstermiştir (Anonim, 2016).

Çalışma alanı olarak seçilen ve kış rekreasyon alanları için uygun alanların belirleneceği Seyhan (Üst) Havzası içerisinde bulunan alan, su kaynakları ve kar dinamikleri bakımından yüksek çevresel kalite ve duyarlılığa sahiptir (Şekil 3.1). Adana ilinin Kuzey kesiminde UTM (Universe Transverse Mercator) koordinat sistemine göre 36. zonda yer almaktadır. Çalışma alanını da kapsayan havza, Türkiye'nin en önemli tarımsal üretim alanlarından (toplam sulu tarım üretiminin %10'u) birisi olarak da bilinmektedir. Bu kapsamda, su kaynakları ve yönetimi, tarımsal üretim, ekosistem verimliliği, gıda güvenliği ve havzanın biyo-çeşitlilik geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmayla, kış rekreasyonuna yönelik uygun alanlar belirlenirken, alt havzaya sağlanan su kalitesinde oluşturabileceği sorunlar da dikkate alınarak önerilerde bulunulmuştur.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı Konumu

3.2. Materyal

Kış rekreasyon alanlarının planlanması ve yönetimi aşamalarında, her bir aktivitenin uygunluk kriterleri incelenerek, belirlenecek uygun alanlar için fiziksel koşullar, kar dinamikleri, alana ulaşım, nüfus yoğunluğu gibi birçok etken dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Rekreasyon alanlarının potansiyellerini etkileyen faktörler incelendiğinde birkaç ana başlık dikkati çekmektedir. Bunlar doğal, çevresel, sosyal, rekreasyonel alt ve üst yapı faktörleri şeklinde tanımlanmaktadır. Bu faktörler içerisinde özellikle doğal faktörler uygun alan seçimi aşamasında kritik önem taşımaktadır. Bu sebeple çalışma kapsamında kış için uygun alan belirlenmesinde doğal faktörler olarak konumsal yükseklik, eğim, eğim uzunluğu, güneşlenme şiddeti ve kar bileşenleri göz önüne alınmıştır.

Bu süreçte ana hedef, kar erime süreçlerinin çalışma sahası havzalarının su dengesi üzerinde zamansal ve yersel katkılarının güvenilir olarak tahmininin sağlanabilmesi için, kar-su eşdeğerinin zamansal değişimleri ve kar birikim bileşenlerinin değerlendirilmesidir.

Bu çalışmanın ana materyali, Seyhan (Üst) Havzası'na ilişkin Çevre Düzeni Planı, Kentsel Planlar, Optik ve Radar veri setlerinden oluşan uydu görüntüleri ile çeşitli sayısal verilerden oluşmaktadır. Çalışmadaki envanteri, tarım alanları, orman alanları, topoğrafya, jeoloji, hidroloji ve bunlarla ilişkilendirilen veri grupları oluşturmaktadır. Ayrıca çalışma çerçevesinde mekânsal ve sayısal olarak elde edilen tüm veriler ve kullanılan programlar veri grubunu oluşturmaktadır.

3.2.1. Çalışmada Kullanılan Yer Verileri ve Zaman Serisi Veri Özellikleri

Çalışma kapsamında Seyhan (Üst) Havzası'nda kış rekreasyonu için uygun alanların modellenmesi için yersel ve zaman serisi verilerinden oluşan geniş bir veri seti kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yersel veri setini uzaktan algılanmış optik ve radar verileri oluşturmaktadır. Zaman serisi verilerini ise çalışma alanı

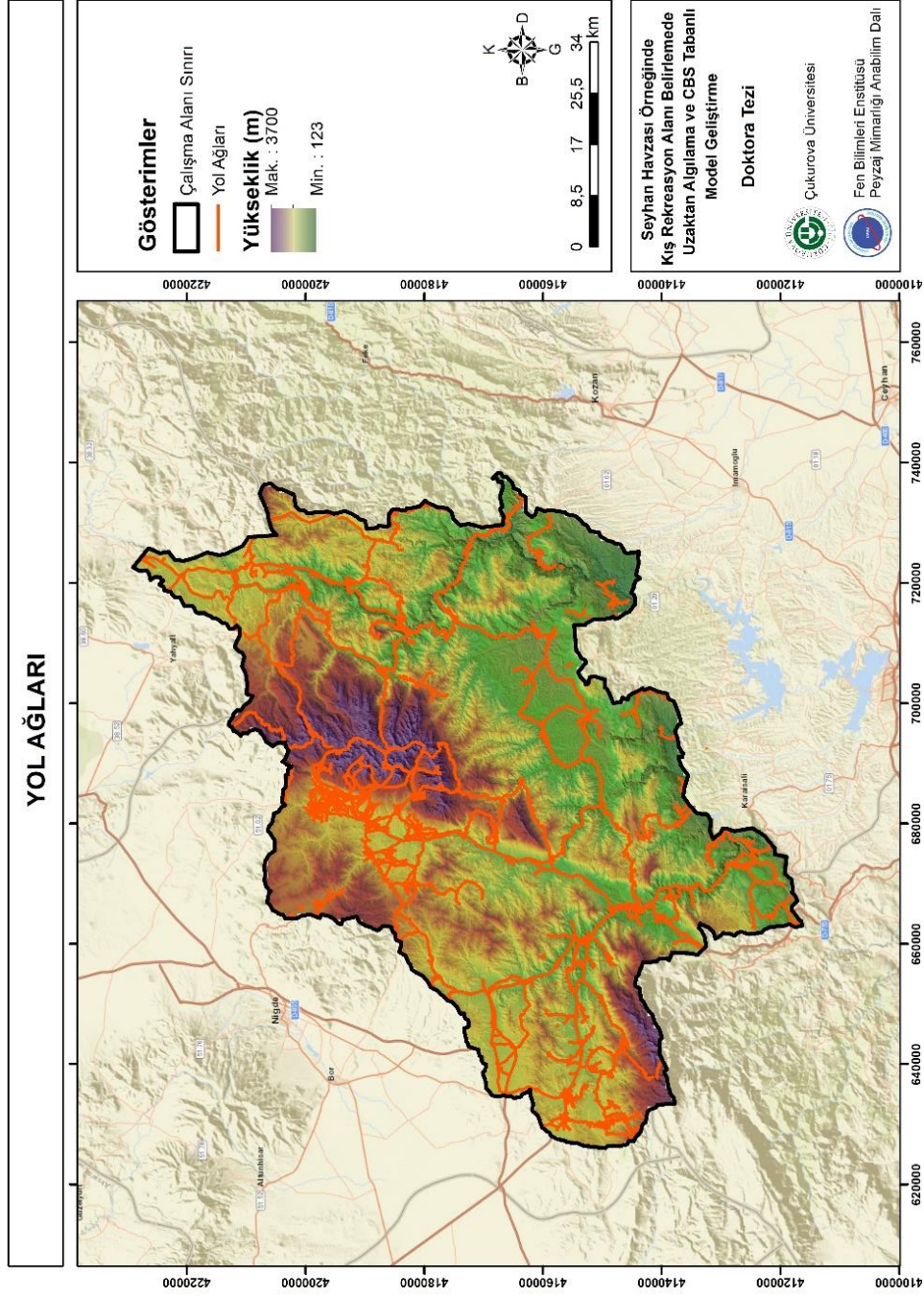
sınırları içerisinde yer alan, uygunluğu tespit edilen alanların kar kalınlığı ölçüm değerlerini doğrulayabilmek için meteoroloji istasyonu verileri oluşmaktadır.

Çizelge 3.1. Çalışma Kapsamında Kullanılan Veriler

Kullanılan Veri Özelliği	Kullanım Amacı	Veri Kaynağı
ASTER Veri Seti	30 M Çözünürlük Sayısal Yükseklik Modeli	ASTER
MODIS Veri Seti	Kar Süresi	National Snow and Ice Data Center (NSIDC)
Yol Ağları Verisi	1/100000 Ölçekli	Karayolları Genel Müdürlüğü
İklim Verileri	Güneşlenme Süresi Kar Kalınlığı Ölçümü J2000 Hidrolojik Model	Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Nüfus Verileri	İl/İlçe Bazında	TÜİK
SAR Radar Veri Seti	Kar Kalınlığı Tespiti	ESA / Copernicus Open Access Hub

3.2.1.1. Yol Ağları Verisi

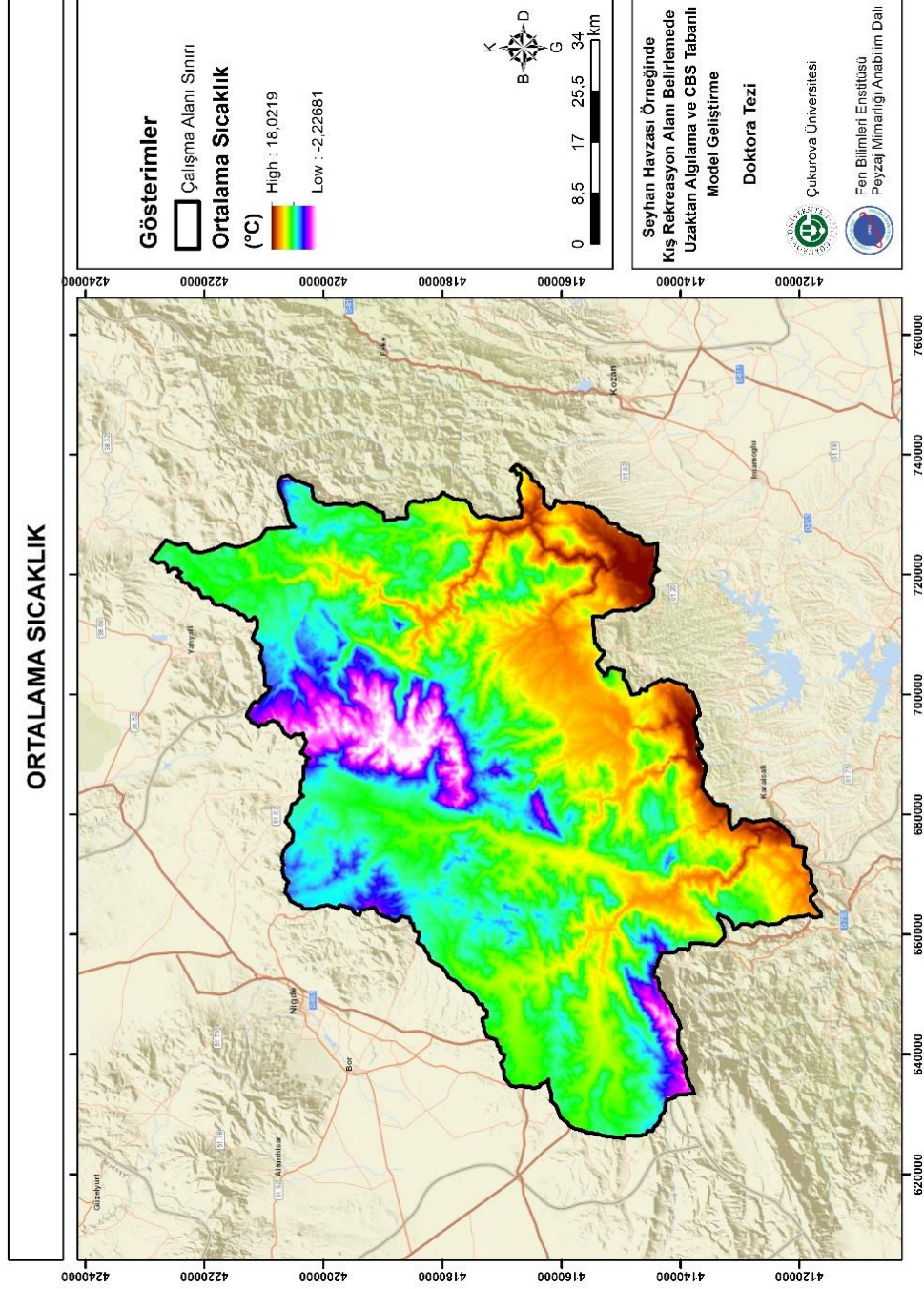
Çalışma alanını içerisine alan Seyhan (Üst) Havzası'nın ulaşım ve yol ağları Karayolları Genel Müdürlüğü'nden 1/100000 ölçekli temin edilerek ArcGIS yazılım programı yardımı ile ÇKKA ile uygun kış rekreasyon alanı belirlemede kayak tesisinin yola yakınlık kriterinin belirlenmesinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır (Şekil 3.2).



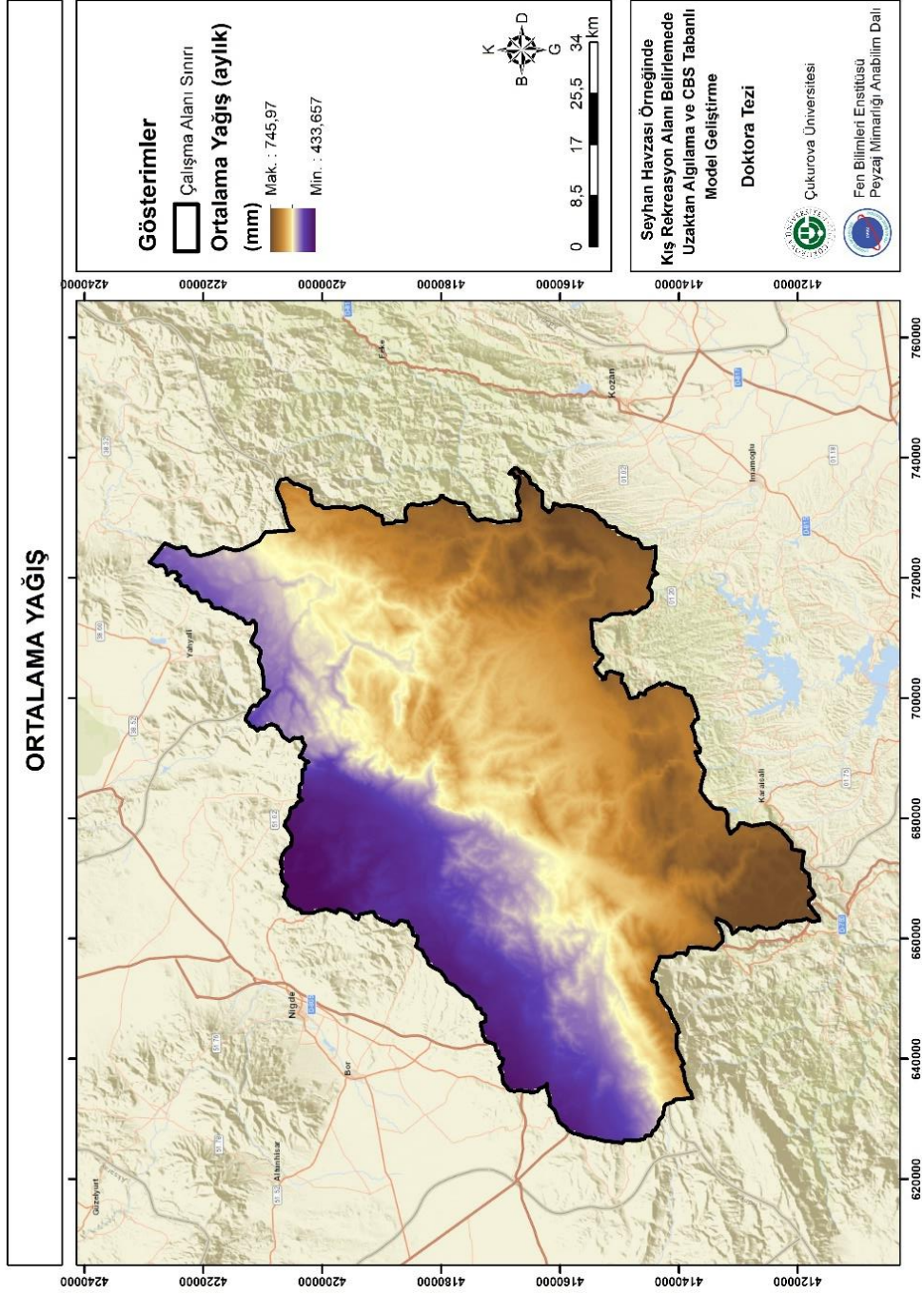
Şekil 3.2. Yol Ağları Verisi Görüntüsü

3.2.1.2. İklim Verileri

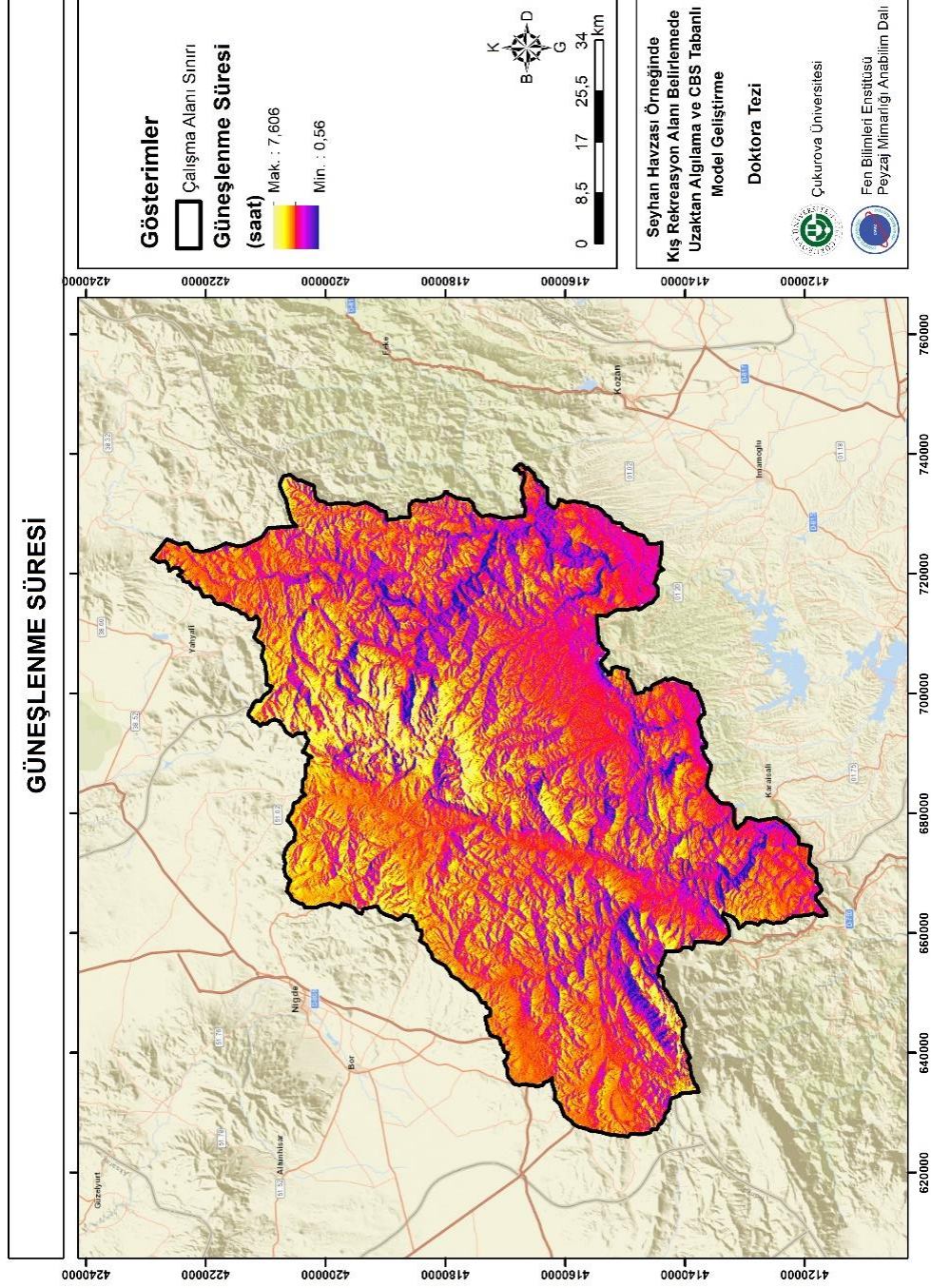
2015-2019 yılları için Seyhan (Üst) Havzası sınırları kapsamında ki çalışma alanı içerisinde yer alan 9 adet gözlem istasyonuna ait maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, ortalama yağış, güneşlenme süresi ve kar kalınlığı verileri Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek haritalandırılmıştır (Şekil 3. 3, Şekil 3.4, Şekil 3.5). Ayrıca yine aynı yerden elde edilen 2015-2020 yılları arasında ölçülmüş meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış, rüzgâr, nem) J2000 modelinde zaman serisi olarak kullanılmıştır. Kış rekreasyonu için uygun alanlar belirlenirken ve belirlenen alanlarda kar kalınlığı ölçülerini doğrulamak için kullanılmak üzere düzenlenmiştir.



Şekil 3.3. Ortalama Sıcaklık Verisi Görüntüsü



Şekil 3.4. Ortalama Yağış Verisi Görüntüsü

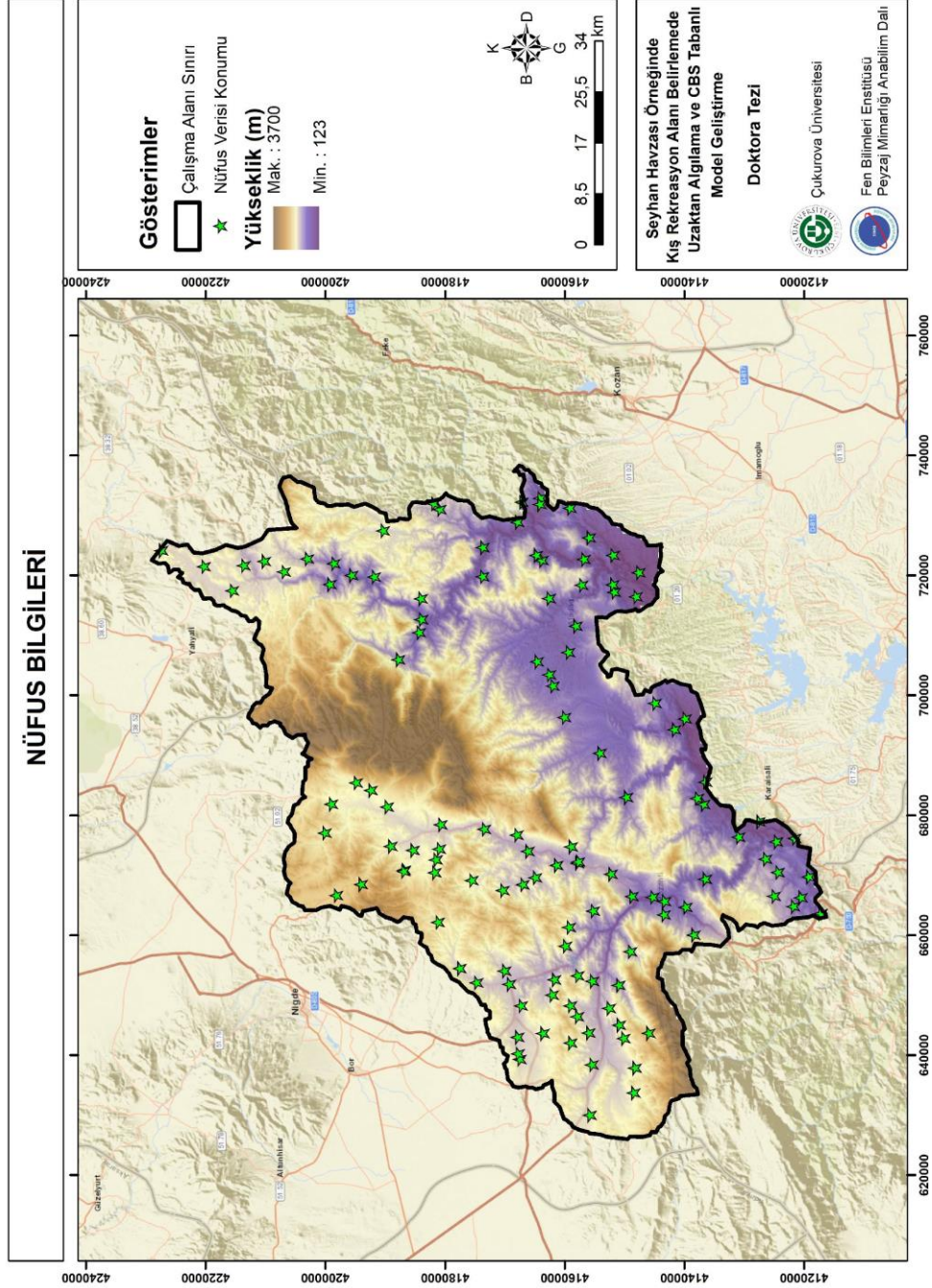


Şekil 3.5. Güneşlenme Süresi Verisi Görüntüsü

3.2.1.3. Nüfus Verileri

Çalışma kapsamında CBS tabanlı gerçekleştirilecek olan ÇKKA yönteminde kriter olarak kullanılacak olan nüfus yoğunluğu verisini oluşturmak için, çalışma alanının 2015-2019 yılları arasındaki ortalama nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TUIK) alınarak ArcGIS programı yazılım desteği ile sayısallaştırılarak haritalandırılmıştır (Şekil 3.6).





Şekil 3.6. Nüfus Bilgileri Verisi Görüntüsü

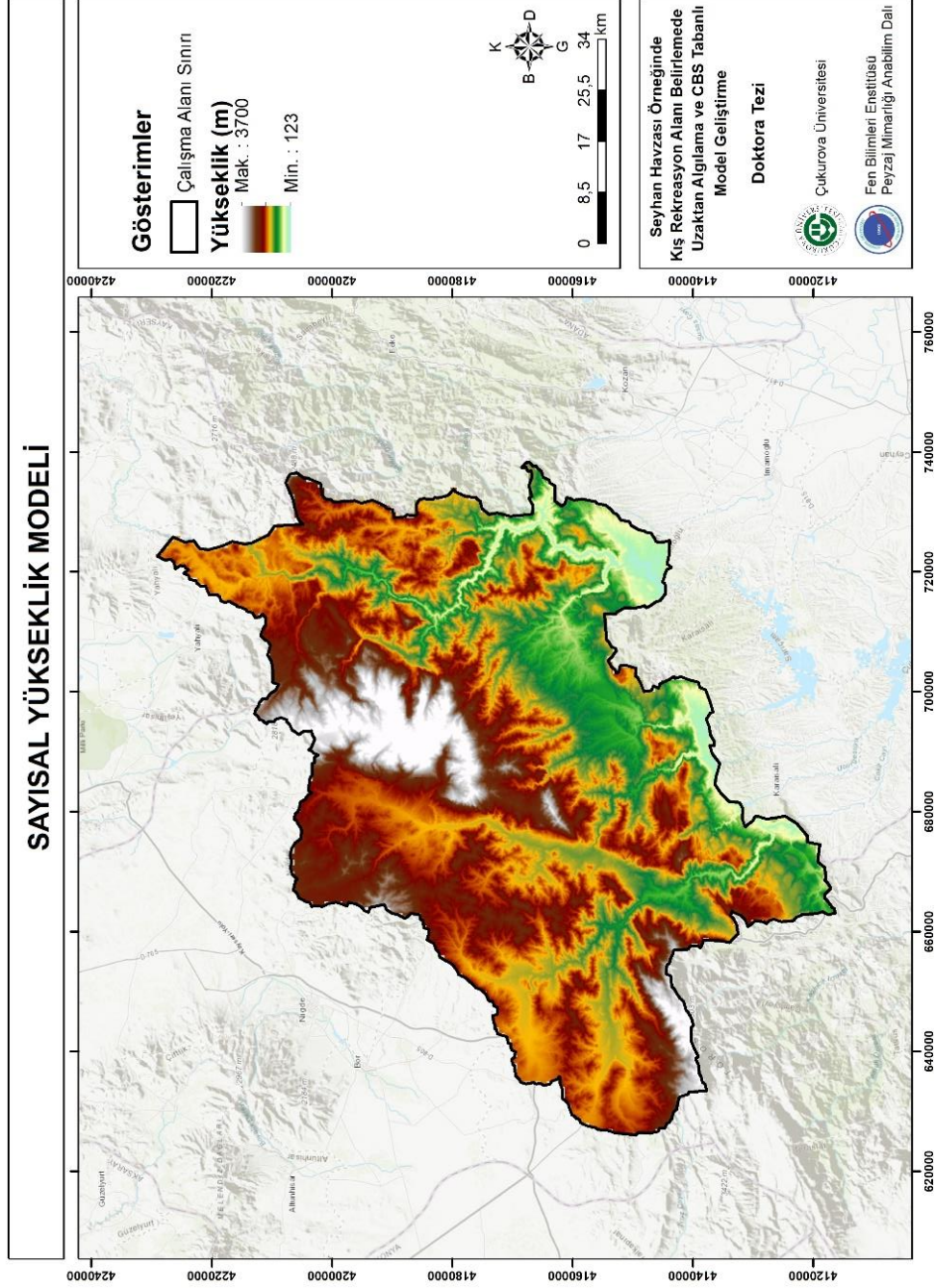
3.2.1.4. Uydu Verileri

Dünya etrafında çeşitli kullanım isteklerine göre çeşitli teknik özelliklerde ve farklı çözünürlüklerde uydu sistemleri yer almaktadır. Bu sistemlerden üretilen yer verileri mevcuttur. Günümüz teknolojisinin gelişmesi ile birlikte uzaktan algılama ve haritacılık alanlarında sıkça kullanılan bu verilerin farklı özellikleri bulunmakta olup, konumsal çözünürlükleri 1 metre – 1 km arasında, radyometrik çözünürlükleri 3-12 bit arasında ve zamansal çözünürlükleri ise 1-40 gün arasında değişmektedir.

3.2.1.4.(1). ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) Veri Seti

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) bir arazi yüzeyini üç boyutlu (3B) olarak tanımlayan ve araziye ait yükseklik verilerinden elde edilmiş bir sayısal modeldir. Topografya ile ilgili yükseklik, eğim ve bakı gibi faktörlerin hesaplanması için temel girdi verisi olan SYM görüntüsü için ASTER GDEM görüntüsü kullanılmıştır. ASTER GDEM, Japonya Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ve ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) ortaklaşa bir projesi olup ASTER uydusundan elde edilen verilerden üretilmektedir (Erdoğan, 2019).

ASTER uydu verisi ile 30 metre çözünürlükte oluşturulan SYM verisi (Şekil 3.7) ile ÇKA kapsamında kullanılmak üzere eğim, eğim uzunluğu, yola yakınlık, güneşlenme şiddeti ve manzara özelliği verileri üretilmiştir.



Şekil 3.7. ASTER Sayısal Yükseklik Modeli Verisi Görüntüsü

3.2.1.4.(2). MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) Veri Seti

2,330 km genişliğindeki (swath genişliği) MODIS modülü, 36 farklı spektral bandı yardımıyla dünyamızdaki her noktayı her 1-2 günde bir görüntüleyebilecek kapasitededir. Modül, hemen hemen her gün gezegen yüzeyinin yüzde kaçının bulutlarla kaplı olduğunu ölçebilmektedir. MODIS modülü yardımıyla iklimler üzerinde hangi efektin etkili olduğu uzun süreçte daha iyi kanıtlanacaktır. MODIS, küresel karbon döngüsünü çalışmalarına yeni anlayışlar kazandıracak olan biyosferdeki geniş ölçekli değişimlerin izlenmesi içinde ideal bir modüldür. Mevcut uydu sensörlerinden hiçbiri atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonlarını direkt olarak ölçemezken, MODIS modülü, bitki üretiminde ne kadar sera gazı soğurulduğu ve kullanıldığı hakkında daha iyi tahminler oluşturmak için karasal ve deniz bitkilerinin fotosentetik aktivitesini ölçebilir. Volkanik faaliyetler, sel, kasırga gibi afet olaylarının izlenmesine olanak sağlar. Ayrıca MODIS'in bantları yangınlara karşıda hassastırlar. Atmosfere yayılan gaz ve dumanlar için daha iyi tahminler yapılmasına imkân sağlar (Çizelge 3.2).

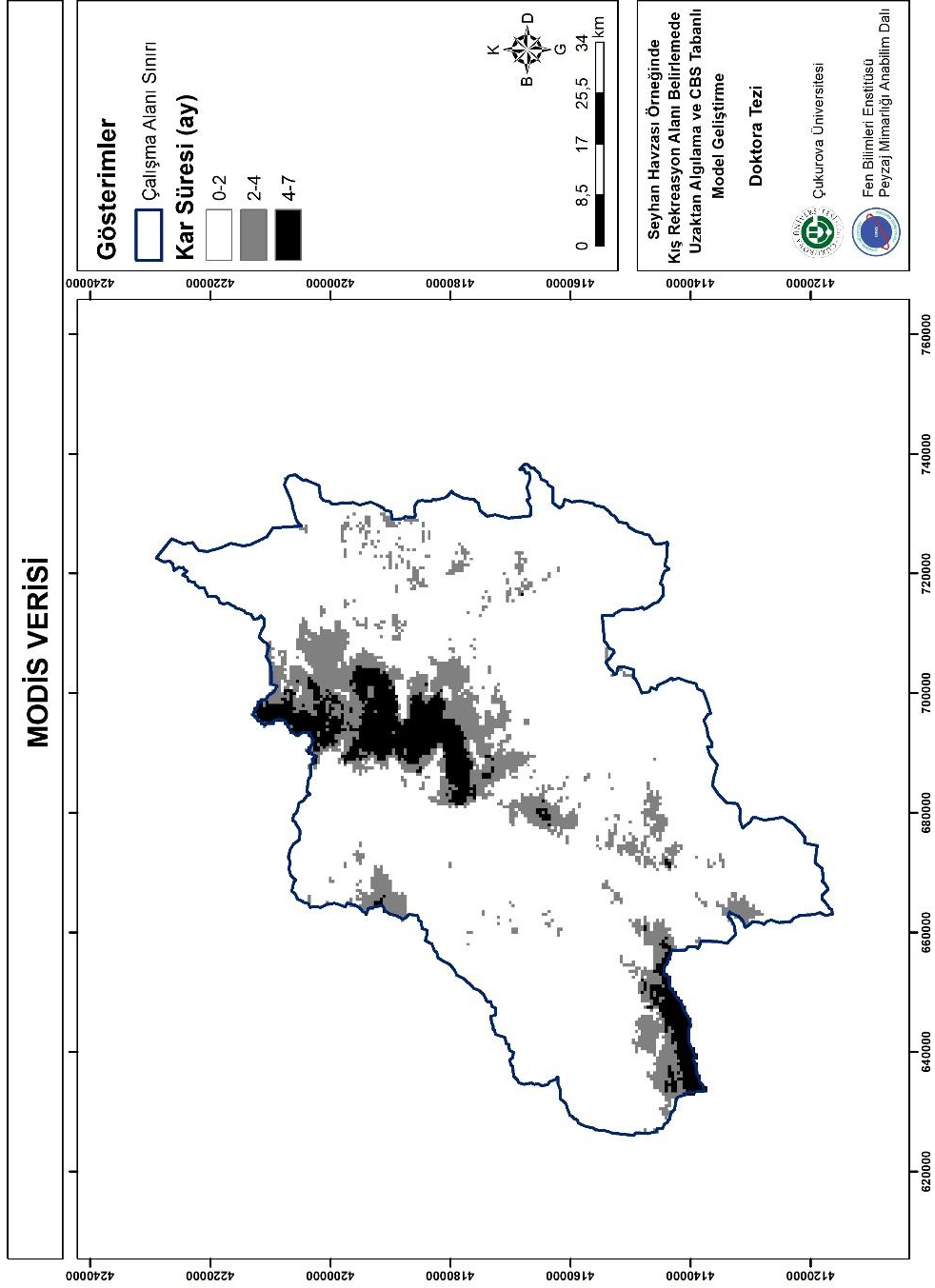
Çizelge 3.2. MODIS Veri Seti ve Özellikleri (Erdoğan vd., 2013)

UYDU	ALGILAYICI TİPİ / TARİH	ÇÖZÜNÜRLÜK			Şerit Genişliği (km)
		Konumsal (metre)	Radyometri k (bit)	Zaman sal (gün)	
MODIS/	MODIS /	250	8 bit	1-2	2330
TERRA	1999-	500	8 bit	1-2	2330
(METI&NASA)		1000	8 bit	1-2	2330

MODIS veri seti, kar ve buzun kapsadığı alanları da haritalandırabilmektedir. Çalışma kapsamında 2015-2019 yılları içerisinde Ekim-Nisan ayları arasındaki tüm ayların verilerini kapsayacak şekilde zamansal veriler indirilmiştir (Çizelge 3.3). Veri indirme işlemleri NASA destekli National Snow and Ice Data Center (NSIDC) veri tabanı sitesinden gerçekleştirilmiştir. Bu alandan indirilen veriler 8 günlük periyotlar ve 500 metre gridler halinde 1200 km x 1200 km uzunluğunu kapsayacak şekilde karla kaplı alanları kompozit veri seti olarak vermektedir. Bu kısımdan indirilen veri kodu ise MOD10A1 olarak girilmektedir. CBS araçları yardımı ile gerçekleştirilecek ÇKA'nın en önemli kriterlerinden biri olarak kullanılmak üzere ay bazında ve yıl içerisindeki karın yoğun olduğu bu 7 ayın ortalama kar kaplılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.8).

Çizelge 3.3. Çalışmada Kullanılan MODIS Veri Seti Tarih ve Zaman Aralığı

MODIS VERİ SETİ		
YIL	Başlangıç Zamanı	Bitiş Zamanı
2015	9.01.2015 00:00:00	16.01.2015 23:59
	10.02.2015 00:00	17.02.2015 23:59
	6.03.2015 00:00	13.03.2015 23:59
	7.04.2015 00:00	14.04.2015 23:59
	8.10.2015 00:00	15.10.2015 23:59
	9.11.2015 00:00	16.11.2015 23:59
	11.12.2015 00:00	18.12.2015 23:59
	9.01.2016 00:00	16.01.2016 23:59
2016	10.02.2016 00:00	17.02.2016 23:59
	13.03.2016 00:00	20.03.2016 23:59
	6.04.2016 00:00	13.04.2016 23:59
	7.10.2016 00:00	14.10.2016 23:59
	8.11.2016 00:00	15.11.2016 23:59
	10.12.2016 00:00	17.12.2016 23:59
	9.01.2017 00:00	16.01.2017 23:59
	10.02.2017 00:00	17.02.2017 23:59
2017	6.03.2017 00:00	13.03.2017 23:59
	7.04.2017 00:00	14.04.2017 23:59
	8.10.2017 00:00	15.10.2017 23:59
	9.11.2017 00:00	16.11.2017 23:59
	11.12.2017 00:00	18.12.2017 23:59
	9.01.2018 00:00	16.01.2018 23:59
	10.02.2018 00:00	17.02.2018 23:59
	6.03.2018 00:00	13.03.2018 23:59
2018	7.04.2018 00:00	14.04.2018 23:59
	8.10.2018 00:00	15.10.2018 23:59
	9.11.2018 00:00	16.11.2018 23:59
	11.12.2018 00:00	18.12.2018 23:59
	9.01.2019 00:00	16.01.2019 23:59
	10.02.2019 00:00	17.02.2019 23:59
	6.03.2019 00:00	13.03.2019 23:59
	7.04.2019 00:00	14.04.2019 23:59
2019	8.10.2019 00:00	15.10.2019 23:59
	9.11.2019 00:00	16.11.2019 23:59
	11.12.2019 00:00	18.12.2019 23:59

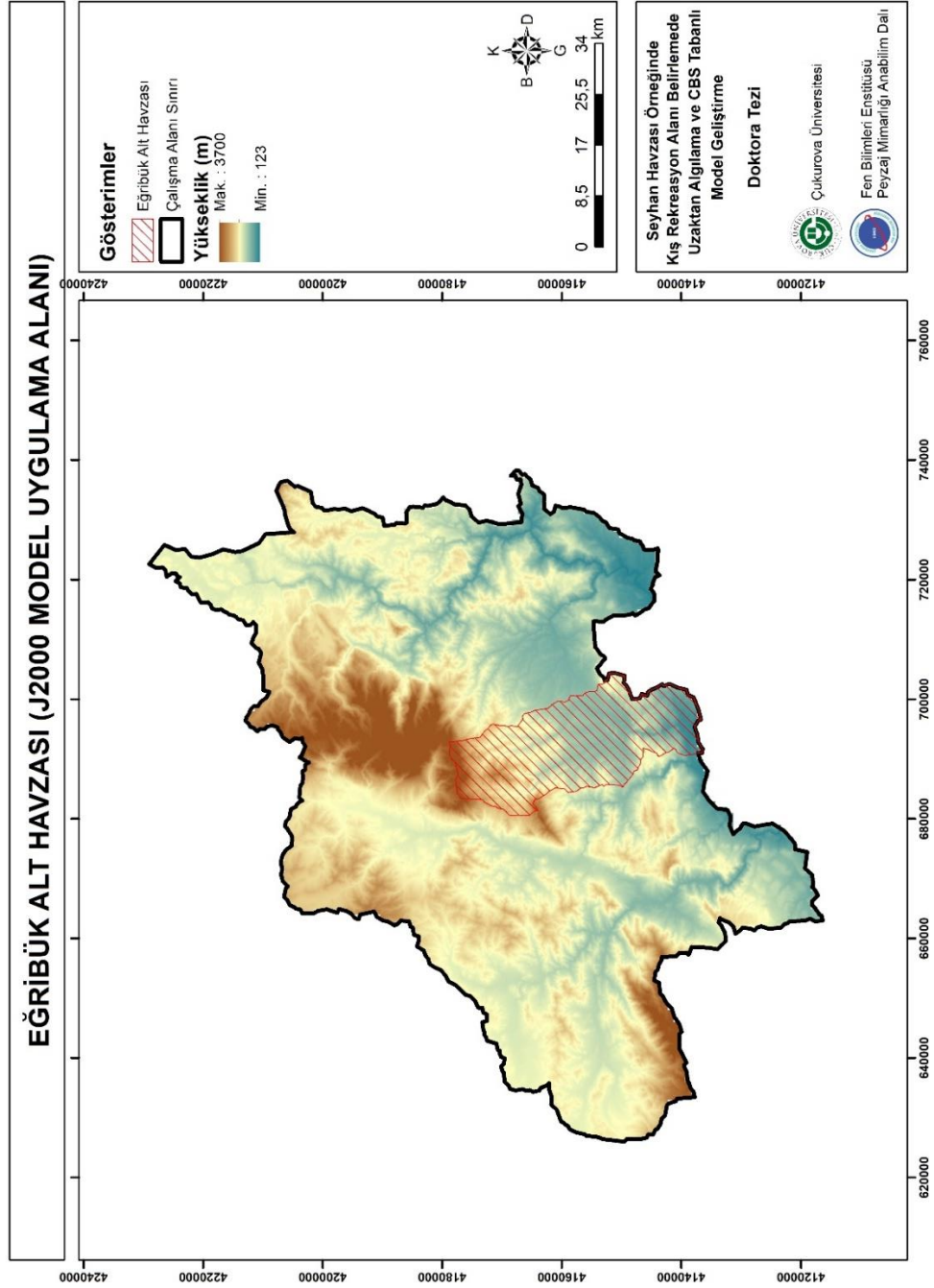


Şekil 3.8. MODIS Uydu Verisi Görüntüsü

3.2.1.4.(3). J2000 Hidrolojik Modelleme Veri Seti

Çalışmanın ikinci aşamasında oluşturulacak olan kar örtüsü ve bileşenlerinin modellenmesi ve model sonuçlarının interferometri yöntemi ile test edilebilmesi için yersel ve zaman serilerinden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. ASTER görüntüsünden elde edilen SYM hidrolojik modelleme aşamasında çalışma alanı akış yönü, Seyhan Nehri akış potansiyeli, eğim ve bakı haritalarının oluşturulması için kullanılmıştır. Modelde ayrıca jeoloji ve toprak haritaları kullanılarak, CBS analizleri ile modele uygun formata dönüştürülmüştür. Çalışma kapsamında 2015-2020 yılları arasındaki meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış, rüzgâr, nem), J2000 modeli zaman serisinde girdi verisi olarak kullanılmıştır.

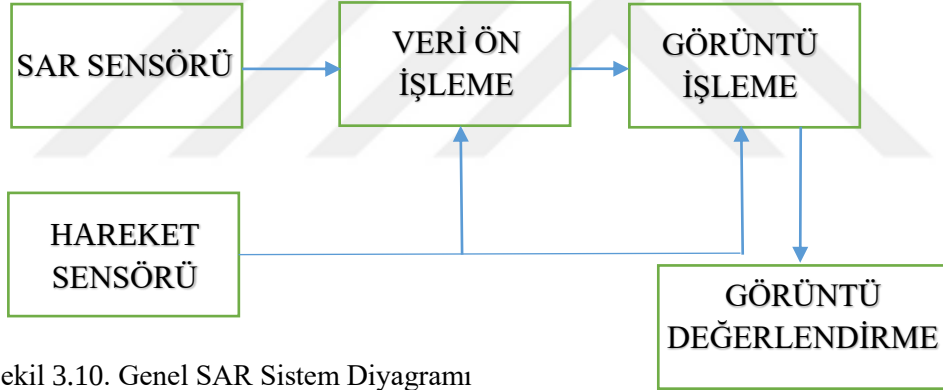
Modelin çalışacağı alan olarak alt havza bazında çalışma alanı kapsamında yer alan Eğribük alt havzası seçilmiştir. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan ve Seyhan Havzası sınırları içerisinde bulunan alt havza Toros Dağlarına doğru uzanmaktadır (Şekil 3.9). Yüz ölçümü 552.76 km²'lik bir alanı kaplayan bölgenin yükselti ortalaması 1300 m üzerinde olup en düşük noktası 210 metre olarak ölçülmüştür. Eğribük alt havzası oluşturulurken Eğribük akım gözlem istasyonu referans alınmıştır.



Şekil 3.9. Eğribük Alt Havzasının Çalışma Alanı'nda Konumu

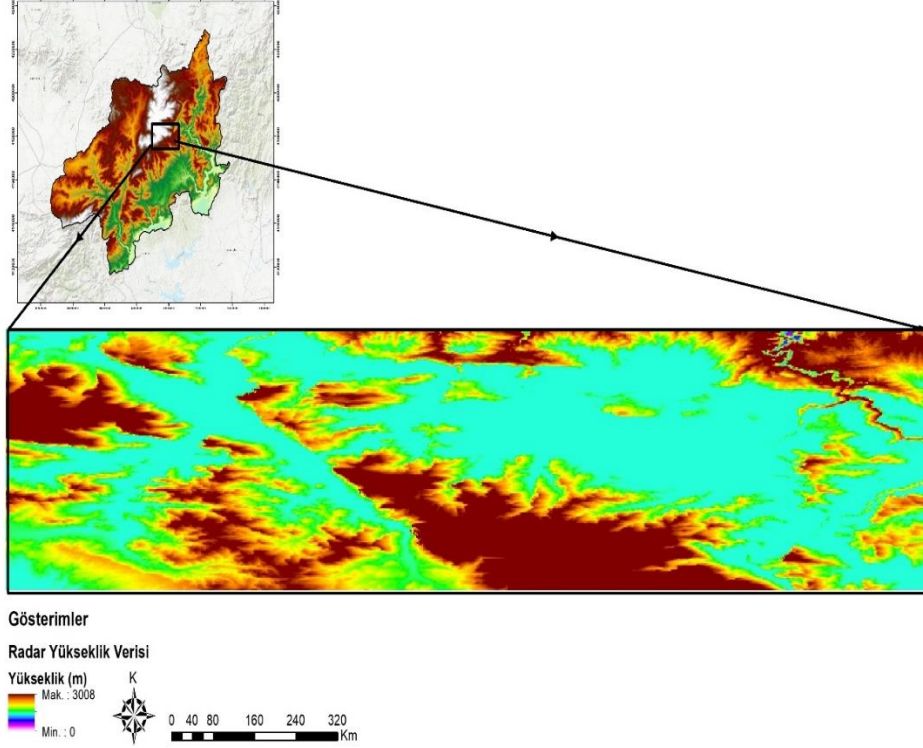
3.2.1.4.(4). SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) Veri Seti

Genel SAR sistem mimarisi Şekil 3.10'da görüldüğü gibi özetlenebilir. SAR sensöründen elde edilen ham SAR verisi hareket sensöründen elde edilen verilerle birlikte veri ön işleme birimine gönderilir. Burada görüntü oluşturulmadan önce ham veri üzerinde birincil seviye sarsıntı telafisi yapılır. Daha sonra ön işlemeden geçen veri odaklanmış SAR görüntüsünün elde edilebilmesi için görüntü işleme ünitesine aktarılır. Görüntü işleme birimi arta kalan sarsıntı telafisinin yapıldığı, elde edilen ham görüntünün daha iyi odaklandığı, gürültü azaltma işlemlerinin yapıldığı ve görüntünün hedef tespit ve tasnife hazır hale getirildiği birimdir. Son olarak görüntü değerlendirme birimi, hedef tespit ve tasnifinin yapıldığı, uygulamaya yönelik bilgilerin kullanıcıya aktarıldığı birimdir (Carrara vd., 1995).



Şekil 3.10. Genel SAR Sistem Diyagramı

SAR sistemleri standart radarların pratikte sağlayamadığı yanca yönünde yüksek çözünürlüğü uyguladıkları veri toplama yöntemi ve veri işleme algoritmalarıyla sağlayabilmektedirler (Şekil 3.11). Ayrıca kullandığı sentetik açıklık yöntemi nedeniyle platform sarsıntısının elde edilen görüntünün odaklanabilmesi açısından telafi edilmesi gerekmektedir. Son olarak, SAR sistemleri askeri ve sivil alanda sağladığı yüksek çözünürlük avantajı sayesinde oldukça geniş kullanım alanı bulmaktadır (Soumekh, 1999).



Şekil 3.11. Çalışma Alanından SAR Radar Yükseklik Verisi Örneği

3.2.1.4.(4) a. SAR Radar Uygulama Alanları ve Özellikleri

SAR sistemleri sağladıkları yüksek çözünürlük sayesinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle her türlü hava koşulunda ve gece/ gündüz yer tespiti ve yer gözetleme gibi durumlarda oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Arazi profilinin çıkarılması, yer araçlarının tespit ve takibi gibi yüksek çözünürlük gerektiren durumlarda tercih edilen bir sistemdir. Diğer bir kullanım alanı olarak da ileride oluşabilecek bir probleme karşı önceden önlem almak adına tarım, orman ve buzul alanlarının gözlemlenmesi gösterilebilir. Son olarak, Interferometrik SAR teknolojisiyle üç boyutlu arazi profili çıkarmak da mümkündür (Carrara vd., 1995).

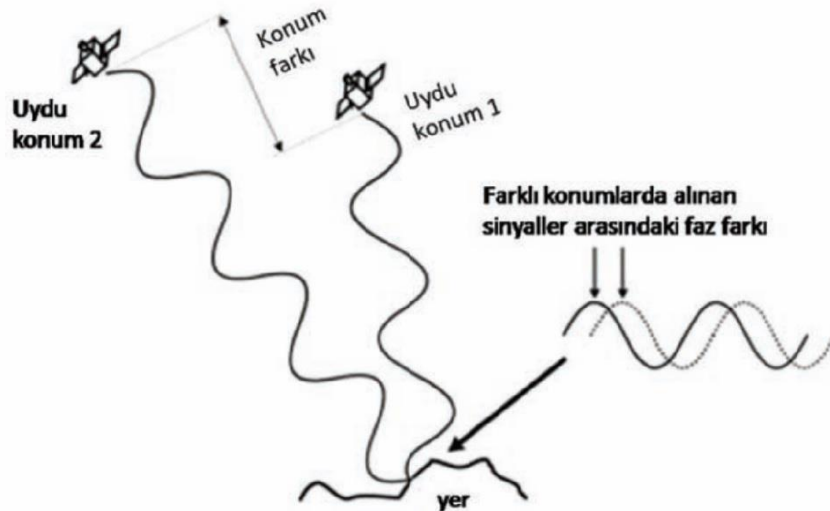
Polarimetrik SAR, polarizasyon elektromanyetik dalganın elektrik alan vektör yönünü belirtmek için kullanılan bir kavramdır. Elektrik alan vektör yönü

yatay (horizontal, H) ya da dikey (vertical, V) olabilir. Radar alıcı ve verici antenlerinin dizaynı da bu doğrultuda yapılır. Bu yüzden radar polarizasyonu alıcı ve verici antenin polarizasyonları doğrultusunda belirlenir. Buna göre HH, HV, VV ve VH olmak üzere dört farklı radar polarizasyonu mevcut olabilir. Örneğin, polarizasyonu VH olan bir radarın verici antenin dikey polarizasyonlu elektromanyetik dalga üretirken, alıcı antenin yatay polarizasyonlu elektromanyetik dalgayı algıladığı anlaşılabılır. Bir radar tek bir polarizasyona sahip olabileceği gibi birkaç polarizasyonu bir arada bulundurma özelliğine de sahip olabilir. Böyle radarlara çoklu polarizasyon radar denir. Genellikle araştırma radarları çoklu polarizasyona sahiptir. Bir radar herhangi bir cisme veya yüzeye belli bir polarizasyonda elektromanyetik dalga gönderdiği zaman yüzeyden saçılan dalganın polarizasyonu ve yoğunluğu yüzeyin özelliklerine göre değişim gösterebilir. Bu değişim radar görüntüsünü de etkileyeceği için görüntüden yüzeyin özelliklerini anlamak mümkündür. Cisimlerin bu özellikleri polarizasyon imzası olarak tanımlanır. Polarizasyon imzası belli bir polarizasyona sahip olan bir elektromanyetik dalga ile aydınlatılan bir cisimden geri yansıyan yankıların yoğunluk, polarizasyon gibi değişen özelliklerini gösteren bir kavramdır (Stimson,1998).

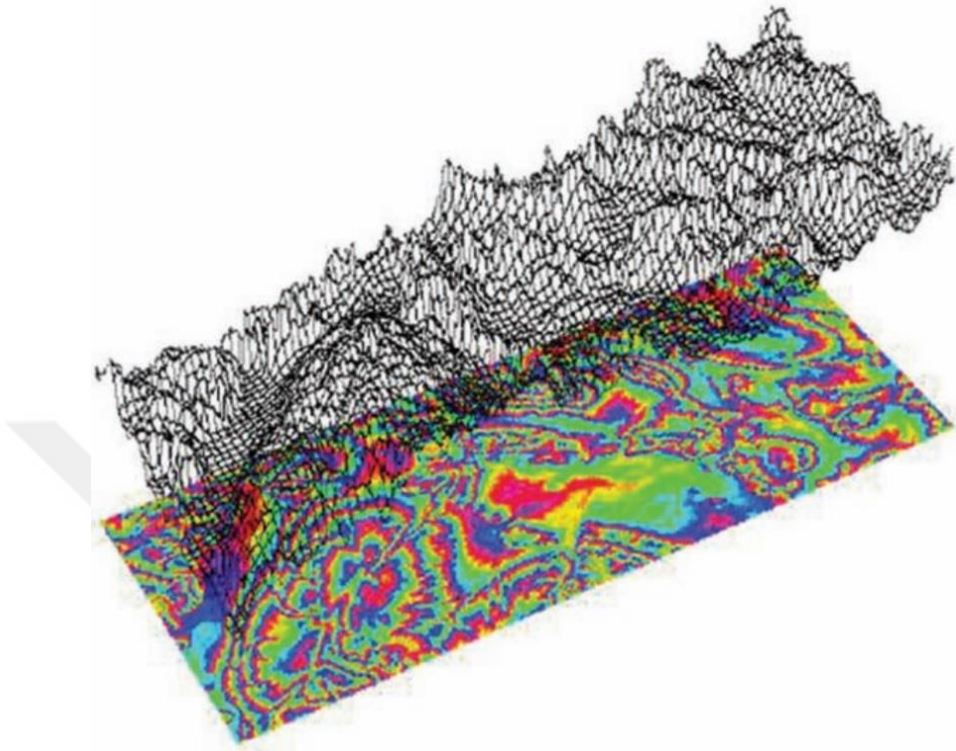
Her cisimim kendine özgü tek bir polarizasyon imzası vardır. Polarizasyon imzası, radar frekansı ve bakış açısı, gönderilen dalganın düşme açısı ve polarizasyonuna bağlı olarak değişir. Ayrıca cismin geometrik yapısına, yönüne, geri yansıtma özelliğine (reflectivity) ve atmosferik özelliklere göre de değişmektedir. Bu sayede elde edilen radar görüntüsünün tanımlanması ve sınıflandırılması (image classification) mümkün olmaktadır (Irak, 2009).

Interferometrik SAR, sinyalin genliği hedefin geri yansıtma özelliğini ortaya koyarken, faz bilgisi hedefe olan uzaklığa göre belirlenen bir değerdir. Interferometrik SAR iki SAR görüntüsünde birbirine karşılık gelen piksellerin fazlarının farkını kullanarak yükseklik bilgisi elde eder. Şekil 3.12’de Interferometrik SAR tekniğinin çalışma prensibi gösterilirken, Şekil 3.13’de elde

edilen faz farkına karşılık gelen yükseklik bilgisi gösterilmiştir. Bu yüzden bir görüntünün sahip olduğu faz tek başına anlamsızdır. Klasik SAR metotlarından farklı olarak Interferometrik SAR tekniği hedeften geri yansıyan sinyalin genliğinin yanı sıra faz bilgisini de kullanarak hedefin üçüncü boyutunu da ölçme imkânı sağlar. Bu nedenle çoğunlukla yeryüzü topografyasının haritasını çıkarmak ya da belli bir bölgede meydana gelen topografik değişiklikleri gözlemlemek amacıyla kullanılır. Bu sistemler çoğunlukla uzay platformlarına monte edilir. Interferometrik SAR tekniğinde faz bilgisi aynı bölgeden elde edilmiş iki farklı görüntünün karşılaştırılmasıyla elde edilir. Farklı görüntüler elde etmenin iki farklı yolu vardır. Bunlardan birincisi bir uzay platformunun aynı topografya bölgesinden iki farklı zamanda geçerek elde ettiği görüntülerin kıyaslanmasıdır ve buna tekrar geçişli (repeat-pass) interferometri tekniği denir. Bu teknikte, iki farklı görüntü alımı arasında geçen zaman aralığında bölgede önemsenecek büyüklükte bir değişimin olmadığı varsayılır. İkincisi ise iki farklı uzay platformunun birbirlerine göre belli bir mesafede konuşlanarak farklı bakış açılarından eş zamanlı elde ettikleri görüntülerin kıyaslanmasıdır ve buna tek geçişli (single-pass) interferometri tekniği denir (Irak, 2009).



Şekil 3.12. Interferometrik SAR Tekniği Çalışma Biçimi (Irak, 2009)



Şekil 3.13. Faz'dan Yükseklik Bilgisi Eldesi (Irak, 2009)

3.2.1.4.(4) b. Çalışma Kapsamında Kullanılan Radar Verileri

2015-2019 yılları arasında çalışma alanımız olan Seyhan (Üst) Havzasını ve ÇKKA yöntemi sonucu kış rekreasyonu için uygun alan olarak belirlenecek olan alt havzaları kapsayacak şekilde Radar veri setleri oluşturulmuştur.

Radar uydu verilerinin kullanılmasında planlanan veriler ve programlar hakkında da kapsamlı incelemeler yapılarak çalışmada kullanılması düşünülen Radar veri setinin kışlık rekreasyon alanlarının belirlenmesi ve kar kalınlığı ölçümü gibi alanlarda kullanılacak uygun veriler olduğuna dair çeşitli araştırmalar ortaya konmuştur (Badhwar, 1985; Avery ve Berlin, 1992; Heady ve Child, 1994; Clark ve Swayze, 1995; Hall vd., 1998; Wynne vd., 1998; Campbell, 2002; Dozier ve Painter, 2004; Rignot vd., 2008; Joughin vd, 2010).

Buna göre, güncel etkinlik gösteren ve çalışma kapsamına en uygun olarak gözlenen SAR verileri hakkında genel bilgiler Çizelge 3.4'te verilmiş olup,

konuyla ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilerin özeti aşağıda yer almaktadır;

Çizelge 3.4. Güncel Etkinlik Gösteren Başlıca Uzay Tabanlı SAR Sistemlerinin Özellikleri (Lillesand vd., 2015)

Fırlatma yılı	Uydu	Ülke	Radar Bandı	Pol.Modu	Bakış Açısı	Çözünürlük, m
2007	TerraSAR-X	Almanya	X	Çift	15-60°	1-18
2007	COSMO-SkyMed 1	İtalya	X	Dörtlü	20-60°	1-100
2007	COSMO-SkyMed 2	İtalya	X	Dörtlü	20-60°	1-100
2007	Radarsat-2	Kanada	C	Dörtlü	10-60°	1-100
2008	COSMO-SkyMed 3	İtalya	X	Dörtlü	20-60°	1-100
2010	TanDEM-X	Almanya	X	Çift	15-60°	1-18
2010	COSMO-SkyMed 4	İtalya	X	Dörtlü	20-60°	1-100
2012	RISAT-1	Hindistan	C	Dörtlü	12-50°	1-50
2014	ALOS-2	Japonya	L	Dörtlü	10-60°	1-100
2014	Sentinel- 1A	ESA	C	Çift	20-47°	5-40
2016	Sentinel- 1B	ESA	C	Çift	20-47°	5-40

Buzdan gelen Radar geri saçılması, buzun dielektrik özelliklerine ve mekânsal dağılımına bağlıdır. Buna ek olarak, buzun yaşı, yüzey pürüzlülüğü, iç geometri, sıcaklık ve kar örtüsü gibi etkenler radarın geri yansımaları da etkiler. X-bant ve C-bant radar sistemleri, buz tiplerinin ve çıkarımıyla ilgili buz kalınlığının belirlenmesinde kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır (Wynne vd., 1998).

ESA'nın Sentinel-1A/1B uyduları C-bandında, orta ile en yüksek enlemleri kapsayarak tek veya çift polarizasyonda veri dağılımı yapmaktadır. Sentinel 1 uydusu ilk olarak 2014 ve daha sonra 2016 da fırlatılmıştır. Bu hızlı veri dağılımı gemi takip, deniz buzunun izlenmesi, petrol birikintisi tespiti, kar buz dağılımı, sel ve kontrol edilemeyen doğal afetlere müdahale ve diğer zaman açısından kritik uygulamalar gibi işlemleri desteklemek üzere tasarlanmıştır (Heady ve Child, 1994).

Sentinel-1A SAR uyduları farklı çözünürlük ve tarama genişliğine sahip 4 farklı spesifik modda çalışabilen bir C-band (5.405 GHz) görüntüleme özelliği

sistemine sahiptir. Sentinel-1A uydu sistemleri için görüntüleme modları 5 metre çözünürlük ve 80 km uzunluğunda strip-map modu; 400 km'lik bir tarama genişliğinde 40 m çözünürlük verilerini sunan ekstra geniş bir tarama modu ve 20 metrelik bir çözünürlükte 250 km'lik bir tarama genişliğinde interferometrik veri elde etmek için her iki uydunun ardışık birlikte çalışmasıyla tek geçişli bir interferometrik modu içermektedir (Çizelge 3.5). Zamansal çözünürlüğü 6 gün olarak belirtilmiştir (Rignot vd., 2008).

Çizelge 3.5. Sentinel-1A Görüntüleme Modları (Sentinel 1 Team, 2013)

Mod	Tar. Gen. (km)	Çözünürlük (SLC) (m)	Çözünürlük (GRD) (m)	Polarizasyon H (Yatay) V (Dikey)
Strip Map (SM)	80	5*5	23*23	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Interferometric Wide Swath (IW)	250	5*20	20*22	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Extra-Wide Swath (EW)	400	20*40	50*50	HH+HV, VH+VV, HH, VV
Wave-Mode (WM)	20*20	5*5	-	HH, VV

Sentinel-1A SAR görüntülerinin işlenmesi için birçok program ve destek program eklentileri yer almaktadır. Bu kapsamda ilk olarak ENVI ve MATLAB programları dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra daha önceki çalışmalarda uygulanmış birçok JAVA destekli eklenti programlar yer almaktadır. Bunların en sık kullanılanları ESA (<https://www.esa.int>) destekli; Science Toolbox Exploitation Platform (STEP) ve Sentinel Application Platform (SNAP) olarak yer almaktadır. Veri seti elde edilebilmesi için ise yine aynı platformlara bağlı Sentinel Data Hub (Sentinel Veri Merkezi) kullanılabilmektedir (Campbell, 2002). Çalışma

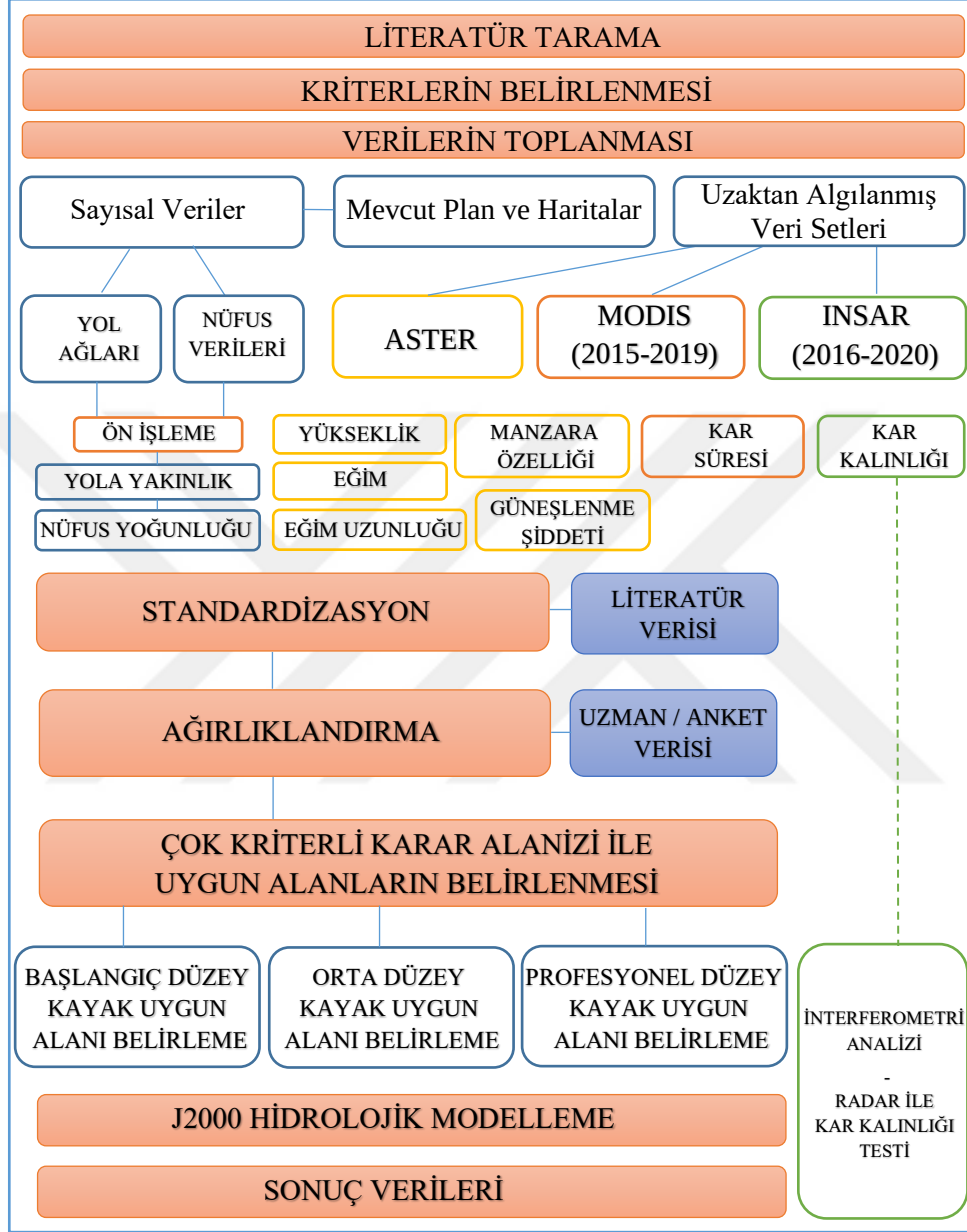
kapsamında interferometrik işlemleri basamaklarında SNAP ve onu destekleyen bir program olan SNAPHU programlarından yararlanılmıştır.

3.3. Metod

Doğal faktörlerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ile uygun alan seçimi rekreasyon kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, kar potansiyelinin tahmin edilip alanın fiziksel özellikleri ile ilişkilendirilebileceği kapsamlı bir sistem analizi modeli amaçlanmıştır. Çalışma alanının uygunluğunun belirlenmesi için Uzaktan Algılama sonuçları haritalandıktan sonra ÇKKA yöntemi geliştirilerek uygulanmıştır. Daha sonra bu uygun alanlar içerisinde yer alan alt havza örneğinde J2000 hidrolojik model yaklaşımı kullanılarak süreç tabanlı kar örtüsü bileşenleri tahmin edilmiştir. Ayrıca, RADAR Interferometri yöntemi ile kar-tabanlı rekreasyon uygunluk potansiyeli irdelenip test edilmiş ve sonuç verileri haritalanmıştır.

Çalışma yöntemi, ÇKKA ve kar-tabanlı rekreasyon uygunluğunu belirleme aşaması, J2000 hidrolojik modelleme aşaması, interferometri aşaması ve kapsamlı CBS analizleri ile gerçekleştirilmiştir.

Planlanan tez çalışmasının amaç ve hedeflerine ulaşmak üzere oluşturulan teknik yaklaşım, aşağıda belirtilen çalışma yöntemi akış şeması (Şekil 3.14) kapsamında belirtilen çalışma planı çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.14. Çalışmada İzlenen Yöntemin Akış Şeması

3.3.1. Kriterlerin Belirlenmesi ve Literatür Tarama Aşaması

Bu aşamada kış rekreasyonunda kriter olabilecek coğrafi özellikler (eğim, bakı, güneşlenme şiddeti, yükselti vb.) belirlenmiştir. Bu kapsamda öncelikle detaylı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Toplanan veriler eşliğinde çalışma alanının rekreasyona uygunluğu bakımından en önemli girdi verileri olan kar bileşenleri model sonuçları için faktör ağırlıklarının hesaplanmasında analitik hiyerarşi metodu kullanılmıştır. Bu prosedür ikili karşılaştırma (pairwise comparison) üzerine kuruludur. İkili karşılaştırma yönteminde kriter çiftlerinin (K1 ve K2) karşılaştırılmasında (1) Hangi kriter daha önemlidir? (K1 veya K2), (2) Önemli olan kriterin kendinden daha az önemli olan kritere göre önem derecesi ne kadardır? şeklinde iki soru sorulur. Sorular temelinde karşılaştırma 1/9'dan (en düşük öneme sahip) 9'a (en fazla öneme sahip) kadar sürekli bir ölçek kullanılarak yapılmaktadır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Seçilen Kriterlerin Önem Dereceleri

Değer	Tanımlama
1	Eşit önemlilikte
2	Biraz daha önemli
3	Zayıf daha fazla önemli
4	Zayıf orta derecede önemli
5	Orta derecede önemli
6	Orta kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
8	Çok fazla derecede önemli
9	Son derece önemli

Karşılaştırma matrisinin elde edilmesinden sonraki işlem, her bir matris öğeleri için oluşturulan tercihlerin özetlenmiş görece önemliliklerinden kriter ağırlıklarının belirlenmesidir. Kriter ağırlıklarının elde edilmesinde izlenen aşamalar şunlardır: I) İkili karşılaştırma matrisi sütunundaki her bir eleman

toplanır, II) her bir eleman toplam değere bölünür, III) her satır elemanı için normalleştirilmiş ortalama değerler hesap edilir (Borouhaki ve Malczewski, 2008).

3.3.2. Verilerin Toplanması ve Ön İşlemler Aşaması

Çalışma verilerimizin toplanması ve ön işlemler kısmında, ÇKKA aşamasında kullanacağımız veri setlerimizin tümünün aynı formatta ve özellikte olabilmeleri için çeşitli işlemler ve düzenlemeler yapılmıştır. Böylelikle tüm veriler standartlaştırılmıştır. Bu ön işlemler yapılırken ERDAS Imagine ve ArcGIS yazılım programlarından yararlanılmıştır.

2015-2019 yılları arasına ait ve Nüfus ve Vatandaşlık Müdürlüğü'nden alınan ortalama nüfus verileri ArcGIS programı yardımı ile sayısal ortama aktararak çalışmada kullanılmak üzere ilgili tarihler arasında ortalama nüfus yoğunluğu haritasını oluşturmak üzere düzenlenmiştir. Düzenlenen veri setinin geleceğe dönük projeksiyonları yapılmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü'nden alınan yol ağları bilgileri düzenlenerek yola yakınlık haritasında kullanılmak üzere CBS ortamına aktarılmış, çalışma alanı gerçek koordinatlarına uygun hale getirilmiş ve projeksiyon ayarları yapılmıştır.

Yine bu aşamada karın kalma süresinin çalışma alanına dağılımını koyabilmek için zaman serisi verisi olarak kullanılan 2015-2019 yılları arasındaki MODIS veri setimiz NSIDC (National Snow and Ice Data Center) veri tabanından farklı projeksiyon ve çalışma alanı koordinat sistemine entegre edilmeden indirilmiştir. Bu farklılıkların çalışma alanında kullanılacak tüm veriler için aynı olabilmesi için tüm MODIS veri seti projeksiyon ayarları ve koordinat değerleri yeniden düzenlenmiştir. Daha sonra tüm veriler GEOTIFF (Yersel Konumlandırılmış Tiff Görüntüsü) formatına çevirilerek ArcGIS yazılımında çalışmaya uyumlu olması sağlanmıştır.

Bu aşamada çalışma kapsamında kullanılan uydu görüntüsü verilerine projeksiyon girişleri yapılmasının ardından koordinat sistemleri doğruluğu kontrol

edilerek eksik olan verilere çalışma alanı sınırları içerisinde dünya üzerindeki yerlerini belirten koordinat değerlerinin girişleri yapılmıştır. Geometrik düzeltme yardımı ile görüntülerin birbirleri ile grid (raster) formatında çakışması sağlanmıştır. Bunun sonucunda grid formatında hazır olan görüntüler işlem yapılabilir ve sorgulanabilir hale getirilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan Sentinel-1A SAR veri setleri, radarın ücretsiz veri kaynağı ESA ya bağlı “Copernicus Open Access Hub” platformundan (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) indirilmiştir. Bu alanda görüntü özellikleri; Satallite Platform: S1A , Product Type: SLC, Polarisation: VV+VH, Sensor Mode: IW olacak şekilde ayarlanmış interferometrik işlemleri için gerekli temel özellikler oluşturularak, indirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Interferometrik işlemleri için her veri seti aynı alanın farklı tarihlerde çekilmiş olduğu çift görüntüden oluşmuştur (Rignot vd., 2008).

Ayrıca çalışmanın yine bu aşamasında alandaki resmi statü tanımlanmıştır; i) kış rekreasyonu için uygun olmayan alanların belirlenmesi (barajlar, hidro elektrik santralleri v.b.) ve kaynak alanları (maden ocakları, doğal araştırma alanları v.b.), ii) kış rekreasyonu tesisinde herhangi bir yasal engel bulunmayan alanlar tanımlanmıştır. Bu aşamada uygunluk analizinin yapılacağı çalışma alanının sınırları ve konumu ortaya konulmuştur.

3.3.3. Standardizasyon ve Ağırlıklandırma Aşaması:

Belirlenen kriterler ağırlık değerleri birbirleri ile anlamlı bir şekilde ilişkilendirmek için standart hale getirilmiştir. Kriter öznelik değerleri 0 ile 1 arasında derecelendirilmiştir. Standardizasyon aşamasında kriterlerin standart değer aralıklarında uygunluk derecelerine göre yeniden tanımlanması işlemi olan Bulanık Mantık (Fuzzy) Yöntemi standardizasyonu tercih edilmiştir. Standardizasyon ile özellikle karın kalma süresi parametrisi ve diğer seçilen kriterler CBS ortamında daha stabile ve uygun biçimde ilişkilendirilebilecektir.

Hazırlanan anket çalışması ile kayak sporu konusunda uzman kişilerin görüşlerine başvurularak, belirlenen kriterlerin öncelik durumları hakkında bilgi alınmıştır. Gerçekleştirilen anket çalışmaları ve literatür bilgileri katkısı ile ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve her kriterin ağırlık katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan anket çalışması örneği aşağıdaki gibi hazırlanmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Kayak tesisi çalışma anketi örneği

Kayak Tesislerinde	Hiç Önemli Değil	Az Önemli	Orta Derece Önemli	Önemli	Çok Önemli
Pist Eğimi					
Tesise Ulaşım					
Sabit Pist					
Uzunluğu					
Bölgedeki Nüfus					
Yoğunluğu					
Manzara Özelliği					
Konumsal					
Yükseklik					
Sezonluk Kar					
Süresi					
Güneşlenme					
Şiddeti					

3.3.4. Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemi Uygulama Aşaması:

Analitik Hiyerarşi ile ikili karşılaştırma matrisi elemanlarının elde edilmesi ve faktör ağırlıklarının bulunmasından sonraki son aşama, kriterlerin birbirleriyle birleştirilmesi ve kış rekreasyonu uygunluk haritası üretilmesidir. Bu aşamada Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme (ADB) metodu kullanılmıştır. Burada her bir faktör haritasının sahip olduğu normalleştirilmiş ağırlıkların birbirleri ile toplanarak uygunluk endeksi oluşturulmuştur. Her bir faktörün normalleştirilmiş toplam puanı, o faktörün değeri ile kendisine atanmış önemlilik puanının çarpımıyla ve sonra bu tüm sonuçların toplamıyla elde edilmiştir. Puan tüm faktörler için hesaplanmış ve en yüksek puana sahip olan faktör seçilmiştir. Aşağıdaki eşitlik uygunluk endeksinin oluşturulmasını göstermektedir.

$$e_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij} \quad i = 1, \dots, m$$

Eşitlikte m karar seçeneğini ve n ise kriter sayısını göstermektedir (Kavzoğlu ve ark., 2010). Bahsi geçen süreçte ikili karşılaştırma ve ADB metotları CBS ortamında cebir fonksiyonları (map algebra) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

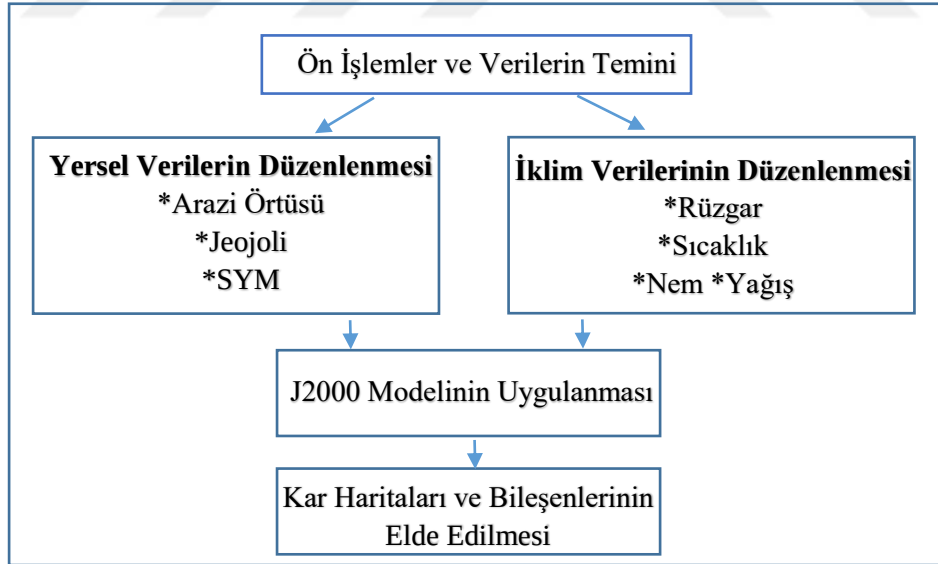
Karar seçeneği ve kriter seçeneği ilişkisi ile düşük, orta ve yüksek kış rekreasyonu alan gelişim uygunluğu bütünlük bir kış rekreasyonu uygunluk haritası ile ortaya konacaktır. Bütünlük uygunluk haritası, geleceğe yönelik kartabanlı rekreasyon gelişim potansiyeli için en uygun alanları işaret etmektedir. Çalışmada uygulanacak ÇKKA ile sadece kayak pisti uygunluk alanları değil aynı zamanda kar yürüyüşü gibi çeşitli kış rekreasyon aktiviteleri için alan uygunluğunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Önerilen yöntem, alanların eko-fiziksel bileşenleri ve model kar tahmin parametrelerin kapsamlı CBS analizleri ile ilişkilendirilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışma, özellikle ÇKKA ve kar modelleme uygulamalarının ilişkilendirilmesi ile karmaşık havzaların kış

rekreasyon uygunluğunun belirlenmesinde karar destek sisteminin güçlendirilebilmesi adına yenilikçi bir adım içermektedir.

Çalışma kapsamında ilişkilendirilecek doğal faktörler içerisinde özellikle hidrolojik yapı ve kar bileşenlerinin havza bazında belirlenmesi yüksek maliyet gerektirmekte ve zorlu arazi koşulları nedeniyle de güncel ve periyodik olarak belirlenmemektedir. Çalışma kapsamında uygulanan yaklaşım ile bu veriler, kar modellerinden güvenilir doğrulukta elde edilebilmesi ve kış rekreasyonunun belirlenmesi sürecinde ÇKKA'ya dâhil edilmiştir.

3.3.5. J2000 Hidrolojik Modelleme Aşaması:

J2000 hidrolojik modelleme çalışması 4 ana aşamadan oluşmaktadır; i) ön işlemler ve verilerin temini, ii) yersel ve zaman serisi verilerinin düzenlenmesi, iii) J2000 modelinin uygulanması ve iv) kar haritaları ve bileşenlerinin elde edilmesi aşamaları şeklindedir. Çalışma kapsamında uygulanacak yöntem akış şeması Şekil 3.15'te yer almaktadır.



Şekil 3.15. J2000 Hidrolojik Modelleme Yöntemi Akış Şeması

Çalışmanın ilk aşaması olan ön işlemler ve veri temini aşamasında, uygulanacak hidrolojik modellemede ve kar örtüsünün örnek alt havza bazında elde edilmesinde kullanılacak olan tüm veriler ön işlemlerden geçirilmiştir. Bu aşamadan sonra yersel tüm verilerin geometrik düzeltmeleri gerçekleştirilmiştir. Modelin yersel verilerinin UTM koordinat sistemi ayarlamaları yapılarak kaydedilmiştir. Aynı şekilde modelin zaman serisi verileri de J2000 hidrolojik modeline uygun olacak şekilde girdi verisi formatına dönüştürülerek düzenlemeleri tamamlanmıştır.

Hidrolojik modelin veri seti düzenlenmesinin ilk aşaması ve kar bileşenlerinin hesaplanmasında jeoloji verileri, arazi örtüsü verisi, SYM, Hidrolojik Tepki Üniteleri (HRU), toprak verileri ve meteorolojik verileri içeren geniş bir veri seti kullanılmıştır.

Toprak haritası ve jeoloji haritası CBS ortamında düzenlenerek bu haritalara literatür ve yersel bilgiler eklenerek bölgedeki kartstik yapı, toprak derinliği gibi parametreler ilave edilmiştir. Arazi örtüsü haritası olarak Ocak 2020 Landsat görüntüsün maksimum olasılık sınıflama yöntemi ile ilave edilmiştir. En önemli verilerden olan SYM verisi akış yönü, akım ağları ve dağılımları haritalarının oluşturulması için kullanılmaktadır. Tüm bu haritalar modele topoğrafik bilgi sağlamaktadır. Tüm verilerin birleştirilmesi sonucu alanda HRU haritası elde edilmektedir. Bu haritanın anlamı suyun alan içerisinde dağılımının yapıldığı küçük hidrolojik birimlerdir. Son olarak iklim verileri model formatına göre düzenlenerek modelin günlük bazda gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

J2000 modeli hidrolojik bileşenlerin bir çok modül ve algoritma ile kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu modül ve algoritmalar JAVA yazılım desteği ile literatürde kabul görmüş bir formatta kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında J2000 modelinin kar modülünden yararlanılmıştır. Bu modül kar örtüsünün miktarını kullanarak kar-su eşdeğerini hesaplamaktadır. Bu aşamada modelin veri setleri sabit kar parametrelerinden de yararlanmaktadır. Modelleme süreci kar örtüsü birikimi ve erime miktarının eşik sıcaklık değeri hesaplaması ile

başlatılacaktır. Daha sonra kar örtüsü birikim miktarı, kar ısısı ve kar yoğunluğu varsayımı hesaplanacaktır. Daha sonra yağış miktarına bağlı olarak kar su eşdeğeri ortaya konulacaktır. Kar-su eşdeğerinin heaplama aşamasından sonra kar erime miktarı hesaplanacaktır. Bu hesaplardan sonra ise kar erimesinin yeniden mümkün olacağı sıcaklık değerleri oluşturulacak, J2000 kar modeli yeniden kar örtüsü birikim aşamasını başlatarak biriken kar örtüsünü hesaplayacaktır. Daha sonrasında ise interferometri aşamasında kullanılmak üzere model kar haritaları ve kar derinliği haritaları oluşturulacaktır.

Daha sonradında ise iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesinde ve ekonometrik modelin oluşturulmasında IPCC'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change) beşinci raporunda tanımlanan RCP (Representative Concentration Pathways) (RCP 4.5, RCP 8.5) iklim değişikliği varsayımları temel alınacaktır. Böylece geleceğe yönelik modelleme tahminleri belirlenecek ve iklim değişikliğinin bu modelleme sonuçlarından nasıl etkileneceği üzerine görüşler ortaya konulacaktır.

3.3.6. Interferometri Uygulaması ve Sonuç Verileri Oluşumu Aşaması:

ÇKKA yöntemi sonucunda belirlenen uygunluk alanları SAR Radar veri setleri ile uygun alanlarda yer alan karın aynı bölgenin aynı zamanda farklı yüksekliklerden çekilen uydu verileri yardımı ile interferometri yöntemi (Şekil 3.16) uygulanarak bölgedeki kar kalınlığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Farklı zaman periyotlarında tespit edilen kar kalınlığı verisi uygun olarak belirlenen alanlarda karın düzenli bir yoğunluk ve hacimde kalıcılığını test etmektedir. Böylece sonuç verileri üretilirken bu veri setinden yararlanılarak uygun alanların belirlenmesinde önem derecesi yüksek olan kar faktöründen daha fazla yararlanılmak istenmektedir.

Interferometri yönteminin gerçekleştirilmesinin birkaç aşaması vardır. Öncelikle Sentinel-1A SAR veri setinin Copernicus platformu üzerinden istenilen özelliklerde indirilerek, analiz işlemi için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Sentinel-1A uydusu ile alınan veriyi kullanabilmek ve hazır hale getirmek için birtakım işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemler Radar uyduları için geliştirilen ve

özellikle Sentinel verilerine yönelik çalışmalarda kullanılan, kendine ait araç kutuları olan ve yapılan birçok çalışmada bu konuda genel geçer bir çıktı verisi üretebilen Sentinel Uygulama Platformu (SentiNel Application Platform), kısa ismi ile SNAP tarafından gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen analizlerde elde edilen verinin faz açma işlemi için SNAPHU bölümünden yararlanılarak veri seti dışarıya aktarılmakta, faz açma işlemi CYGVİN64 yazılım programı desteği ile gerçekleştirildikten sonra sonuç verileri yeniden SNAPHU bölümü kullanılarak SNAP programı içerisine aktarılmaktadır.

Sentinel-1A veri setinin temininden sonra dosyalar interferometri yöntemi için çift olarak çağırılmıştır. İlgili aylar içerisinde farklı günlerde aynı alanın çekiminin yapıldığı verilerin genel değerleri kontrol edilmiştir. Kullanılan tüm verilerin aynı parçadan alınmış olunabilmesi için “Track” değerlerinin aynı olması gerekmektedir.

Verilerin genel bilgileri kontrol edilip aynı parçadan Track değerleri eşit olan veri setleri interferometri için kullanıma hazır hale getirildikten sonra; SNAP programının hazır olarak kullanıcıya sunduğu grafik tablolarının arasından interferogram grafiği ile birinci ve ikinci görüntü seçilmiştir.

TOPSAR Split bölümünde VV veya VH polarizasyonlarından bir tanesi seçilerek daha sonraki aşamada işlem yapılacak alanı kapsayacak şekilde daraltma işlemi yapılarak interferometri analizi yapılacak olan alan belirlenir.

Back-Geocoding kısmında çalışma kapsamında kullanacağımız ve ikili interpolasyon için gerekli SYM seçilir. Interferometri çalışması için SYM verisi olarak STRM3 verisi seçilir. Bu veri setinin belirlenmesi ile birlikte ikili interpolasyon seçimi yapılmıştır. Hata oranları ve sıçramaları görebilmek adına “output deramp and demod phase” uygulaması yapılmıştır.

Seçilen verilerin bütünleştirilmesi için önemli bir adım da TOPSAR Deburst bölümüdür. Bu kısımda VV veya VH seçeneklerinden belirlenmiş olan seçilerek ikili veri setinin aynı bütünlükte olabilmesi sağlanır. Tüm bu işlemler sonunda veriler interferometriye hazır hale getirilerek işlem başlatılır.

SAR tekniği ile elde edilen görüntülere has bir durum olan ve benek gürültü olarak adlandırılan etki vardır. Bunun nedeni ham verinin kompleks bir

yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Her bir piksel birden fazla yansıtıcı cisim ya da hedef içerdiği için yansıtıcıdan dolayı fazlar rastgele dağılım gösterir. Bu da cisimlerin birbirlerinin yansımalarını zayıflatmasına ya da güçlenmesine neden olabilir. Bu cisimler arasındaki istatistiksel girişim, SAR görüntüsünde benekli bir görünüm katmaktadır ve tespitler zorlaşmaktadır (Irak, H., 2009). Verideki bu etkiden kurtulmak için “Goldstein Faz Filtreleme” uygulanır.

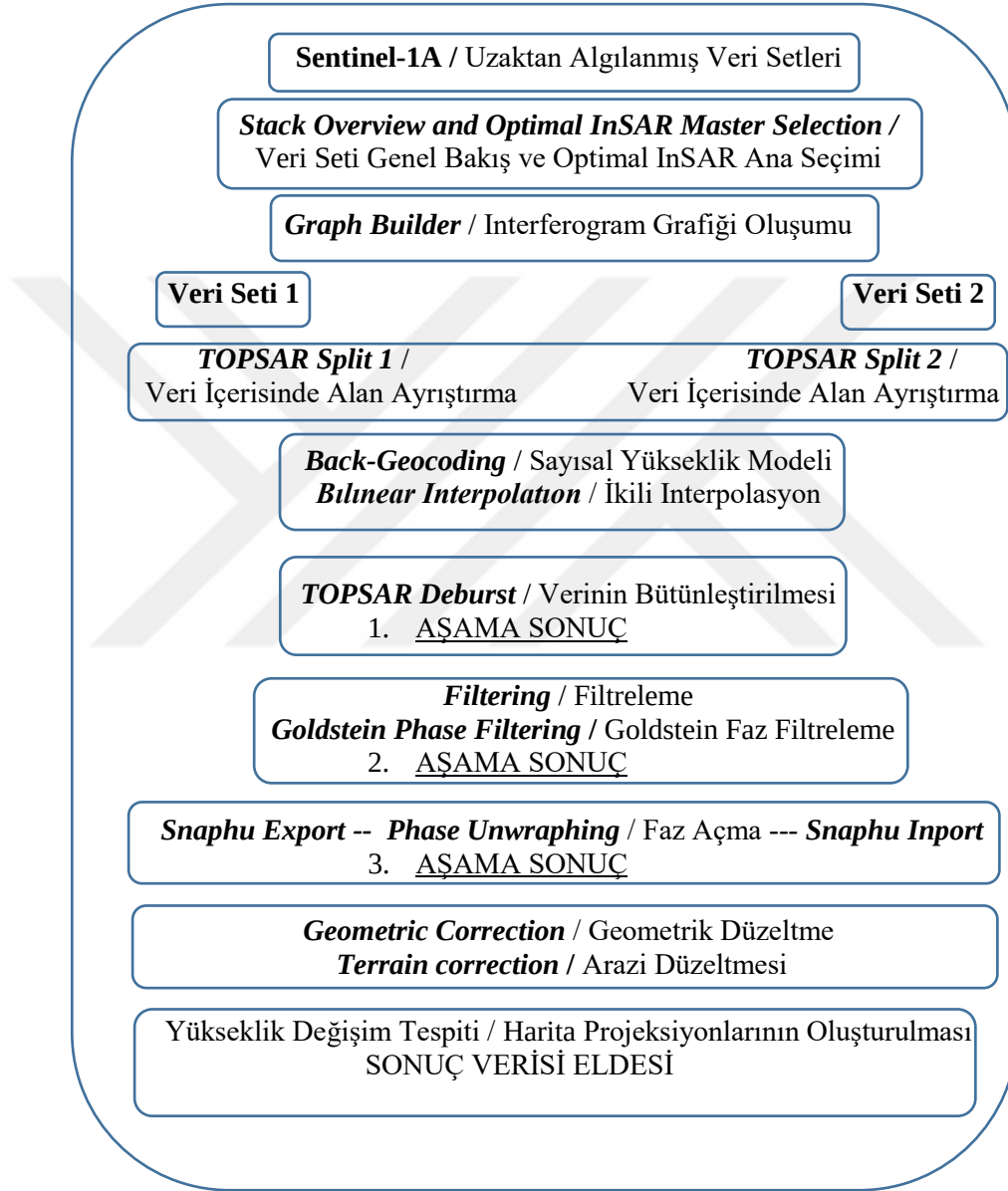
Çalışmanın “Faz Açma” aşaması yine en önemli ve kritik aşamalarından bir tanesidir. Kullanılan Java Programı destekli SNAP programı içerisinde yer almayan “Phase Unwrapping” işlemi için veri seti önce dışarıya aktarılarak CYGWIN64 yazılım programında faz açılımı yapılmıştır. Daha sonra oluşan yeni veri seti tekrar SNAP ortamına aktarılmıştır.

Elde edilen yeni faz açılımı yapılmış SAR verisinde meydana gelen geometrik bozulmalar “Geometrik Düzeltme” işlemi desteği kapsamında “Arazi Düzeltme” ile SYM verisi kullanarak düzeltilir ve bir harita projeksiyonlu veri üretilir. Çalışma kapsamında geometrik düzeltme işleminde SRTM3 (USGS, 2006) SYM verisi kullanılmış olup, WGS84-UTM projeksiyonunda veri seti üretilmiştir.

Tüm bu aşamalar tamamlandıktan sonra tutarlılık (coherence) adı altında oluşan veri setinin alt görüntüleri arasında yer alan görüntü seçilerek verinin tutarlılık değerlerine bakılmıştır. 1’e yakın olan alanlar birbiri ile sinyal bazı yönüyle en çok örtüşen yerler olarak tanımlanır. Bu alanlar başarı oranının en yüksek olduğu alanlardır. Korelasyon farkının en açık olduğu yerler olarak tanımlanır. Çalışma kapsamında kar kalınlığına bakılırken tutarlılık değerleri en yüksek olan alanlar dikkate alınmıştır.

Böylelikle bu işlem basamakları sonucunda ÇKKA yöntemi ile oluşturulan uygun alan haritaları içerisinde alt havza özelinde gerçekleştirilen J2000 hidrolojik modelleme yönteminin yine aynı alanda yapılan interferometri analizleri ile test edilerek sonuç haritalarının doğruluğu ortaya konulmuştur. Ayrıca hidrolojik modelleme ile uygulanan gelecek senaryoları ile karın gelecekte ki durumu ve iklim değişikliğinin bu alanlara etkisi hakkında öngörüler de ortaya konulmuştur. Kış rekreasyonu için önemli bir faktör olan kar faktörünün etkilerinden güncel ve

geleceğe yönelik elde edilen veriler yardımı ile daha fazla yararlanılmasını sağlayacak sonuçlar ortaya konmuştur.



Şekil 3.16. Interferometri Yöntemi Akış Şeması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmanın ana hedefleri kapsamında uygun kış rekreasyon alanlarının başlangıç, orta ve profesyonel derecelerde belirlenebilmesi için gerçekleştirilen ÇKKA, J2000 Hidrolojik Modelleme ve SAR Interferometri işlemlerinde girdi verisi olarak kullanılan verilerle birlikte, çalışma alanı sınırlarını kapsayan ve analiz çalışmaları için gerekli temel verilerin oluşturulması ile elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

4.1. Verilerin Düzenlenmesi

CBS ve Uzaktan Algılama çalışmaları multidisipliner alanlarda kullanılan, pek çok veri setini daha hızlı ve etkin bir şekilde değerlendirebilen, aralarındaki ilişkiyi tespit ederek daha hızlı sonuç alınabilinen önemli araçlar olarak gittikçe değer kazanmaktadır.

Çalışma alanımızın topoğrafya şartları düşünüldüğünde veri setlerinin bu araçların yazılım ortamları desteği ile hızlı bir şekilde düzenlenerek hazırlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla çalışma alanına ait, yol haritası, nüfus verileri ve güneşlenme şiddeti verileri, ilgili kurum ve kuruluşlardan temin edilerek bilgisayar ortamında düzenlenmiştir.

4.2. Çok Kriterli Karar Analizi Kriter Haritaları

4.2.1. Sayısal Yükseklik Modeli Verisi

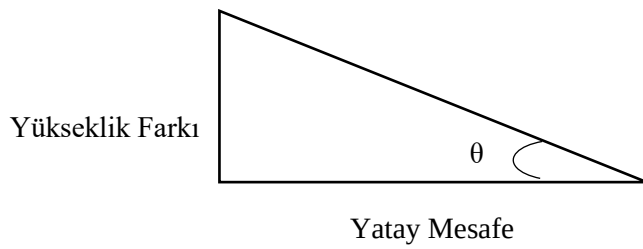
Kış rekreasyon alanı belirleme ve kayak tesisi yapılacak uygun alanların tespiti çalışmalarında yükselti bilgileri çalışma alanında karla kaplı yüksekliklerin, güneşlenme şiddetinin ve kar kütlelerinin kalma süresine bağlı olarak mevcut alanların tespiti açısından önem taşıdığı için, alandaki yükseltinin çok kriterli karar verme sürecinde eğim, eğim uzunluğu, manzara değeri, yola yakınlık gibi kriterler, yükselti bileşenlerinden doğrudan faydalanılarak oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında topoğrafik haritalar kullanılarak grid formatında elde edilen SYM verisi CBS ortamına aktarılmış ve alana ait eğim, eğim uzunluğu, güneşlenme şiddeti, manzara değeri, nüfus yoğunluğu, yola yakınlık haritaları elde edilmiştir. SYM verisinden elde edilen bu veri, çok kriterli analiz yöntemi kullanılarak uygun kayak alanlarının belirlenebilmesi amacıyla çalışmaya dâhil edilmiştir.

ASTER veri seti kullanılarak çalışma alanı eşyüksekti eğrileri ile coğrafi bilgi sistemleri araçları kullanılarak alanın 30 metre çözünürlükte sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Oluşturulan modelde çalışma alanının yükseklik değeri minimum 123 metre ile maksimum 3700 metre aralığında belirlenmiştir.

4.2.2. Eğim Verisi

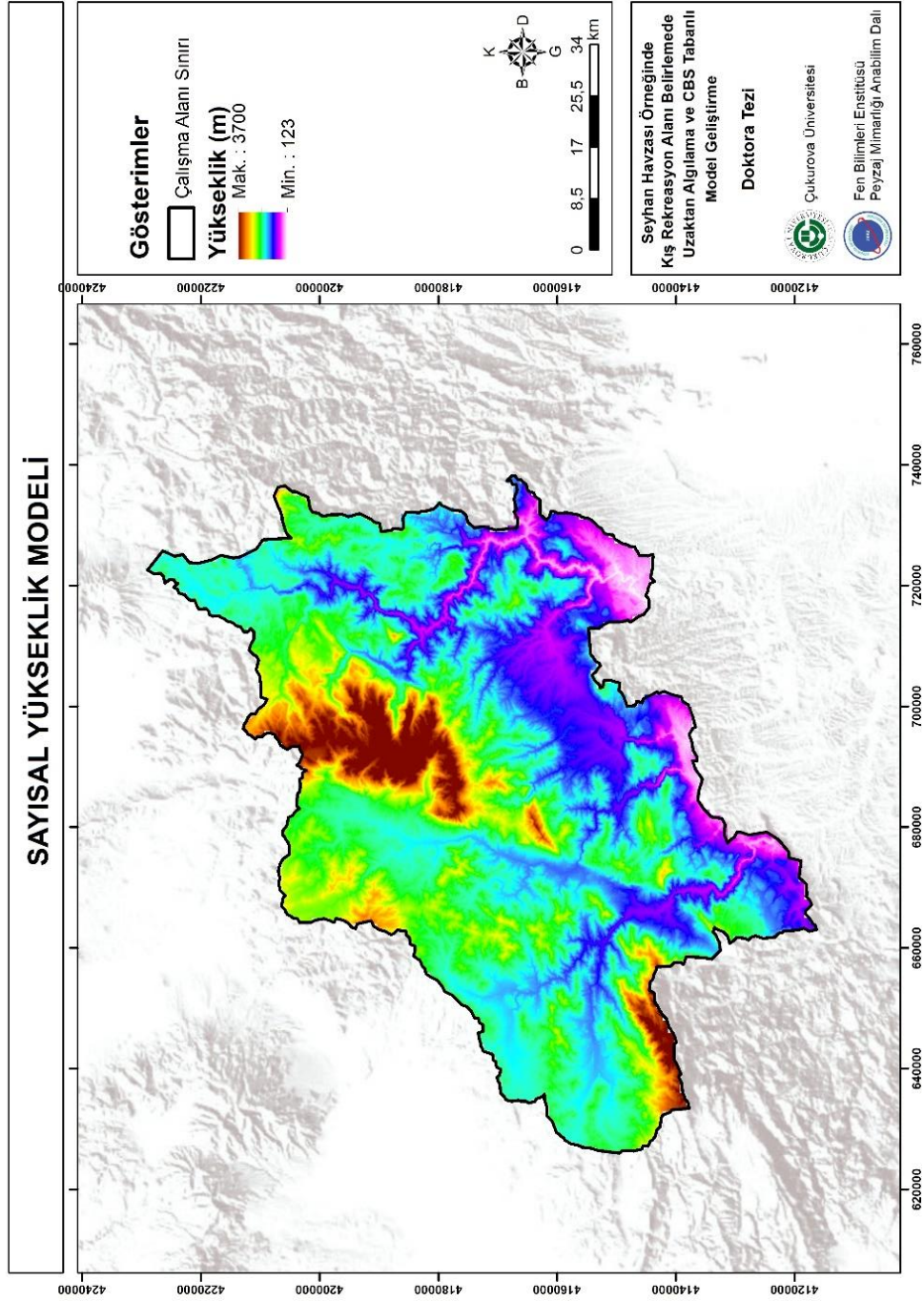
SYM verisinden üretilen topoğrafik ve morfolojik değerler incelendiğinde, bir yüzey alanı üzerinde iki nokta arasındaki yüksekliğin değişimi olarak tarif edilen eğim (θ), çalışmada ÇKKA yöntemi için kullanılan raster verilerinde kullanılmak üzere, bir hücrenin yüksekliğinin komşusu olan 8 pikselin yüksekliği üzerinde en büyük değişim oranı olarak hesaplanmıştır. Yükseklik farkının yatay mesafeye bölünmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. (Şekil 4.2).



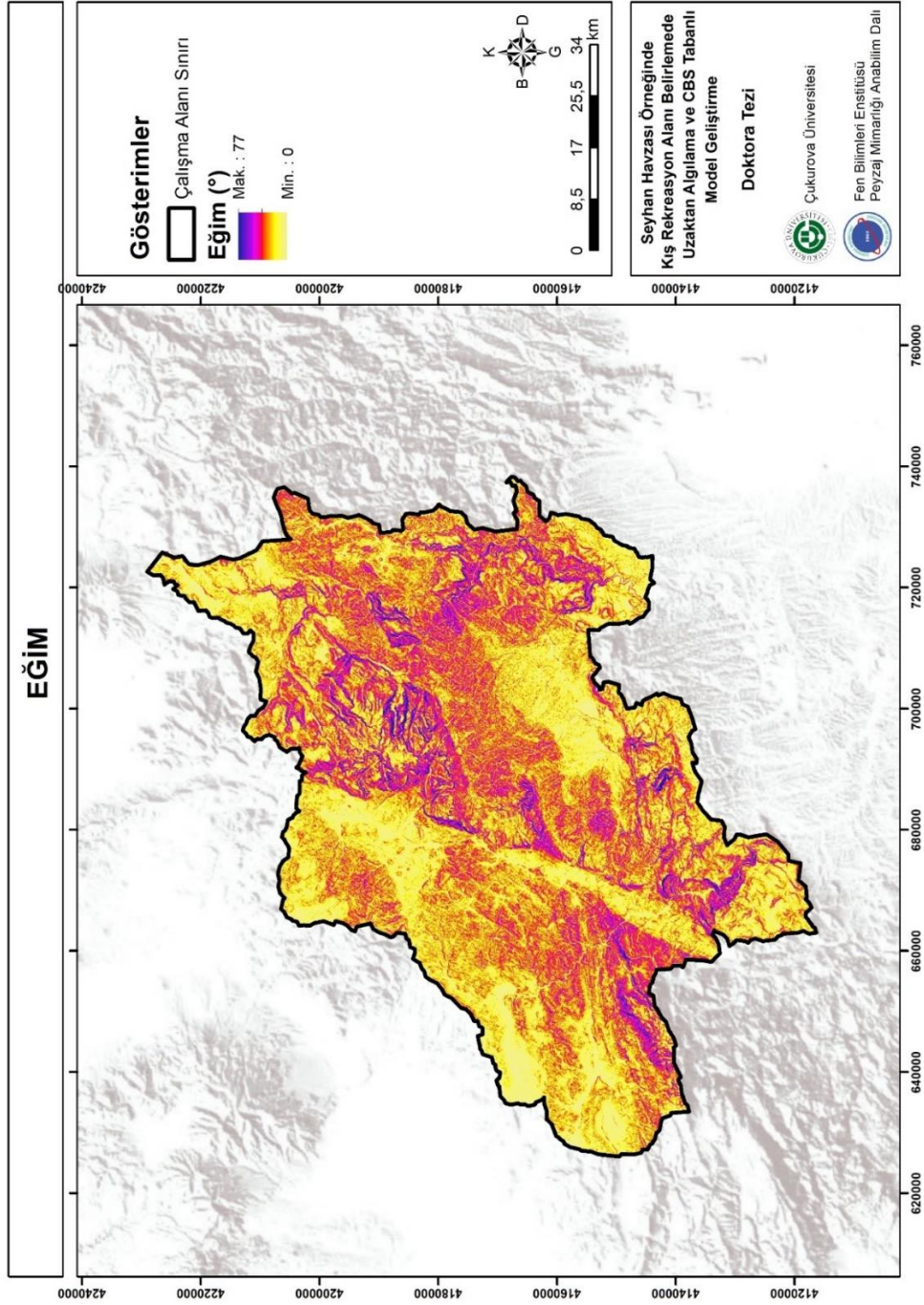
Şekil. 4.1. Eğim Verisi

Kayak tesisi uygun alanları belirlemede arazinin eğimi en önemli faktörlerden biridir ve çalışma kapsamında en önemli kriterlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Başlangıç, Orta Düzey ve Profesyonel pist oluşumunda etkin olan eğim verisi SYM verisinden ArcGIS yazılım desteği ile oluşturulmuştur. 30 metre yersel çözünürlükte oluşturulan veri diğer veri setleri ile karşılaştırılabilmek için aynı projeksiyon ve koordinatlarda haritalanmıştır (Şekil 4.3). Oluşturulan modelde çalışma alanının eğim değeri minimum 0° ile maksimum 77° aralığında belirlenmiştir.





Şekil. 4.2. Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Modeli Verisi



Şekil. 4.3. Çalışma Alanı Eğim Verisi

4.2.3. Eğim Uzunluğu Verisi

Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE) modeli, toprak erozyonu risk tahmini için en sık kullanılan modeldir. Altı giriş katmanı arasında, birleşik eğim uzunluğu ve eğim açısı Slope Length and Steepness factor (LS faktörü), Avrupa ölçeğinde toprak kaybı üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Eğim uzunluğu verisi kriteri çalışma kapsamında belirlenirken, “LS-factor” olarak bilinen veri seti tüm Avrupa Birliği için yüksek çözünürlükte veri setlerine kıyasla toprakta erozyon riski taşıyan bölgelerin daha iyi bir şekilde tanımlanmasına imkân sağlar. Bu da çalışma alanında önerilecek kış rekreasyonu alanlarının ve üzerine kurulacak kayak tesislerinin konumlarının daha hassas bir şekilde belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

Burada, S-faktörü eğim dikliğinin etkisini ölçerken L-faktörü ise eğim uzunluğunun etkisini tanımlar. Birleşik LS faktörü, topografyanın toprak erozyonu üzerindeki etkisini tanımlamaktadır. LS hesaplaması, Desmet ve Govers (1996) tarafından önerilen orijinal denklem kullanılarak gerçekleştirilir ve çoklu akış algoritması içeren ve akış birikiminin hassas bir tahminine katkıda bulunan Otomatik Yer Bilimsel Analizler için Sistem (SAGA) kullanılarak uygulanmaktadır. LS faktörü veri seti, tüm Avrupa Birliği için yüksek çözünürlüklü (30 m) SYM kullanılarak hesaplanır, bu da düşük çözünürlüklü veri setlerine kıyasla toprak erozyonu riski taşıyan alanların daha iyi tanımlanmasına olanak verir. CBS yazılım araçlarını yüksek çözünürlüklü SYM'lerle kullanmanın bu birleşik yaklaşımı, geçmişte bölgesel değerlendirmelerde başarıyla uygulanmıştır. Çalışmada eğim uzunluğu hesabı yapılarak hem erozyon riski açısından toprağın uygun alanları belirlenmiş hem de eğim uzunluğu hesabı ile kayak pistlerinin pist uzunluğu açısından en uygun alanların tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

LS faktörünü tahmin etmek için bu çalışmada sunulan metodoloji: (a) 30 m yüksek çözünürlü bir SYM kullanılmıştır (b) Desmet ve Govers (1996) algoritması uygulanmıştır ve (c) LS tahminini maksimum %50 (26.6 derece) eğim açısıyla

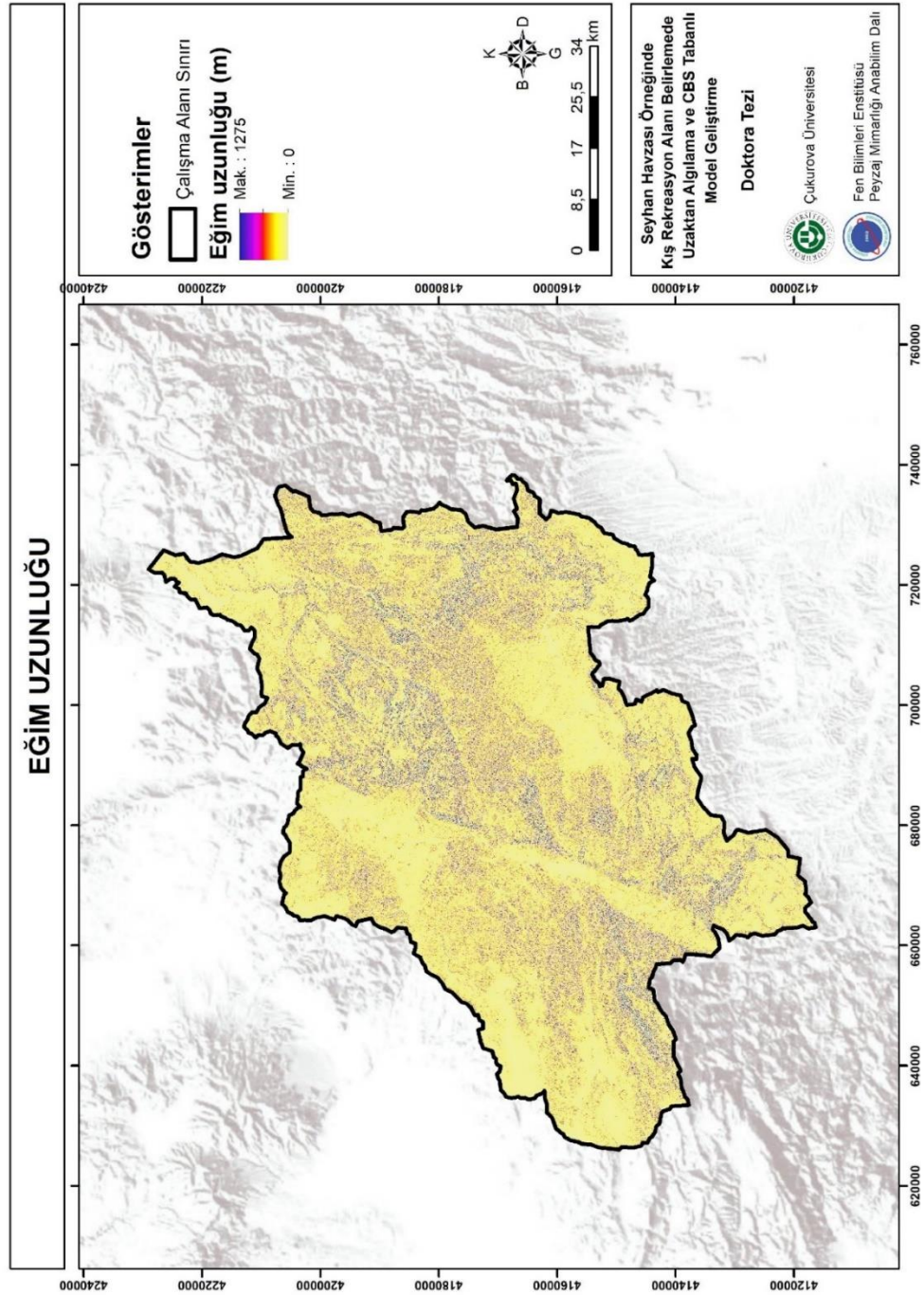
sınırlanmıştır. LS faktörünü hesaplamak için yeni bir yüksek çözünürlüklü (30 m) SYM kullanılmıştır. SYM verilerini 1 ark saniyede sağılar ve esas olarak SRTM ve ASTER GDEM'e dayalı karma bir üründür. SYM verisi 2,9 m'lik ortalama karekök hatası gibi nispeten tatmin edici bir genel dikey doğruluğa sahiptir. SYM'nin bu çıkarımı, Avrupa ölçeğinde en yüksek doğruluk olarak bilinmektedir.

LS faktörü çalışma kapsamında 30 m çözünürlükte üretilmiştir (Şekil 4.4). Oluşturulan modelde en büyük LS faktörü değeri 1275 metre olmakla beraber en düşük veri ise 0 (eğim uzunluğu olmayan alanlar) olarak tespit edilmiştir.

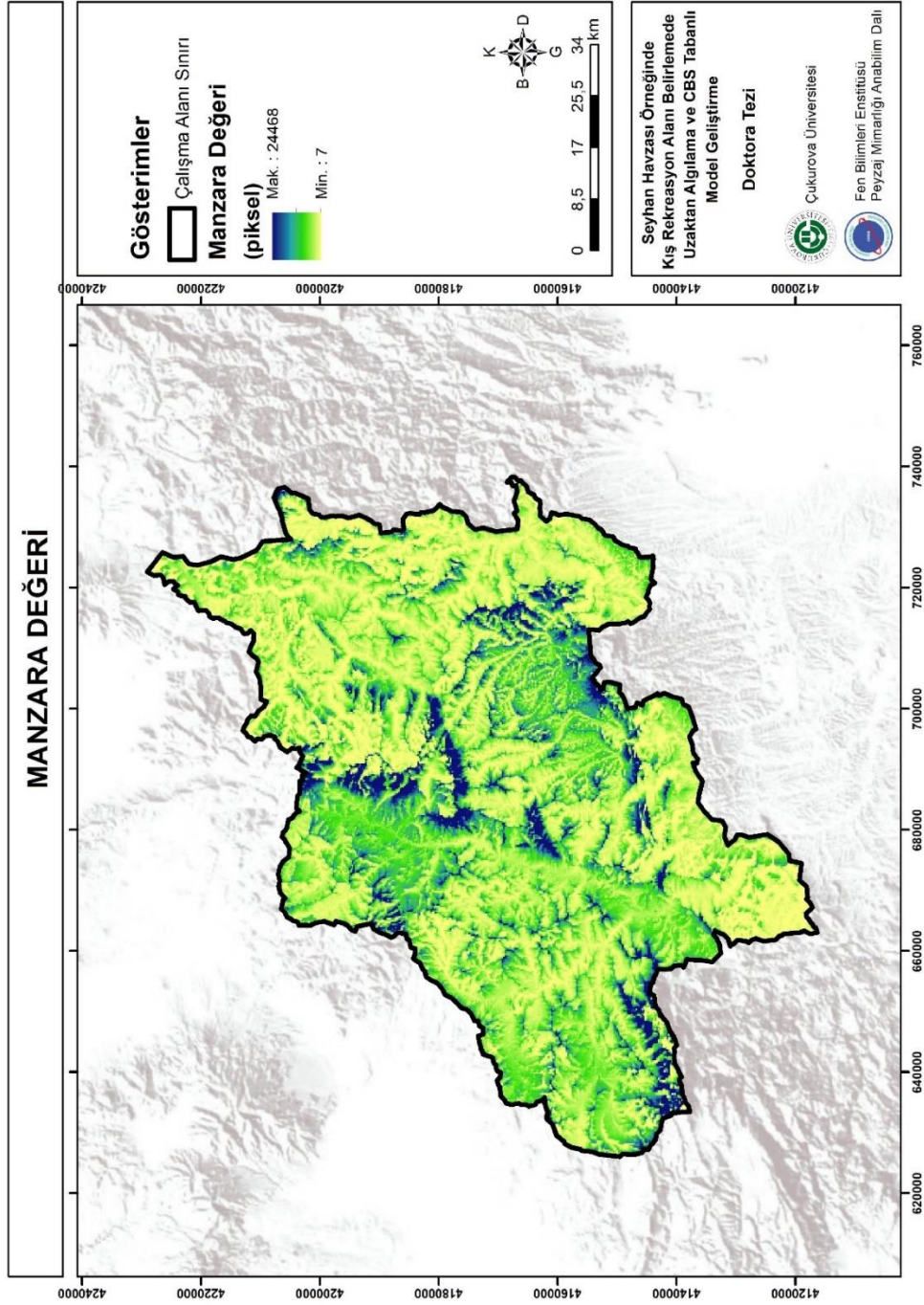
4.2.4. Manzara Değeri Verisi

Belirlenen kriterler arasında yer alan manzara değeri verisi, çalışma alanımızın kendi içerisindeki belli noktaların kayak pisti tesisi kurulumu için daha çok görüş açısına sahip ve çevreyi daha net görebilen noktalar olarak değerlendirilmiştir. Bu hakim noktaların, diğer alanları ve bu alanlardaki mevcut durumları daha net algılanabilmesi adına belli bir öneme sahip alanlar olabileceği düşünülmüştür.

Topoğrafik veriler kullanılarak görülebilen raster yüzey konumları belirlenmiştir. Bir başka tanımla, her raster yüzey konumundan hangi gözlemci noktalarının görülebileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Oluşturulan modelde en düşük görüş alanına sahip piksel değeri 7 piksel olarak belirlenirken, en yüksek olan görüş açısı değeri ise 24468 piksel olarak tespit edilmiştir (Şekil, 4.5). ÇKKA girdi verisi olarak kullanılacak olan bu veri, özellikle kayak sporcuları tarafından kayış esnasında çevre hakimiyetinin ve görüş mesafesinin güçlü olduğu konumlarda spor yapabilmeleri adına önemli bir kriter verisi olarak yer almaktadır.



Şekil. 4.4. Çalışma Alanı Eğim Uzunluğu Verisi



Şekil. 4.5. Çalışma Alanı Manzara Değeri Verisi

4.2.5. Kar Süresi Verisi

Uygun alanların belirlenmesinde önemli bir kriter olarak tespit edilen kar süresi verisi, 2015-2019 yılları arasında ekim-nisan ayları arası kış dönemi içerisinde rekreasyon faaliyetleri kapsamında kayak pisti tesisleşmesi için uygun miktarda kar kalma sürelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. NASA destekli National Snow and Ice Data Center (NSIDC) açık erişim veri tabanından indirilen veriler, 8 günlük periyotlar ve 500 metre gridler halinde 1200 km x 1200 km alanı kapsayacak şekilde karla kaplı alanları kompozit veri seti olarak verilmiştir. Görüntü çözünürlüğü diğer veriler ile uyum açısından 30 metreye indirgenerek işlemler yapılmıştır. Kullanılan veri kodu MOD10A1 olarak girilmiştir. Veri seti hem zamansal çözünürlük olarak ideal hem de kompozit veri olduğundan bulutlanma sorunu bulunmadığı için tercih edilmiştir. En az 2 ay kar kalma süresi düşünülerek değerlendirmeler yapılmış ve kayak pisti tesisleşmesi için uygun yaklaşık zaman dilimleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda en az 2 ay ve fazlası kar ile kaplı olan alanlar kayak pisti yapılabilir alanlar olarak değerlendirmeye alınmış, diğer alanlar ise değerlendirme dışı tutulmuştur.

MODIS kar haritalama algoritması kar örtüsünün belirlenmesinde sayısal bir değer olan Normalized Difference Snow Index (NDSI)'yi kullanmaktadır. NDSI, karın görünen ve yakın kızıl ötesi dalga boylarındaki yansıtma farkının oranı olarak tanımlanabilir. NDSI'nin hesaplanması amacıyla; Terra MODIS, bant 4 (0,545 – 0,565 µm) ve bant 6'da (1,628 – 1,652 µm) ölçülen yansıtma değerlerini kullanırken; Aqua MODIS, bant 4 ve bant 6'da (2,105 – 2,155 µm) ölçülen yansıtma değerlerini kullanmaktadır (Gürer ve Uçar, 2012). Kar kapallılığı eşik değeri belirlerken konuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar doğrultusunda bir eşik değeri belirlenmiştir (Tosun, 2018).

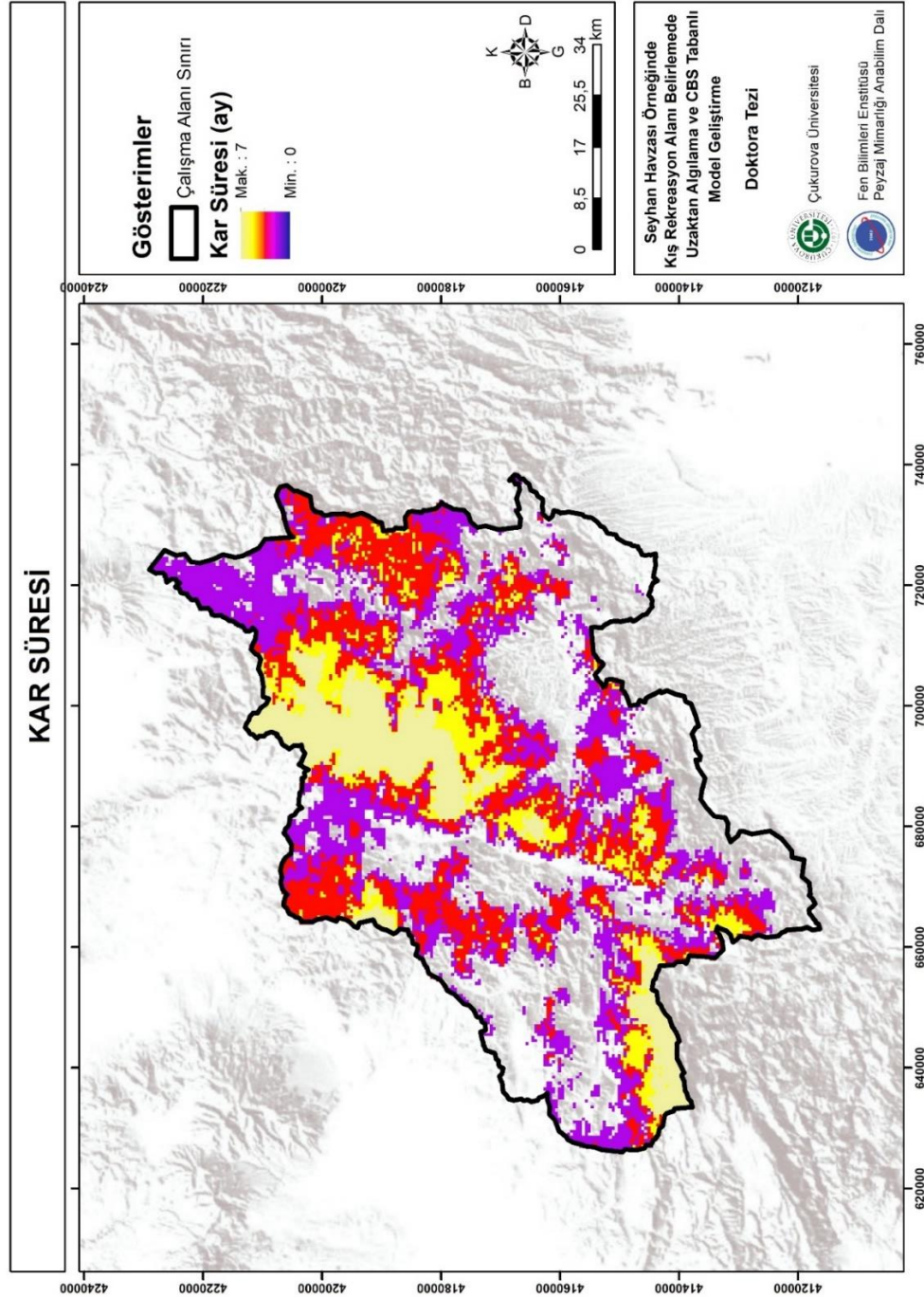
$$NDSI_{Terra} = \frac{band4 - band6}{band4 + band6}$$

Böylece oluşturulan sonuç haritası ÇKKA kapsamında yapılacak analizlere girdi verisi olarak hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.6).

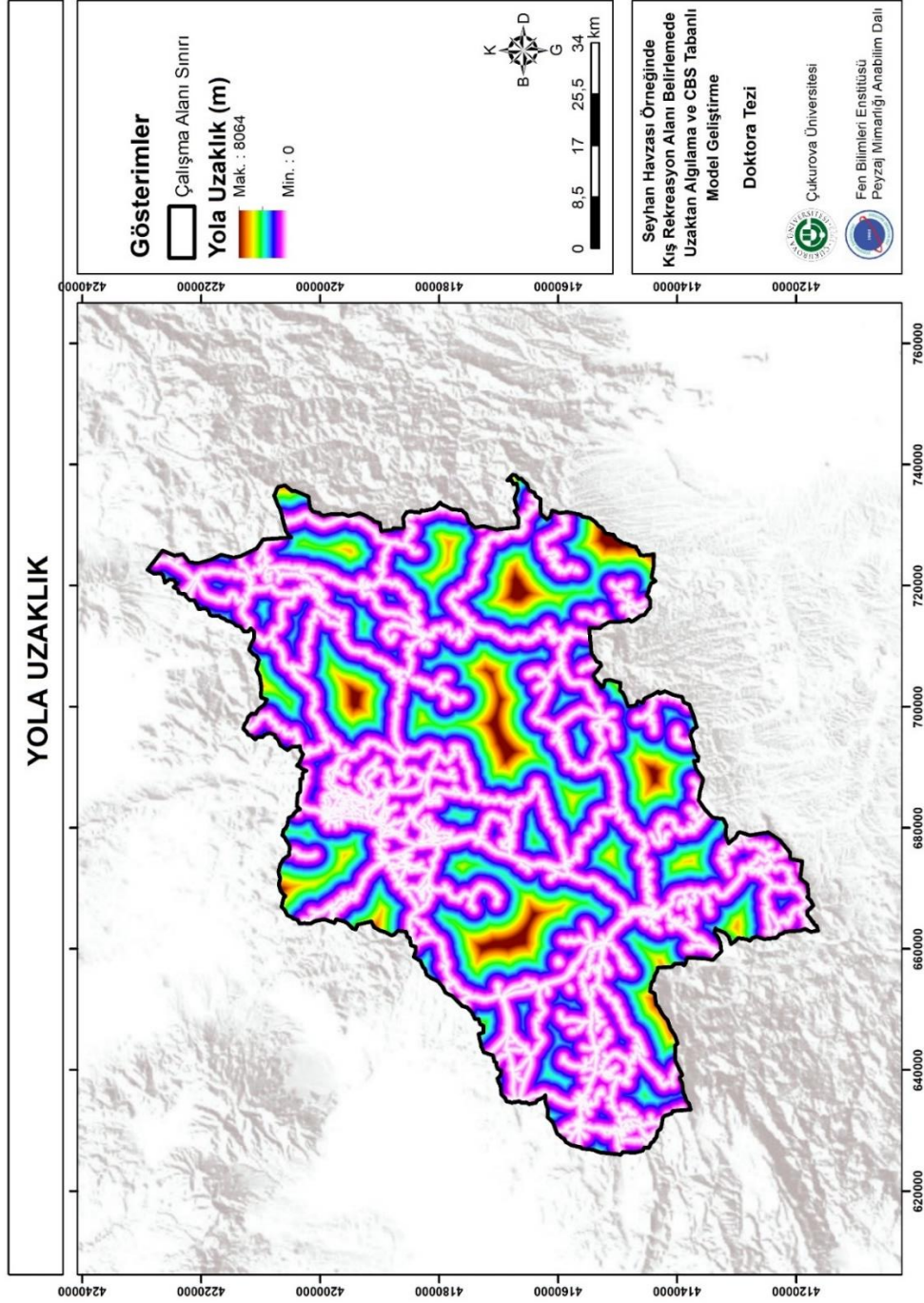
4.2.6. Yola Uzaklık Verisi

Yola uzaklık verisi çalışma kapsamında belirlenen önemli kriterlerden bir diğeridir. Kış rekreasyonu için kurulması düşünülen kayak tesisi ve diğer tüm rekreasyon alan çalışmalarında kullanıcıların yakınlık tercihi ön plana çıkmaktadır. Özellikle bölge illerine rahatlıkla hitap edebilecek konumda ve yakınlıkta olan ulaşım sıkıntısı olmayan tesisler tercih edilebilirlikte büyük önem taşımaktadır. Konaklamaları tercihin yanı sıra tesislere konaklamasız günü birlik gidiş gelişlere de büyük imkân sağlayacaktır.

Yola yakınlık verisi SYM ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek sayısallaştırılan Ulaşım Ağları verileri kullanılarak ArcGIS yazılım desteği ile mesafe hesaplamaları sonucu oluşturulmuştur. Bu analizde noktalanan iki konumun en yakın mesafesini doğrusal çizgi şeklinde hesaplamaktadır. Bu analiz kuş bakışı mesafe hesaplanması olarak ta adlandırılmaktadır. İki raster hücresinin (pikselinin) merkezlerinin birbirleri ile olan mesafelerini hesaplamaktadır. 30 metre yersel çözünürlükte oluşturulan veri diğer veri setleri ile karşılaştırılabilmek için aynı projeksiyon ve koordinatlarda haritalanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil. 4.6. Çalışma Alanı Kar Süresi Verisi



Şekil. 4.7. Çalışma Alanı Yola Uzaklık Verisi

4.2.7. Nüfus Yoğunluğu Verisi

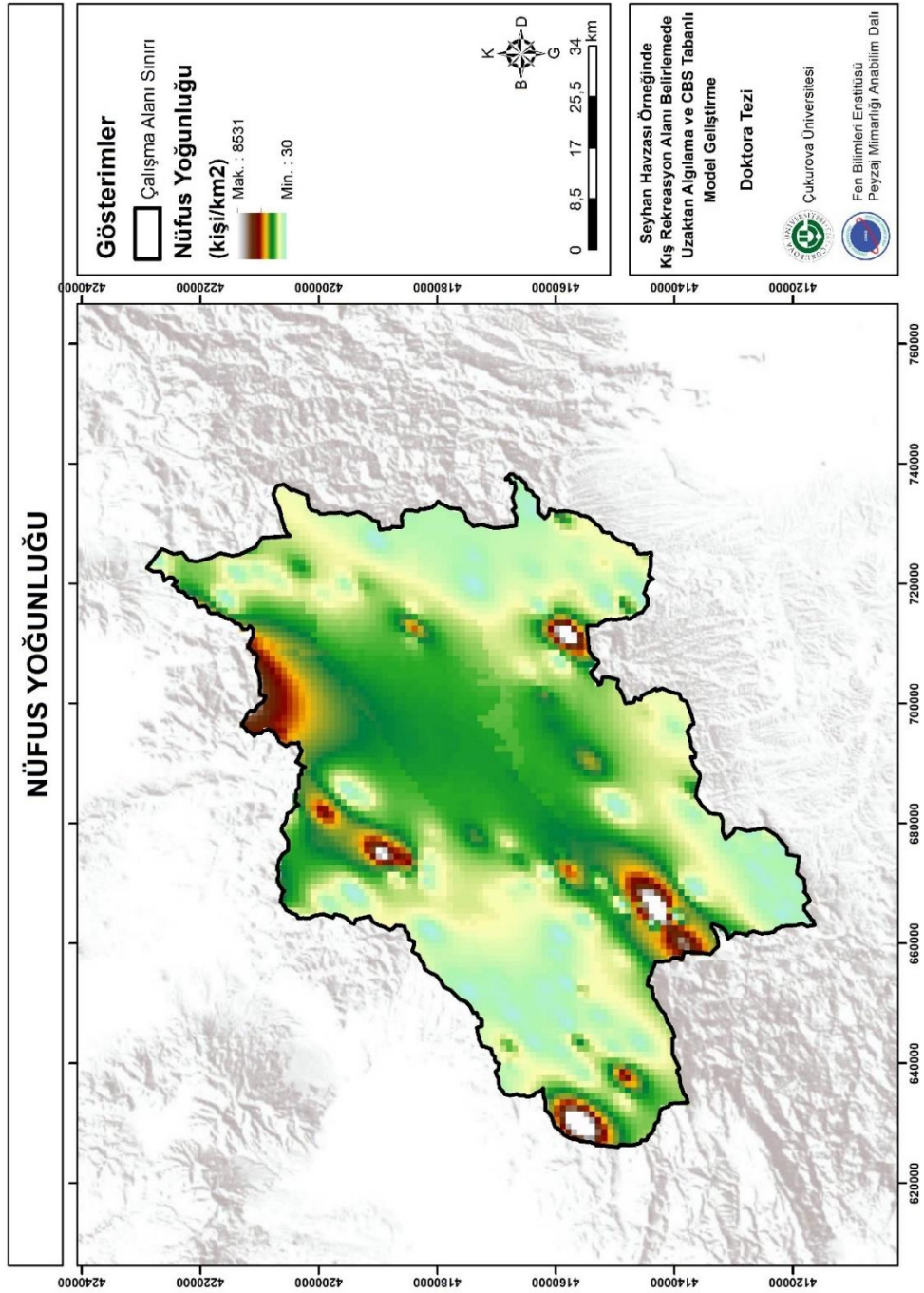
Nüfus yoğunluğu kriteri ağırlık olarak diğer kriterler kadar önem taşımasa da, kayak tesisine yapılacak günübirlik ziyaretler dikkate alınarak seçilen kriterler arasında yer almaktadır. Kış rekreasyonları için uygun alan belirlerken seçilecek bölgenin daha çok insanların yaşam alanlarına yakın olması, konaklama, ulaşım, lojistik gibi imkânlarla daha kolay ve ulaşılabilir olmasına ve hizmet alımlarında insan gücüne daha kolay ulaşabilmeye imkân sağlayacaktır.

Nüfus yoğunluğu verisi SYM ve TUİK'ten il ve ilçe bazında çalışma alanını kapsayacak şekilde alınan 2015-2019 yılları arası ortalama nüfus verilerinin haritalanması ve yoğunluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk analizi kapsamında 30 metre yersel çözünürlükte kilometrekareye düşen nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır. 30 metre yersel çözünürlükte oluşturulan veri diğer veri setleri ile karşılaştırılabilmek için aynı projeksiyon ve koordinatlarda haritalanmıştır (Şekil 4.8).

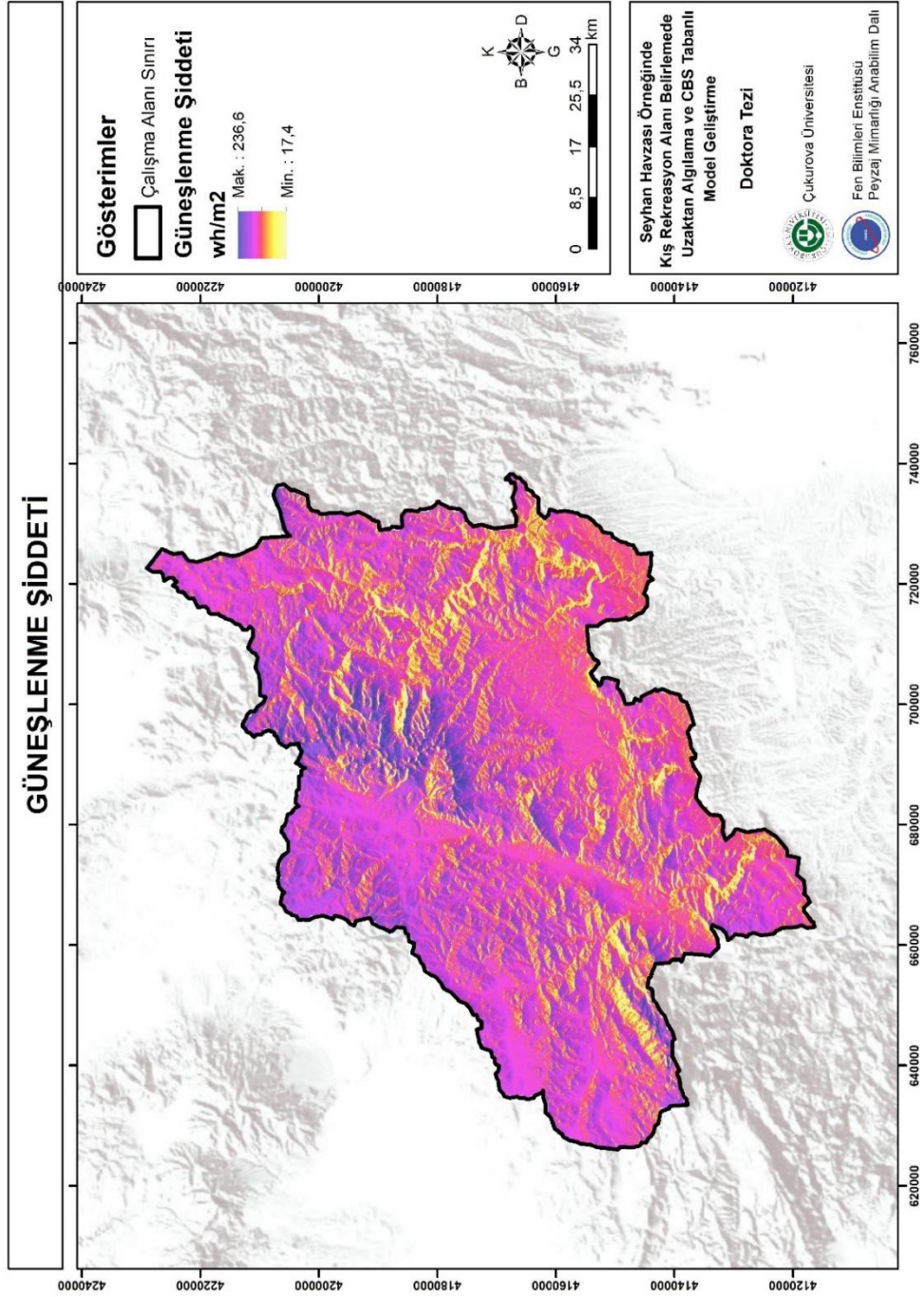
4.2.8. Güneşlenme Şiddeti Verisi

Güneşlenme şiddeti verisi uygunluk kriterleri arasında yer alan ve hassas olarak hesaplanarak ÇKA yöntemine önemli bir girdi sunan bir veridir. Solar radyasyon olarak adlandırılan ve uygun alan belirlemede seçilecek bölgenin ne kadar güneş aldığını ortaya koyabilen bir veri seti hazırlanmıştır. Kış rekreasyonu için seçilecek bu alanlarda güneşin var oluş süresi ve gün içerisindeki metre kareye düşen watt cinsinden güneşlenme şiddetinin bir günde alana düşme dağılımının haritalandırılması sağlanmıştır.

Güneşlenme şiddeti verisi oluşturulurken çalışma alanına ait SYM girdi verisi olarak kullanılmıştır. Çalışma alanında tüm alana ait güneşlenme şiddetinin tüm yıla dağılımı için standart 45 metre eğim alınmış ve 30 metre yersel çözünürlükte sonuç görüntüsü üretilmiştir (Şekil 4.9)



Şekil. 4.8. Çalışma Alanı Nüfus Yoğunluğu Verisi



Şekil. 4.9. Çalışma Alanı Güneşlenme Şiddeti Verisi

4.3. Verilerin Bulanık Mantık (Fuzzy) Yöntemi ile Standardizasyonu

CBS’de mantıksal işlemler klasik ve bulanık olarak adlandırılabilir. Matematiksel olarak klasik mantığın işletilme şekli “0” ve “1” değerlerinden oluşan bir durum olarak bilinmektedir. Buradaki hesaplara göre, bir varlık belirli bir kümenin içerisinde olabilir veya diğer bir olasılıkla o kümeye ait olamaz. “0” değeri ait olmama durumunu; “1” değeri ise ait olma durumunu belirtir. Ara seçenekleri ortaya koyma noktasında bulanık mantık kavramı alternatif olarak gündeme gelmektedir. Yine aynı şekilde “0” ve “1” olmak üzere iki başlıca değer ve arasındaki diğer ihtimallere de imkân tanınmış olunur.

Genel hatları ile bulanık mantık (fuzzy) yöntemi incelendiğinde kavram olarak tıp, fen ve mühendislik, yapay zekâ, sosyoloji, istatistik, makine, matematik bilimlerinin kesişimi gibi düşünülmektedir. Makine olgusu ile insanın birbirleri ile en çok yaklaştığı noktalardan bir tanesi olarak da adlandırılır. Bu doğrultuda insan deney ve tespitleri ile çeşitli veri setleri yapay zekâ benzeri teknolojik desteklerle makinelerde depolanmaktadır. Böylelikle bilgisayar ortamlarına aktarılan ve işlenmeye hazır hale getirilen matematiksel veri setleri, aktarıldıkları makineye yetenek kazandırılarak insana ait sözel verilerin makine ortamında işletilme yeteneğine sahip olması sağlanmaktadır.

Çalışma kapsamında daha önce belirlenen ve ÇKKA sürecine girdi verisi olarak hazırlanan kar süresi, eğitim, eğitim uzunluğu, güneşlenme şiddeti, manzara değeri, yükseklik, yola yakınlık ve nüfus yoğunluğu kriterleri literatür verileri ile kayak tesisi için olması gereken fiziksel ortam değerlerine dikkat edilerek 0-1 değerleri verilmiş, bulanık mantık yöntemi ile standardizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde sadece sabit iki değer değil aradaki tüm değerler de işleme alınmıştır.

Standardizasyon işlemleri yapılmadan önce, belirlenen kriterlerin önceki çalışmalarda ve literatürde belirtilen uygun bilgilere göre tespitleri yapılarak yazılım ortamına girilecek uygun değerleri tek tek tespit edilmiştir. Öncelikle

bilinen kayak pistleri incelenerek genel bir ortalama veri seti oluşturulmaya çalışılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Türkiye’de mevcut kayak merkezleri ve özellikleri (Tosun, 2018)

KAYAK TESİSLERİ	PİST UZUNLUĞU	YÜKSEKLİK
Bolu- Köroğlu Dağı Turizm Merkezi	10380	2200
Bursa-Uludağ Kış Sporları Turizm Merkezi	18514	2485
Erzurum-Palandöken Kış Sporları Turizm Merkezi	25788	3187
Isparta-Davraz Kış Sporları Turizm Merkezi	2765	2635
Kars-Sarıkaya Kış Sporları Turizm Merkezi	5573	2800
Kastamonu-Ilgaz Kış Sporları Turizm Merkezi	1593	2600
Kayseri-Erciyes Kış Sporları Turizm Merkezi	7514	3916
Kocaeli-Kartepe Turizm Merkezi	3250	1600

Tüm dünyada özellikle kış rekreasyon alanları denilince akla ilk gelen kayak sporu olmaktadır. Ülkemizde geçmişten günümüze bu spora yatırımların yapıldığı ve standartların gittikçe yukarıya doğru gittiği gözlenmektedir. Özellikle profesyonel düzeyde pist alanı ve tesisleşmeye sahip birkaç merkez ön plana çıkmaktadır. Bu pist merkezlerinin genel özellikleri belirli bir standardı oluşturmak için kullanılmıştır. Özellikle pist uzunlukları, kent merkezlerine olan uzaklıkları, kar süresinin ve kar kalınlığının belirli bir ölçüde olduğu ve bununla beraber diğer

birçok kriterin tesislerin kurulumunda etkili olduğu gözlenmektedir. Popüler tüm pistlerin yer aldığı pist uzunlukları ve yükseklikleri sırası ile verilmiştir.

Bununla birlikte bireysel olarak pistlere bakıldığında Bolu-Köroğlu dağı turizm merkezinin Bolu'ya 40, Ankara'ya 220 km mesafede olduğu gözlenmektedir. 13 piste sahip tesisin her düzeyde pistleri olduğu görülmektedir. Tesisin ortalama 2 metre kar kalınlığına sahip olduğu gözlenmektedir. En uzun pist mesafesi 1.4 km'dir. Bursa-Uludağ kış sporları merkezi incelendiğinde İstanbul'a yaklaşık 4 saat Bursa'ya ise yaklaşık yarım saat mesafededir. Toplam 14 piste sahip olan tesisin en uzun pist uzunluğu 2 km olarak bilinmektedir. Tesis sadece uygun lokasyonda olması ile değil aynı zamanda etrafında bulunan 25 adet otel ile konaklama hizmeti sunmaktadır. Erzurum-Palandöken tesisleri il merkezine 10 km mesafede olup 20 adet kayak pistine sahiptir. Her düzeyde kayak yapabilme imkânı sunmaktadır. Bölgenin iklim şartlarından dolayı kar süresi oldukça uzun olup kayak pistleri ortalama 4-6 ay karla kaplıdır. Konaklama tesisleri bakımından 10 dan fazla otel ve misafirhane bulunmaktadır. Bir diğer popüler kayak merkezi Kars-Sarıkamış kış sporları merkezidir. Kars'ın Sarıkamış ilçesinde bulunan tesisler merkeze ve havalimanına yaklaşık 45 dakikadır. Kar kalitesi açısından oldukça iyi olarak bilinen tesislerin her düzeyde kayak imkânı sunabilen 5 pisti bulunmaktadır (Tosun, 2018).

Tüm bu veriler dikkate alınarak her kriter için standartların oluşturulmuş ve oluşturulan bu standart değerler fonksiyon grafiğine dönüştürülerek 0-1 değer aralıklarında standardize edilmiştir. Böylece eşit değer aralıklarına taşınan veri setleri aynı projeksiyon ve görüntü özellikleri ile çok kriterli analiz yöntemini uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Verilerin standardizasyonunda kullanılan fonksiyon grafikleri ve açıklamaları Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Verilerin bulanık mantık (fuzzy) yöntemi ile standardizasyon fonksiyonları

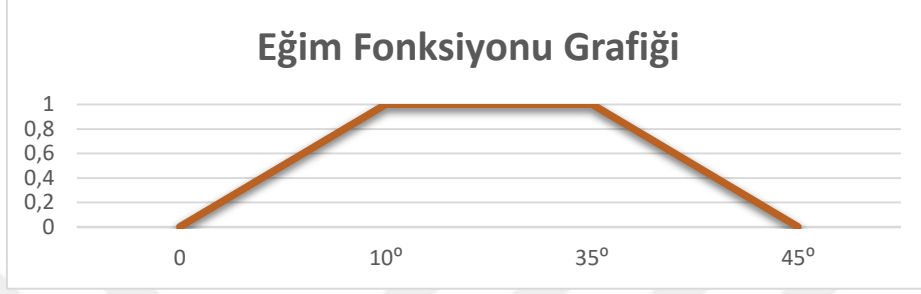
VERİ SETİ	FONKSİYONU	AÇIKLAMA
Eğim	DOĞRUSAL	0°'dan 10° artan, 10° - 35° ideal, 35°'ten 0° azalan
Eğim Uzunluğu	DOĞRUSAL	0-800 metre artan, 800 metre sonrası ideal
Güneşlenme Şiddeti	J-FONKSİYONU	0-3 saat artan, 3-4 saat ideal, 4-8 saat azalan
Yola Uzaklık	SIGMOİDAL	1m-3000 metre ideal, 8000 metreye doğru azalan
Yükseklik	DOĞRUSAL	1300 m'den 1900 m'ye artan, ideal 1900 m ve sonrası
Kar süresi	DOĞRUSAL	0-2 ay yok, 2-4 ay artan, ideal 4 ay ve sonrası
Manzara Değeri	DOĞRUSAL	0-100 ha artan, 100 ha sonrası ideal
Nüfus Yoğunluğu	DOĞRUSAL	0'dan 3000 kişiye artan, 3000 kişi sonrası ideal

ÇKKA yöntemi uygulanmadan önce seçilen analiz kriterlerinin öncelik değerlerinin belirlenmesi ve karşılaştırmalarının yapılması gerekmektedir. Örneğin MODIS veri seti kullanılarak oluşturulan karın kalma süresi verisi ile ASTER veri setinden oluşturulan SYM veri seti farklı analizler ve çözümlemeler ile belirli değerler ortaya konulmuştur. Bu değerleri bilgisayar ortamına ortak bir dille aktarabilmek ve girdi verisi olarak ÇKKA’da kullanabilmek adına belirli bir standarda göre düzenlemek gerekmektedir. Böylece tüm veri setinin değer aralıkları eşitlenerek Ağırlıklandırma yapılmasından önce analize hazır hale getirilecektir. Bulanık mantık (fuzzy) yöntemi ile standardize edilen veri setleri bu yöntem ile 0 ve 1 aralığındaki eşik değerlere taşınmışlardır. Burada standardizasyon yapılmasının en önemli nedeni her kriterin kış rekreasyonu kapsamında tesis edilecek kayak sporuna uygun olup olmadığının değerlendirilmesidir.

Bu aşamada aşağıda belirtilen fonksiyon grafikleri kullanılarak her kriter için ideal değerlerine göre farklı standardizasyon yaklaşımları kullanılmıştır.

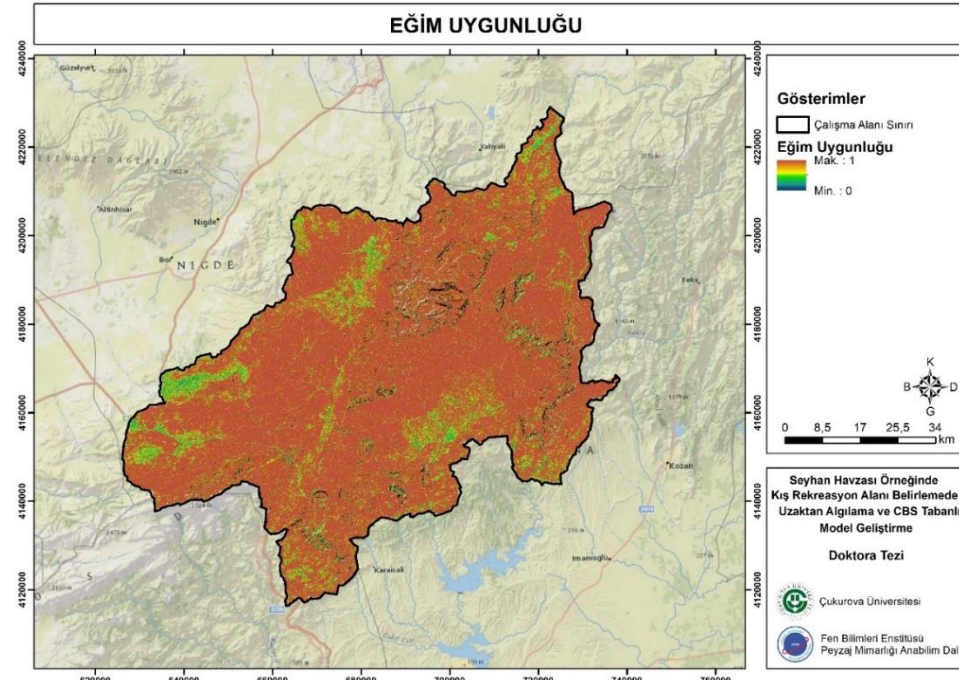
Bu fonksiyonlar ilgili kriterlere atanırken o kriterin değişim eğrilerine göre düzenleme yapılmıştır. Örneğin kar süresi verisi 0-2 ay arası hiç uygun olmadığı için 0 olarak tanımlanırken 2-4 ay arası ideal değerlere yakın, 4 ay ve sonrası ise ideal olarak tanımlanmak istenmektedir. En uygun doğrusal fonksiyon tespit edilmiştir. Diğer tüm kriterlerde çizelgelerde belirtildiği gibi doğrusal, sigmoidal ve J-fonksiyon fonksiyonları kullanılmıştır. Girdi verisine göre artan, sabit kalan ve azalan değerlere göre ilgili fonksiyonlar atanmıştır.

Eğim değeri doğrusal fonksiyon ile 0°'den 10°'ye artan, 10°-35° arası ideal, 35°'ten 0°'ye azalan bir grafik şeklinde standardize edilmiştir (Şekil 4.10).



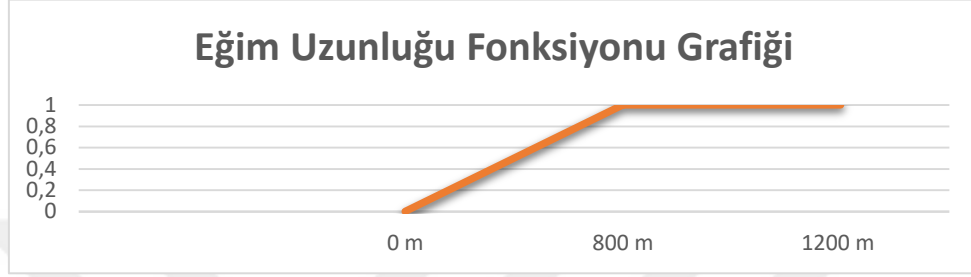
Şekil. 4.10. Eğim Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan eğim uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.11).



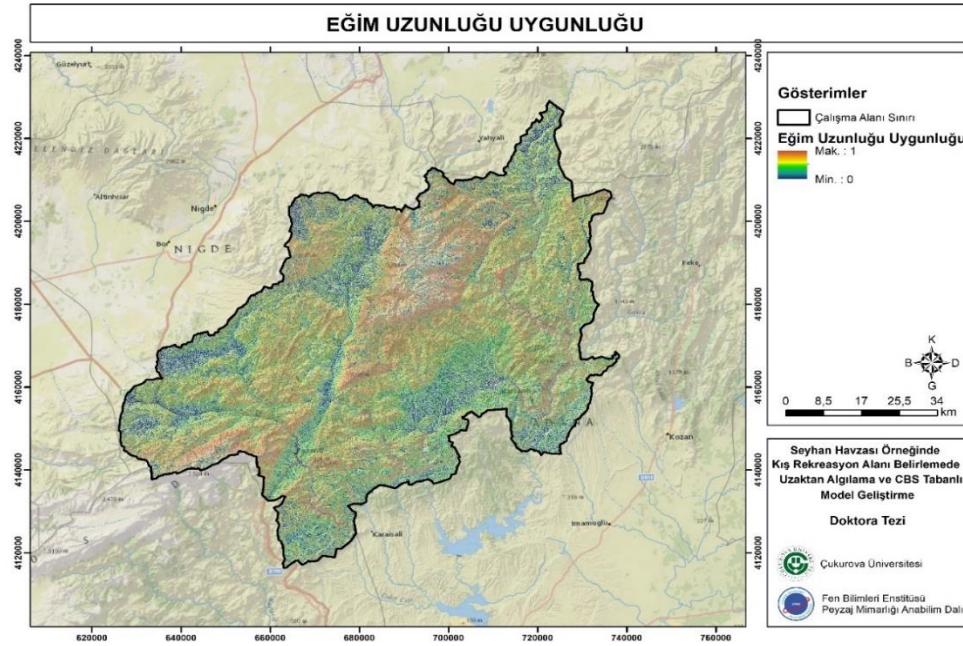
Şekil. 4.11. Eğim Uygunluğu Verisi

Eğim uzunluğu verisi doğrusal fonksiyon ile 0-800 metre arasında ideale doğru artarak yaklaşan, 800 metre ve sonrasında ise ideal olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.12).



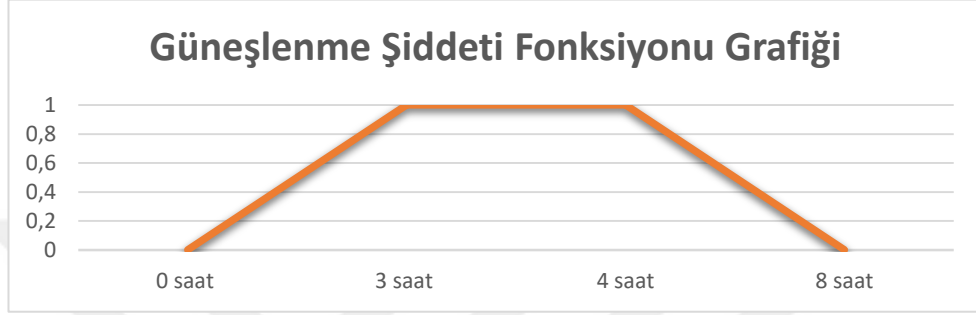
Şekil. 4.12. Eğim Uzunluğu Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan eğim uzunluğu uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.13).



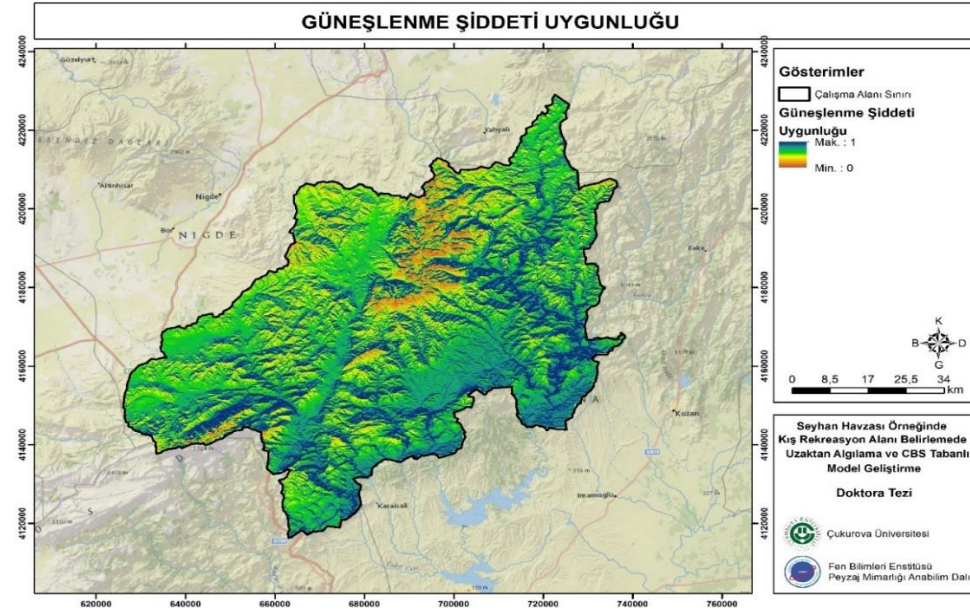
Şekil. 4.13. Eğim Uzunluğu Uygunluğu Verisi

Güneşlenme şiddeti verisi J-fonksiyonu ile 0-3 saat arasında ideale doğru artarak yaklaşan, 3-4 saat arası ideal ve 4-8 saat arası azalarak idealden uzaklaşan olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.14).



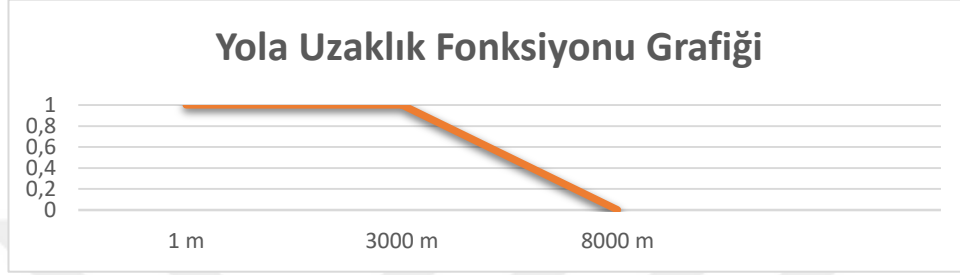
Şekil. 4.14. Güneşlenme Şiddeti Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan güneşlenme şiddeti uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.15).



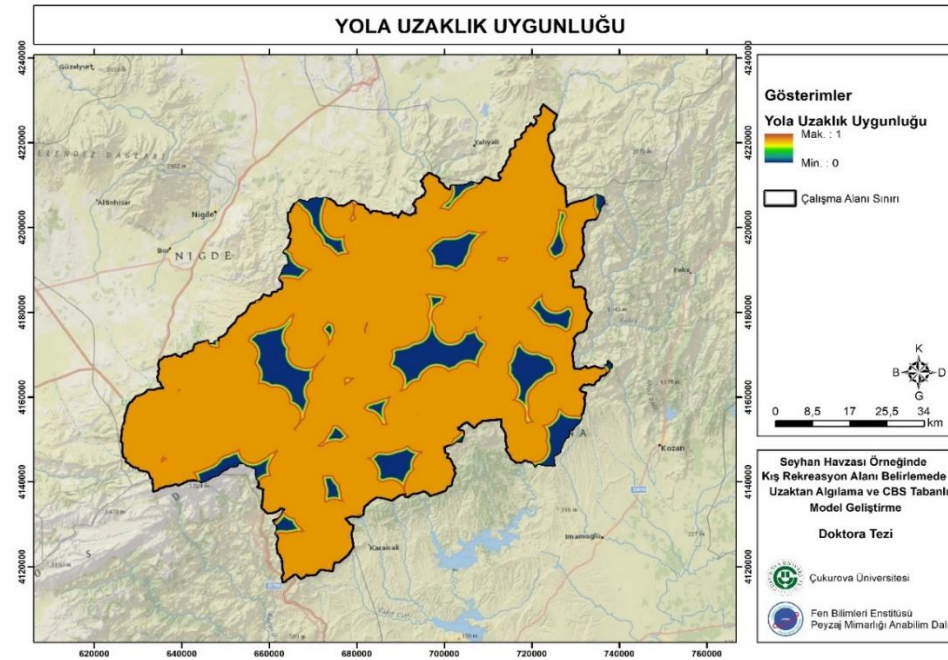
Şekil. 4.15. Güneşlenme Şiddeti Uygunluğu Verisi

Yola uzaklık verisi sigmoidal fonksiyon ile 1-3000 metre arası ideal ideal ve 3000-8000 metre arası azalarak idealden uzaklaşan olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil. 4.16. Yola Uzaklık Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan yola uzaklık uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.17).



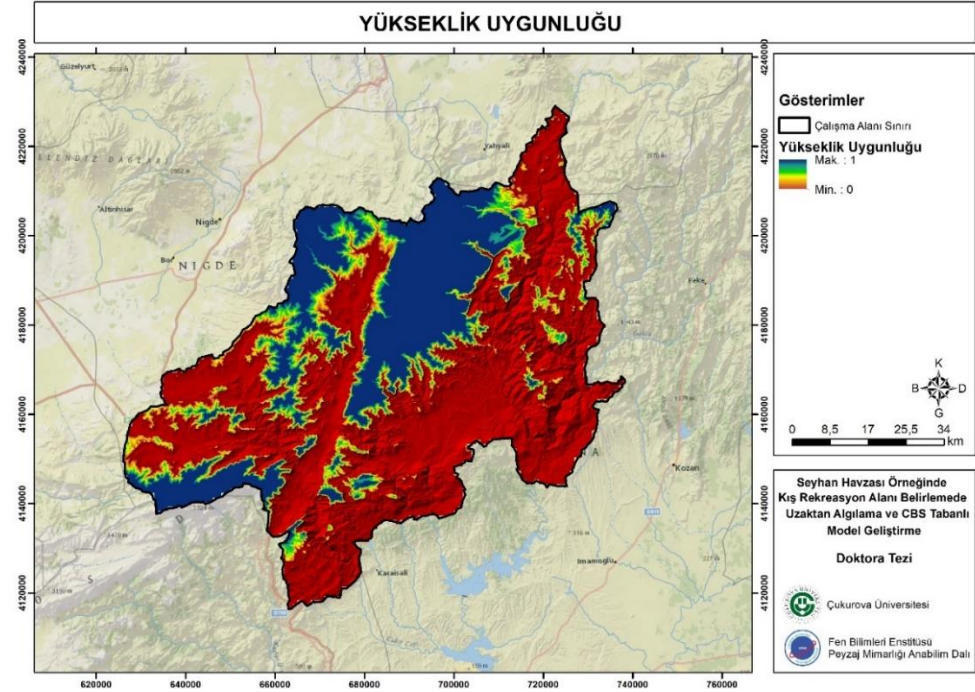
Şekil. 4.17. Yola Uzaklık Uygunluğu Verisi

Yükseklik verisi doğrusal fonksiyon ile 1300 metre den 1900 metreye kadar artan, 1900 metre ve sonrası ideal olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil. 4.18. Yükseklik Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan yükseklik uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.19).



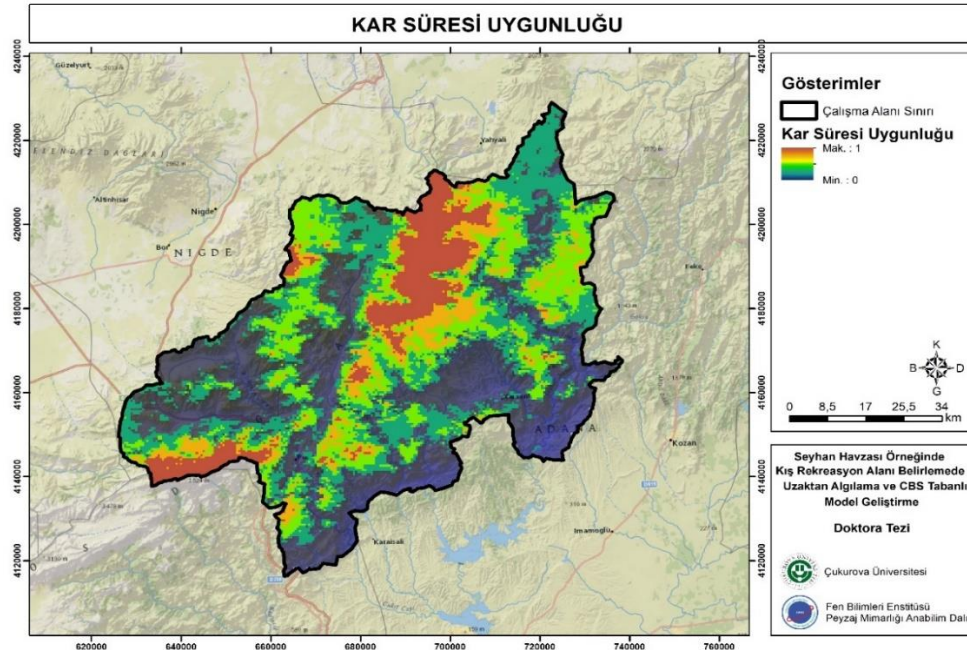
Şekil. 4.19. Yükseklik Uygunluğu Verisi

Kar süresi verisi doğrusal fonksiyon ile 0-2 ay arası hiç uygun değil, 2 aydan 4 aya kadar ideale yaklaşan, 4 ay ve sonrası ise ideal olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil. 4.20. Kar Süresi Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan kar süresi uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.21).



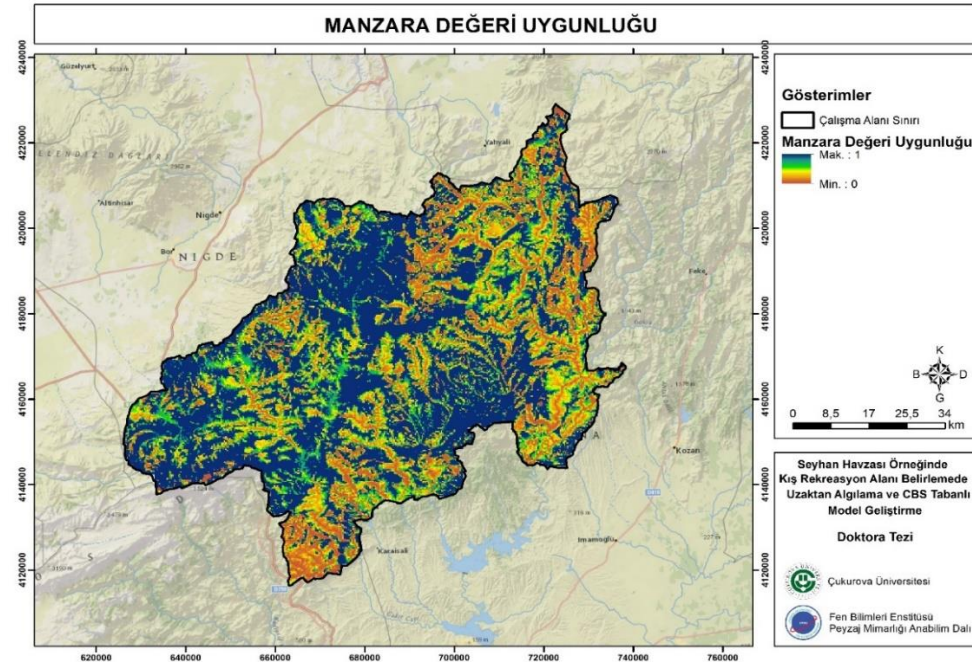
Şekil. 4.21. Kar Süresi Uygunluğu Verisi

Manzara değeri verisi doğrusal fonksiyon ile 0-100 ha arası artarak ideale yaklaşan, 100 ha ve sonrası ise ideal olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.22).



Şekil. 4.22. Manzara Değeri Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan manzara değeri uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.23).



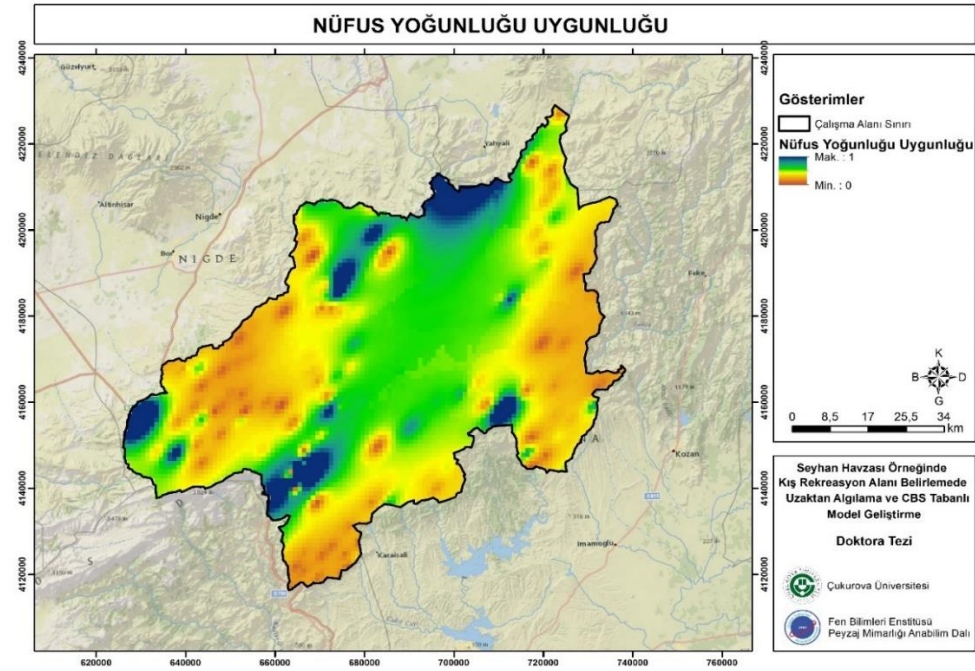
Şekil. 4.23. Manzara Değeri Uygunluğu Verisi

Nüfus uygunluğu verisi doğrusal fonksiyon ile 0'dan 3000 kişiye artan, 3000 kişiden sonrası ise ideal olarak standardize edilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil. 4.24. Nüfus Yoğunluğu Fonksiyonu Grafiği

Standardizasyon sonucunda 0 ile 1 arası değerler alan manzara değeri uygunluğu haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.25).



Şekil. 4.25. Nüfus Yoğunluğu Uygunluğu Verisi

4.4. Verilerin Ağırlıklandırılma İşlemi

ÇKKA aşamasının önemli kısımlarından bir tanesinde Ağırlıklandırma işlemidir. Seçilen kriterlerin haritalandırılması ve sayısal olarak ortaya konulması sonrasında kriterlerin tek bir standart değere sahip olabilmesi adına standardizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Aynı standart değerlerine getirilen verilen ÇKKA yöntemi ile toplanmadan önce bu kriterlerin birbirlerine göre öncelik durumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun nedeni uygun alanların tespitinde farklı faktörlerin etki değerlerinin birbirlerine göre farklı önem düzeylerine sahip olmasıdır.

Ağırlık değerlerinin tespit edilebilmesi için Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde kayak sporuna ilgi duyan alanında lisans sahibi veya lisansı olmayan sporcular ve bu konuda gerekli alanın kullanım uygunluğu hakkında görüş ve önerilere sahip olan uzman gruplar arasından 50 kişiden görüş alarak önem katsayı düzeyleri belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu kişilerden ikili karşılaştırmalar gerçekleştirmeleri talep edilmiş böylelikle AHS kapsamı ile görüşler değerlendirilmiştir. Bu sürecin temelini seçilen kriterlerin belirli bir hiyerarşik düzende sıralamalarının yapılabilmesi ve ağırlık değerlerinin belirlenebilmesi oluşturmaktadır. Yapılan değerlendirmeler ve kapsamlı çalışmalar sonucunda seçilen veriler önem derecelerine göre sıralanmıştır. Bu sıralama; sezonluk kar süresi, pist eğimi, pist uzunluğu, yola uzaklık, yükseklik, güneşlenme şiddeti, bölgenin nüfus yoğunluğu ve manzara değeri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ortaya konulan bu katsayılar; her bir kriterin kendi katsayısı ile çarpılarak toplanabilmesi ve kayak merkezi tesisi kurulumu için uygun olabilecek alanların belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Kriterlerin ağırlıklandırılması

Kriterler	Ağırlık/Öncelik
Kar Süresi	0,139
Eğim	0,133
Eğim Uzunluğu	0,128
Yola Uzaklık	0,126
Yükseklik	0,121
Güneşlenme Şiddeti	0,120
Nüfus Yoğunluğu	0,118
Manzara Değeri	0,115
Toplam	1

4.5. Çok Kriterli Analiz Çalışmaları ve Uygun Alanların Belirlenmesi

Çalışma içerisinde, kış rekreasyon alanlarının uygunluk kriterleri dikkate alınarak, her bir faktörün uygunluk değerlendirilmesi ile çalışma kapsamında kullanılan tüm faktörlerin ağırlık katsayıları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu değerler kullanılarak Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile kayak tesisi için uygun, kar faktörünün önemli bir etken olarak alanda var olduğu uygun kış rekreasyon alanları haritaları üretilmiştir.

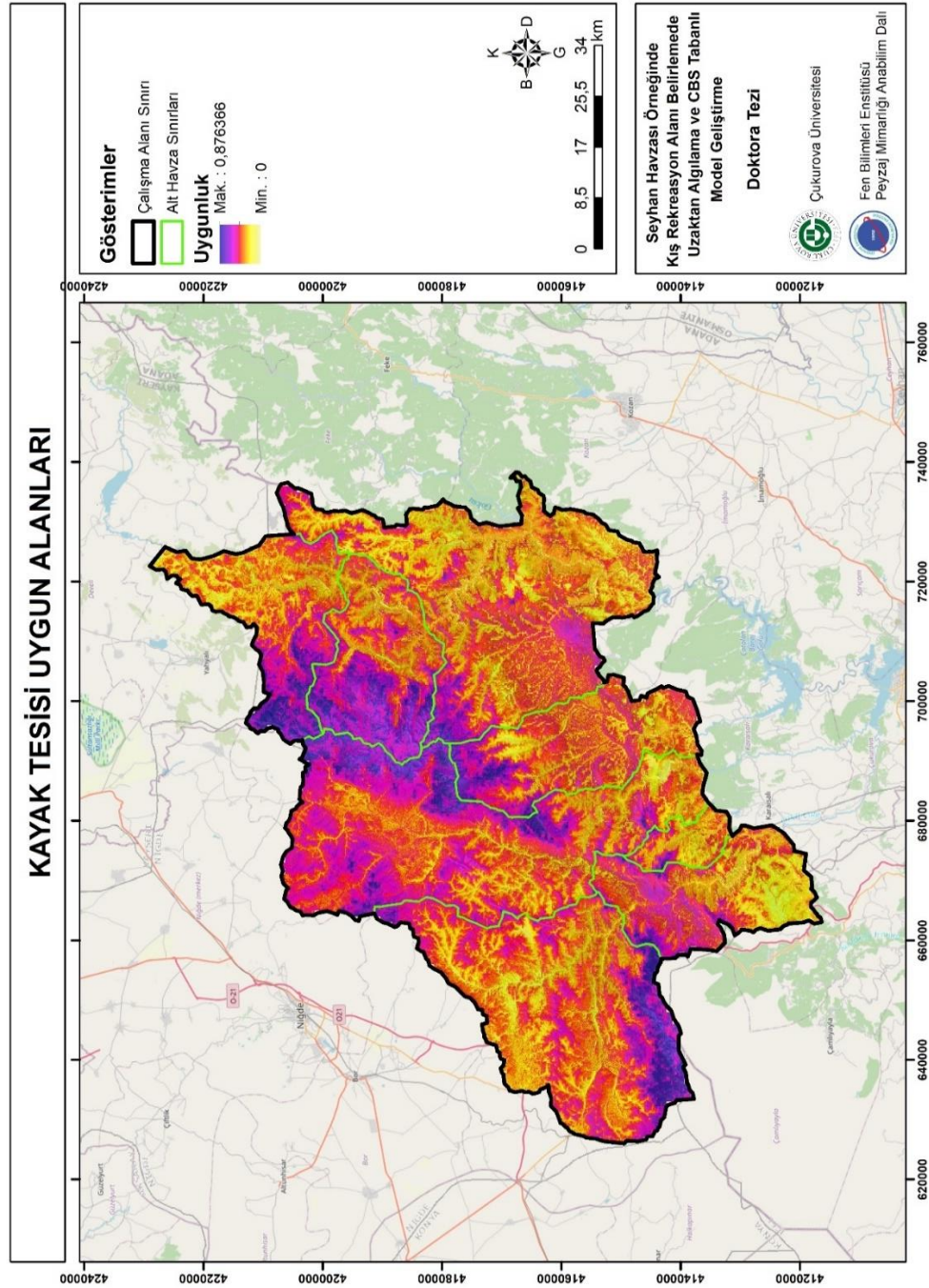
Kayak tesisi ve kış rekreasyonu için uygun alan belirlenmesine yönelik oluşturulan haritaların üretilmesinde, analizler kapsamında kullanılan faktörlerin çeşitli değer aralıklarında ve farklı ölçü birimlerinde olduğundan dolayı, kullanılan parametreleri birlikte işleme girebilmesi ve kendi aralarında karşılaştırılabilmesi adına her değeri 0-1 aralığında olacak şekilde standardizasyon işlemleri uygulanmıştır. Her bir kriter haritası için mevcut kayak tesisleri ve literatürden elde edilen bilgiler dikkate alınarak bulanık mantık (fuzzy) yöntemi ile standardizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Standardizasyon işlemi sonucunda oluşan haritalarda faktörlerin 0-1 aralığında uygunluk düzeyleri belirlenmiş olup tek standartta kullanılabilecek ortak bir veri seti oluşturulmuştur. 0-1 değerleri arasındaki

haritalandırma işlemlerinde 1'e yakınlaştıkça yüksek uygunluk, 0'a yakınlaştıkça düşük uygunluk olarak tanımlanmaktadır.

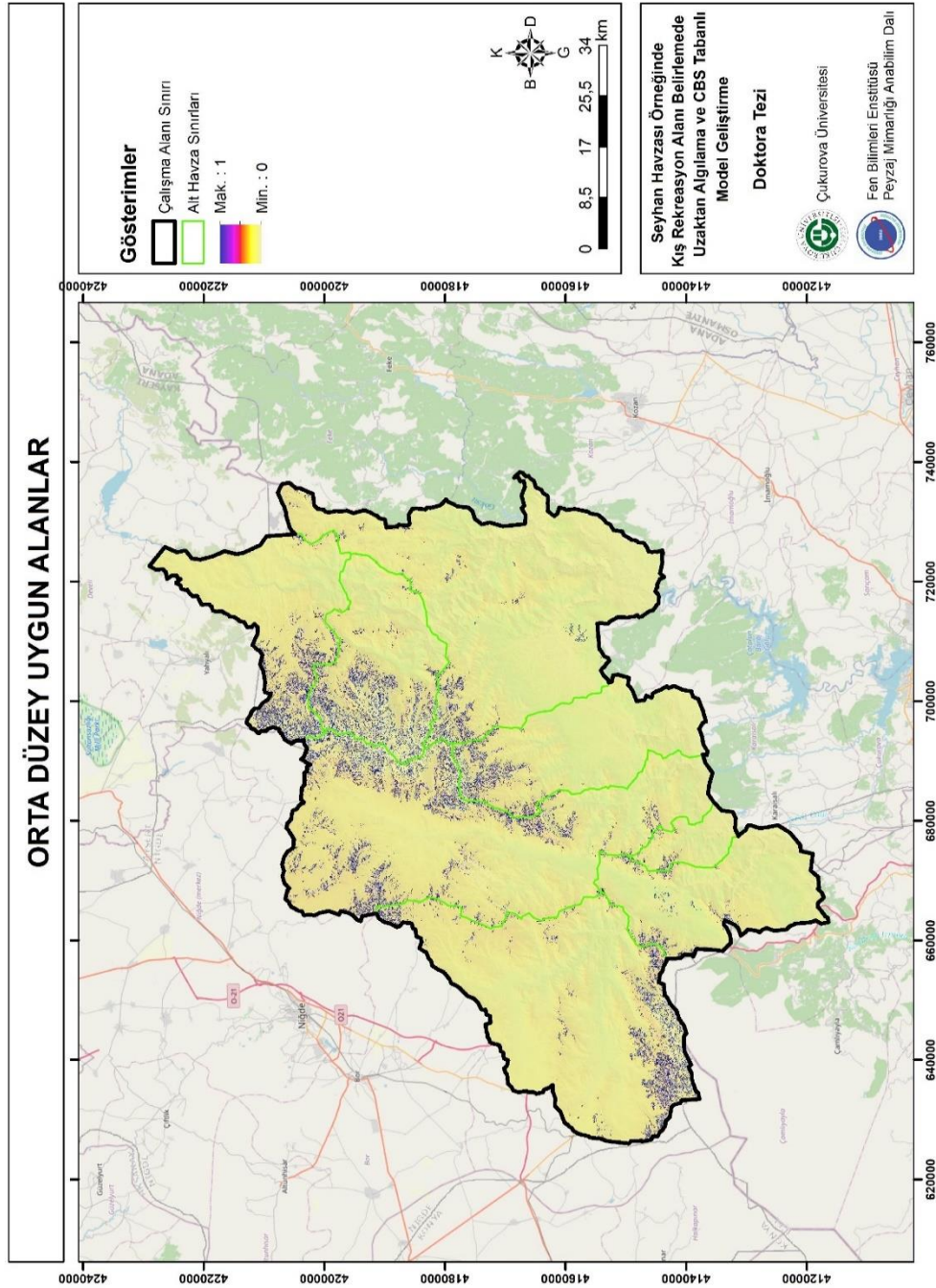
Tüm kriterlerin standardizasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra belirlenen değerlerin ağırlıklarının belirlenebilmesi için AHY uygulanmıştır. Uygulanan bu metod ile ağırlıkların belirlenebilmesi için uzman kişilere yapılan anket çalışması verilerinin sonuçları istatistik yöntemleri ile analiz edilerek her bir kriterin ağırlık değerleri bulunmuştur. Çalışma kapsamında en yüksek ağırlık katsayısına sahip veri kar süresi olarak belirlenmiştir. Daha sonrasında ise eğim, eğim uzunluğu, yola uzaklık, yükseklik, güneşlenme şiddeti, nüfus yoğunluğu ve manzara değeri verileri önem sırasına göre yer almaktadırlar.

Ağırlık değerleri hesaplanma işlemi sonrasında tüm veriler Ağırlıklandırılmış Doğrusal Birleştirme (ADB) yöntemi ile tüm veriler toplanarak kayak tesisi uygunluk haritası üretilmiştir (Şekil 4. 26). Çalışma kapsamında 0-1 arası uygunluk değeri göz önünde bulundurularak yapılan çalışma kapsamında sonuç haritasında en uygun alanlar 0,87 olarak tespit edilmiştir. Sonuç haritası ile üretilen uygunluk düzeyi belirlenirken uygun olmayan (%0-20), az uygun (%20-40), orta uygun (%40-60) uygun (%60-80) ve çok uygun (%80-100) şeklinde 5 sınıfta değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda uygun ve çok uygun alanlar dikkate alındığında uygun alanlar yoğun olarak iki ayrı bölgede toplanmıştır. Bu bölgelerden bir tanesi Eğribük, Hacılı köprü, Üçtepe, Değirmen ocağı ve Oruç alt havzalarının birleştiği noktalarda oluşan alan olarak tespit edilmiş ve GCP 1 bölgesi şeklinde isimlendirilmiştir. Diğer bölge ise Ergenusağı alt havzasının güney kısmı olarak tespit edilmiş ve GCP 2 şeklinde isimlendirilmiştir. GCP 1 uygun alanı 79.585 ha büyüklüğünde geniş bir alan olarak, GCP 2 uygun alanı ise 16.525 ha olarak belirlenmiştir. Bu alanların dışında yine 5-10 ha'lık küçük parseller de çalışma alanı kapsamında uygun alanlar olarak tespit edilmiştir.

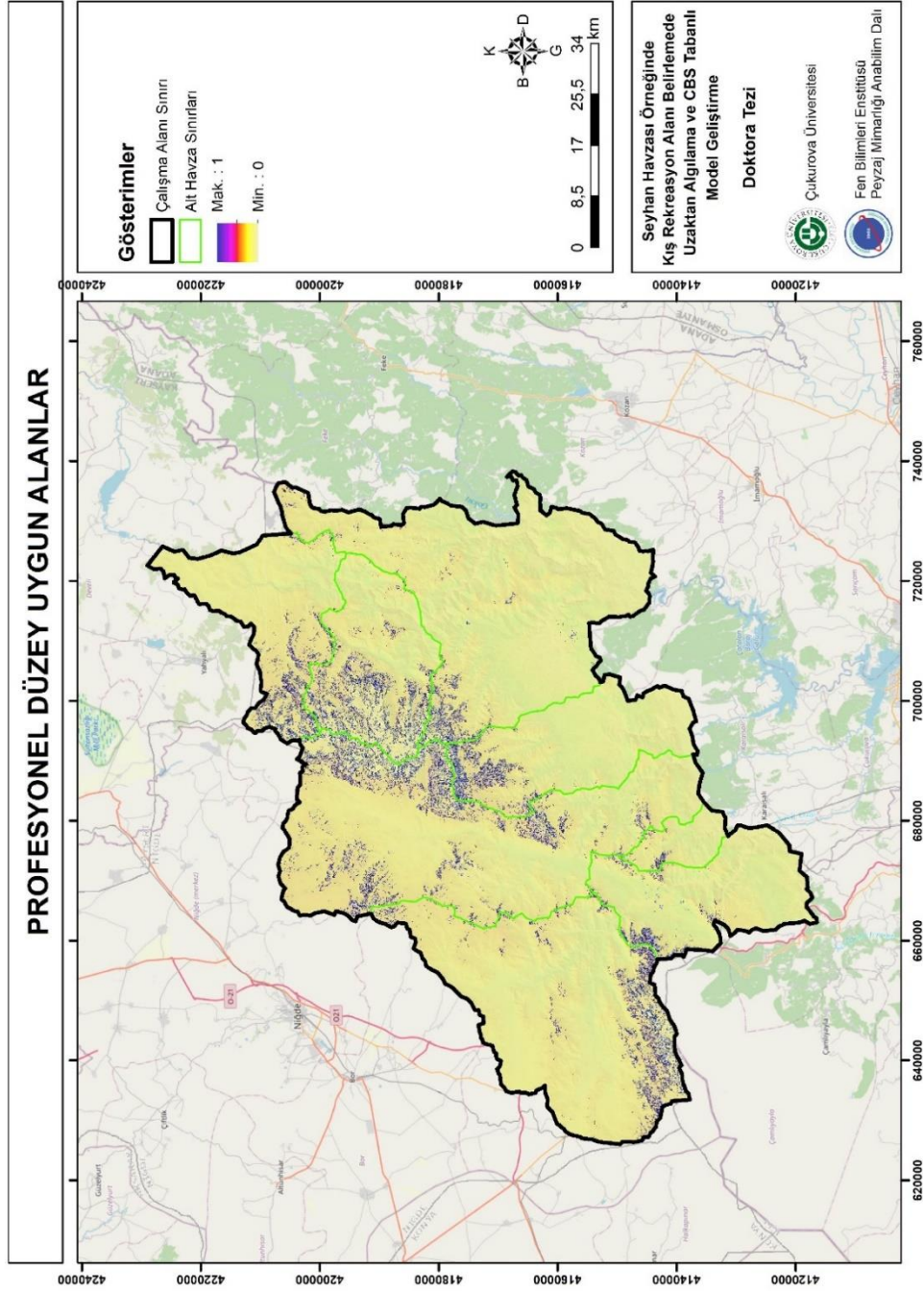
Çalışmamızın diğer aşamasında ise üretilen uygun alanlar sonuç haritasının, eğim ve eğim uzunluğu verileri standart değerleri belirlenip verilen değerler ile yeniden analiz edilerek; başlangıç, orta ve profesyonel düzeyde pist kurulumunun yapılabilineceği alanlar belirlenmiştir. Pist uzunluğu 800-1200 metre, eğim değeri ise %10-16 arasında olan değerleri başlangıç (Şekil 4.27), pist uzunluğunun 1200 metre ve sonrası olması eğimin ise %16-25 arasında olan uygun alanların orta düzey (Şekil 4.28), pist uzunluğu 1200 metreden büyük eğimin %25-35 arasında olduğu alanların ise profesyonel düzeyde (Şekil 4.29) uygun alanlar olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.



Şekil. 4.26. Kayak Tesisi Uygun Alanlar Haritası

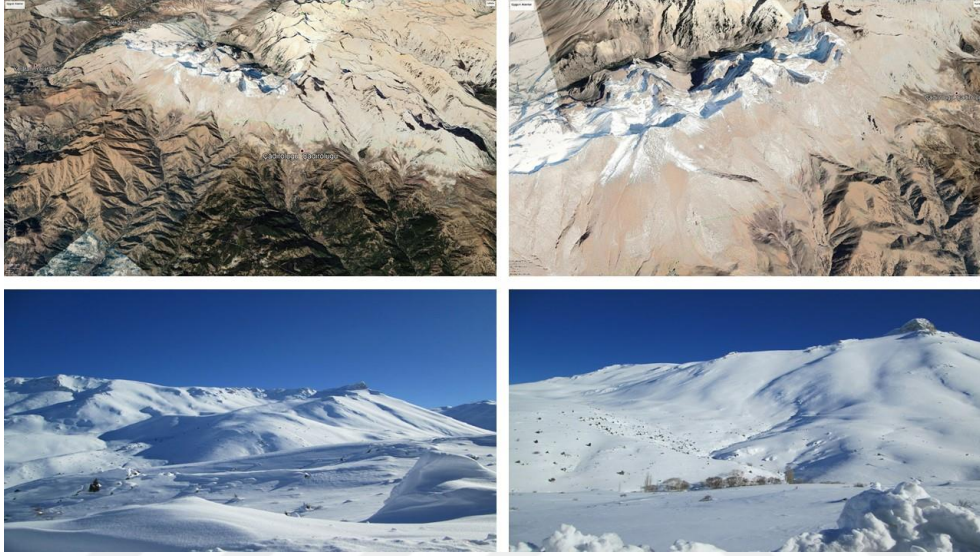


Şekil. 4.28. Kayak Tesisi Orta Düzey Uygun Alanlar Haritası

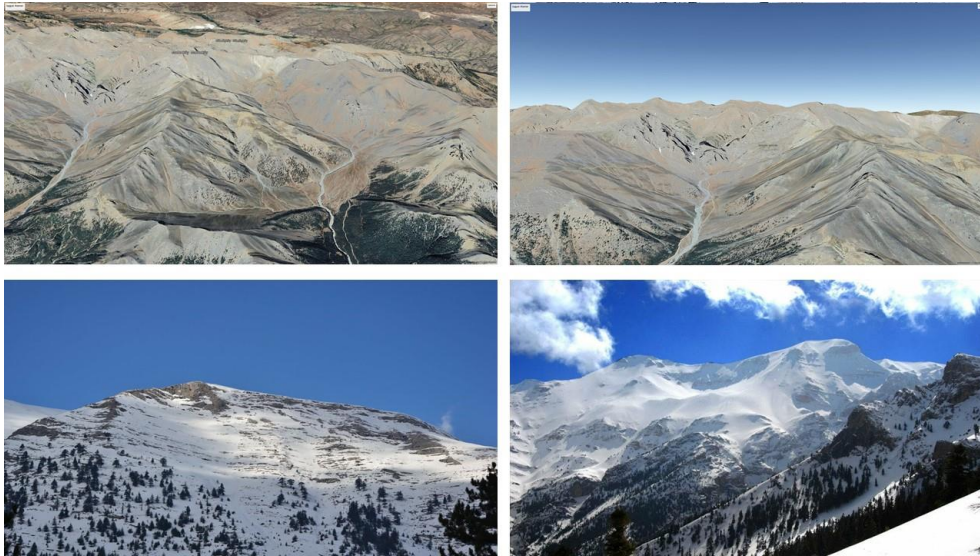


Şekil. 4.29. Kayak Tesisi Profesyonel Düzey Uygun Alanlar Haritası

Çalışma kapsamında belirlenen GCP 1 ve GCP 2 uygun alanlarının olduğu ve kış rekreasyonu için önerilen alanların bulunduğu bölgelere ait üç boyutlu görseller ve alan fotoğrafları da Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de yer almaktadır.



Şekil. 4.30. Uygun Alan Görüntüleri (GCP 1 Bölgesi, 2019)



Şekil. 4.31. Uygun Alan Görüntüleri (GCP 2 Bölgesi, 2019)

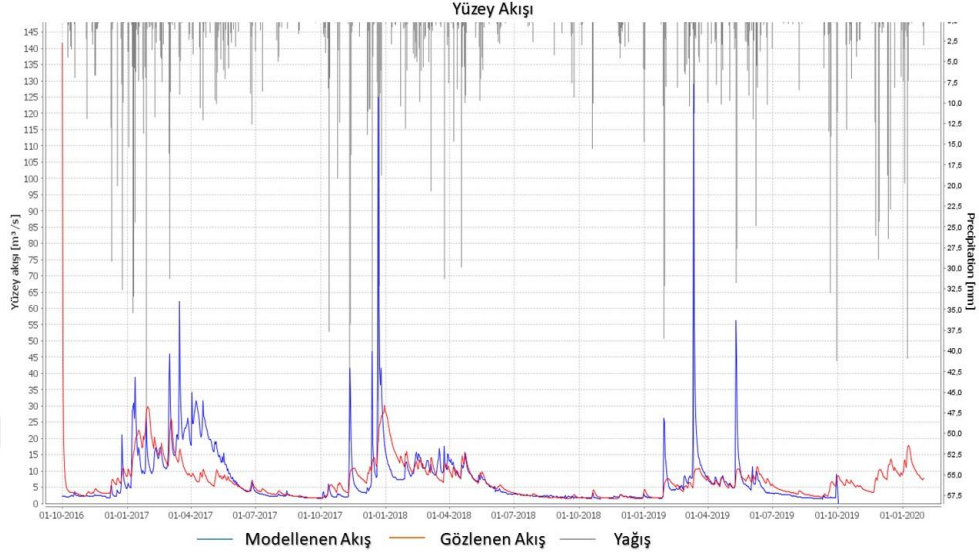
4.6. J2000 Hidrolojik Modelleme Aşaması

Çalışma alanı kapsamında GCP 1 bölgesi olarak isimlendirilen ve uygun alanlar içerisinde yer alan Eğribük alt havzası'na yönelik uygulanması hedeflenen hidrolojik modelleme yaklaşımı, modüler yapı ve ihtiyaç duyduğu geniş veri seti ile kompleks bir süreci içermektedir. JAVA yazılım dilinde düzenlenmiş modelin alana uygulanması ve bu uygulamanın başarısı, model parametreleri, girdi verileri ve bu verilerin model ile uyumuna bağlı olarak ortaya konulmuştur.

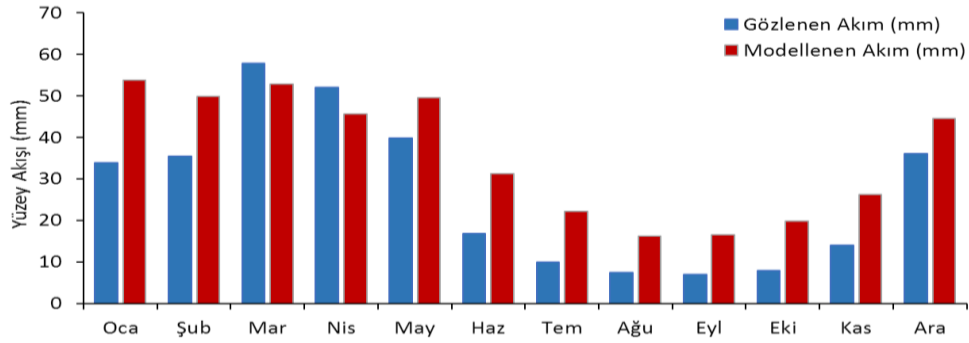
4.6.1. Eğribük Alt Havzası Hidrolojik Modelleme Aşaması

Adana İli Karaisalı İlçesi Boztahta Köyünün 2.5 Km güneyinde Eğlence Deresi üzerinde yer alan Eğribük akım gözlem istasyonu referans alınarak belirlenen alt havza sınırı 553 km²'lik bir yağış alanına sahiptir. Eğribük alt havzası için jeolojik yapı incelendiğinde, başlıca devirlerin kretase, jurasik ve oligosen olduğu görülmüştür. Bölgede yüzeye çıkan kretase, kireç taşından oluşmuştur. Alt havzada, en fazla dağılım gösteren arazi sınıfı ise iğne yapraklı orman alanlarıdır. Kireç taşının açık yüzeyde bulunduğu alanlar da alanın kuzey kesiminde yer almaktadır. Bu alanlar, mera alanları ile birlikte alanın yaklaşık %35'ini kaplamaktadır. Tarım alanları alt havzanın %16'lık bölümünü kaplamaktadır.

Alt havza için 3400 hidrolojik birim oluşturulmuş ve modelleme sürecine dahil edilmiştir. Birim sayısı alandaki heterojenite göz önüne alınarak belirlenmiştir. Modelleme uygulaması 01 Ekim 2016 – 31 Ocak 2020 tarih aralığı için gerçekleştirilmiş ve günlük akım hidrografi oluşturulmuştur (Şekil 4.32). Alt havza modelleme uygulaması 0.77 R² ile gerçekleştirilmiştir. Bu katsayı düzeyi, model sonuçlarının alt havza için yüksek doğrulukla modellendiğini ortaya koymuştur.



Şekil. 4.32. Eğribük Alt Havzası Modellenen ve Gözlenen Günlük Akış Hidrografi (1 Ekim 2016 – 31 Ocak 2020)



Şekil. 4.33. Eğribük Alt Havzası Aylık Gözlenen ve Modellenen Akım Dağılımları (2016-2020)

Eğribük alt havzasında akış miktarı yaz aylarında dramatik bir azalma göstermektedir. Bu azalma eğilimi model sonuçları ile gözlenen akışla paralellik göstermiştir. Gözlenen ve modellenen akış arasındaki paralellik tüm mevsimlerdeki genel akış eğiliminde de ortaya konmaktadır (Şekil 4.33). Alt havza yıllık toplam yağış ve akış değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Eğribük Alt Havzası yıllık toplam akış bileşenleri modelleme sonuçları (1 Ekim 2016 – 31 Ocak 2020) (1 km³ = 1 milyar m³)

Mevsim	Toplam Gözlenen Akış		Toplam Modellenen Akış		Yağış	
	(mm)	km ³	(mm)	km ³	(mm)	km ³
İlkbahar	304.27	0.168	354.91	0.196	312.90	0.173
Yaz	69.63	0.038	56.93	0.090	60.79	0.033
Kış	151.06	0.083	200.07	0.110	457.03	0.252
Sonbahar	56.81	0.031	48.94	0.027	188.81	0.104
Toplam	581.77	0.321	660.84	0.365	1019.53	0.563

Eğribük alt havzası sahip olduğu küçük yağış alanı nedeni ile diğer alt havzalara kıyasla toplamda daha az yağış toplamaktadır. Ancak, yıllık toplam 1019.53 mm ile Seyhan Havzası ortalamasının üstünde yağış alan alt havza 563 milyon m³ yağış biriktirmektedir. Bu miktarın 581 milyon m³'ü akışa dönüşmektedir. Gözlenen ve tahmin edilen akış arasında yıllık toplam 79 mm fark bulunmaktadır.

Model sonuçlarına dayandırılan yıllık toplam akış bileşenleri ise Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Eğribük Alt Havzası yıllık toplam akış bileşenleri gelecek modelleme sonuçları (2090-2100) (1 km³ = 1 milyar m³)

Senaryo	Gözlenen Akış	Modellenen Akış (mm)	Değişim (%)	ET (mm)	Yağış (mm)	Toplam	
	(mm)					Akış (km ³)	Yağış (km ³)
Güncel	581.8	660.8	13	358.7	1019.5	0.365	0.564
RCP 4.5		537.6	-7.6	402.0	939.6	0.297	0.520
RCP 8.5		550.9	-5.7	430.7	981.6	0.305	0.543

Alt havza bazında yapılan modelleme uygulamalarında meteorolojik gözlem verileri önemli yer tutmaktadır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre alt havza için güncel durum ortalama yıllık toplam yağış miktarının 1019.5 mm olduğu belirlenmiştir. Bu miktar Seyhan Havzası ortalamasının üzerindedir. Alt havza alanı küçük olduğundan yağış alanına düşen yıllık toplam yağış miktarı 564 milyon m³'tür. RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre gelecek modellemesinde değişim sırasıyla %7.6 ve %5.7 azalacak şekilde alınmış ve toplam yağış miktarı 939.6 mm ve 981.6 mm olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 520 milyon m³ ve 543 milyon m³ olarak tahmin edilmiştir.

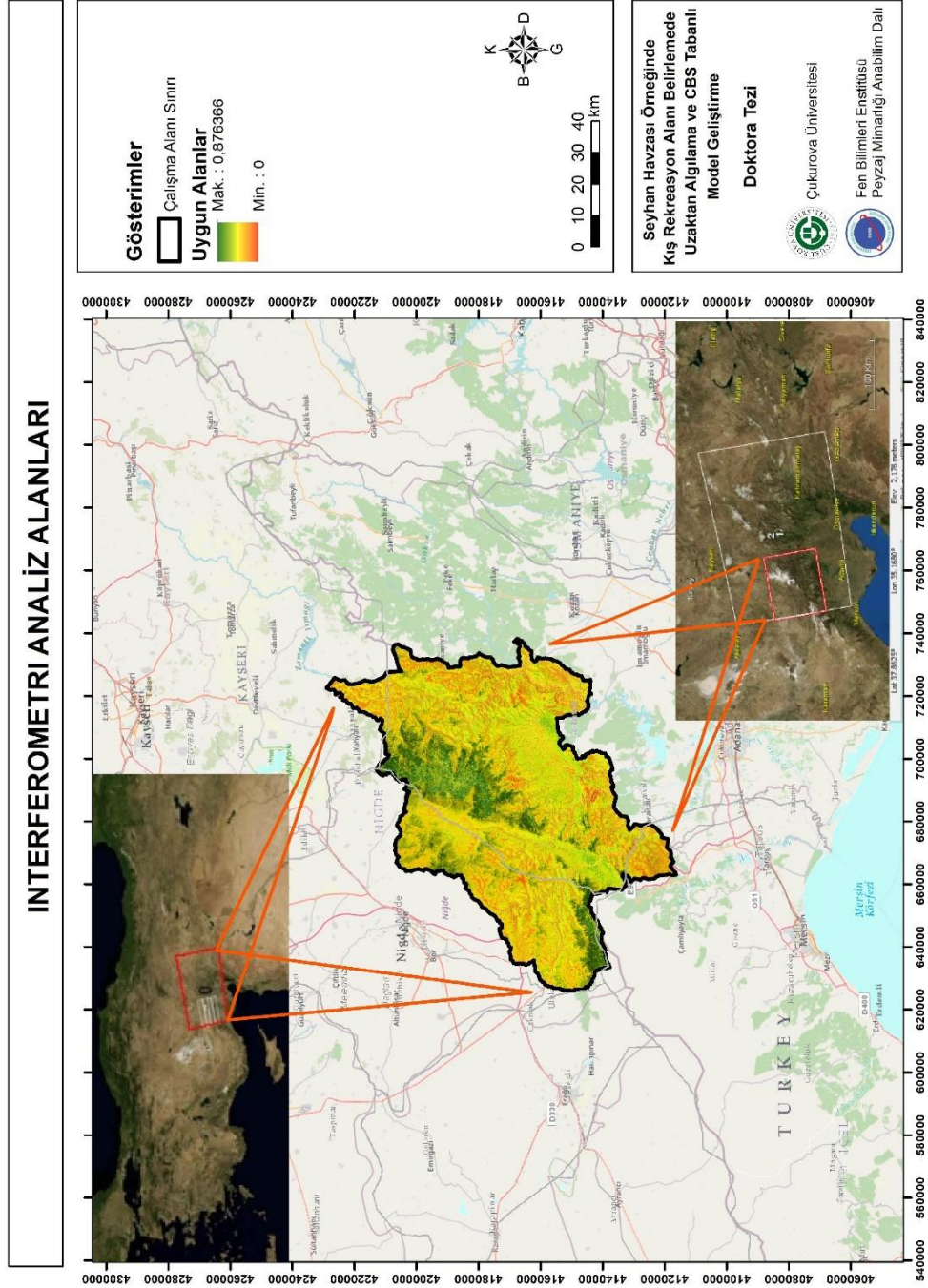
4.7. Interferometri Aşaması

Kar kalınlığı tespiti için interferometri işlemi için kullanılmak istenilen Radar veri setleri 2016 yılı aralık ayı, 2017 yılı ocak ve aralık ayları, 2018 yılı ocak ve aralık ayları, 2019 yılı ocak ve aralık ayları ve 2020 yılı ocak ayını kapsayacak şekilde 2016-2020 yılları arasında 12'şer gün aralıkla çekilen; polarizasyon, ürün tipi, sensör modu ve track değerlerinin aynı olduğu veri setlerinden oluşmuştur (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Çalışmada Kullanılan SAR Veri Seti Özellikleri

Görüntü Tarihi	Uydu Platformu	Ürün Tipi	Polarizasyon	Sensör Modu
18.12.2016	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
30.12.2016	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
11.01.2017	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
23.01.2017	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
01.12.2017	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
13.12.2017	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
06.01.2018	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
18.01.2018	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
08.12.2018	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
20.12.2018	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
01.01.2019	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
13.01.2019	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
03.12.2019	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
15.12.2019	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
08.01.2020	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW
20.01.2020	Sentinel-1A	SLC	VV, VH	IW

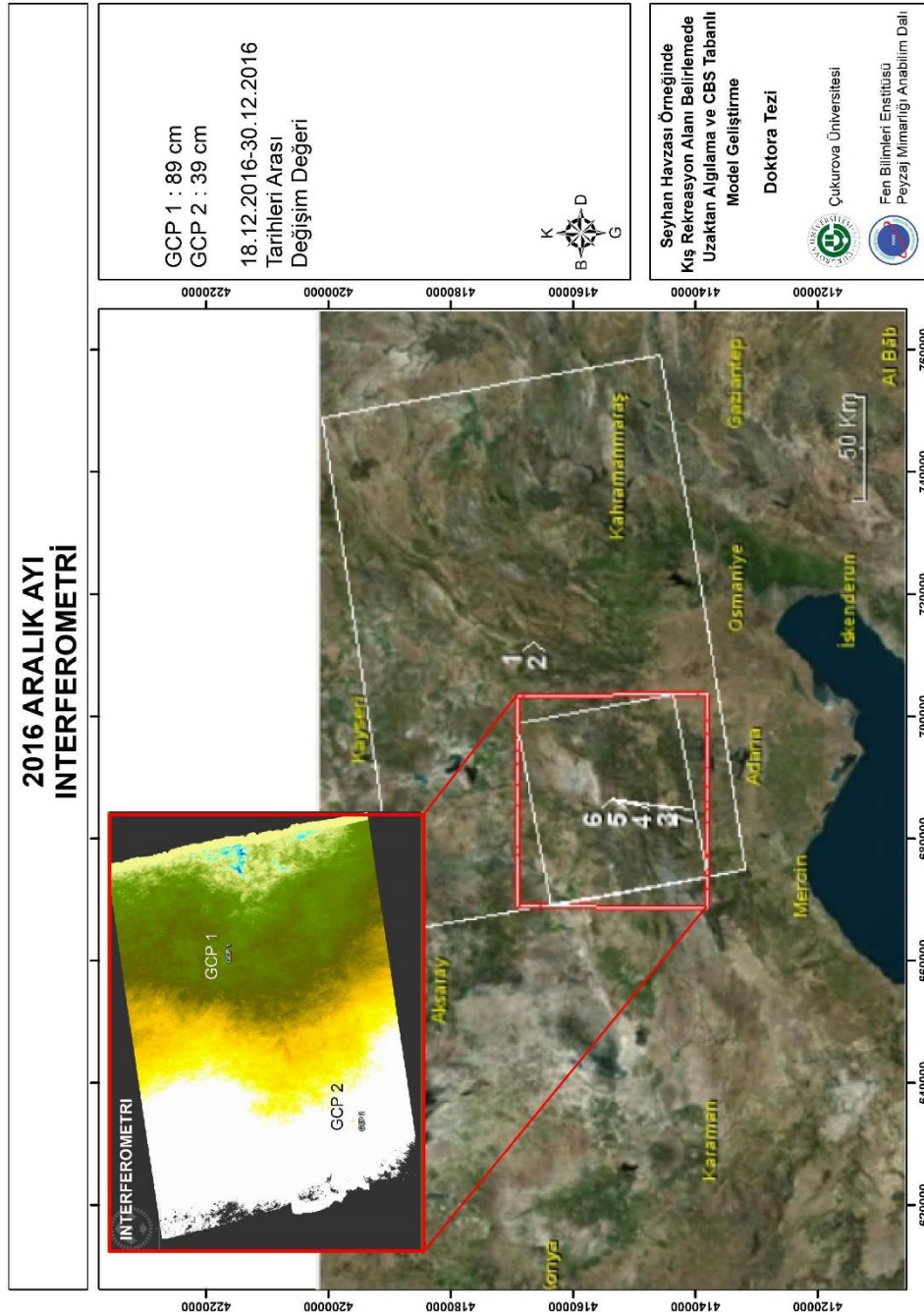
Çalışma kapsamında belirlenen uygun kış rekreasyon alanları ve kayak tesisi merkezi için önerilecek alanların interferometri işlemi ile kar kalınlıklarının test edilmesi ve o bölgelerdeki kar potansiyelinin daha net anlaşılması adına belirlenen alanlara yönelik tek bir görüntü seti ile iki bölgede kar kalınlığı değişimi ortaya konmuştur (Şekil 4.34). Bu bölgeler daha önceden GCP 1 ve GCP 2 şeklinde isimlendirilmiştir. Interferometri işleminin indirilen tüm görüntü setinin kullanılması ile yapılması hem doğruluğun azalmasına hem de işlem hacminin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ilgili alanlar potansiyel olarak önem düzeyine göre daraltılarak kullanılmıştır. Küçültülen ve yeni oluşturulan veri seti ÇKA yöntemi ile belirlenen iki uygun alanı kapsamaktadır. Bu şekilde yapılan analizlerde daha doğru sonuçlar elde edilmiştir.



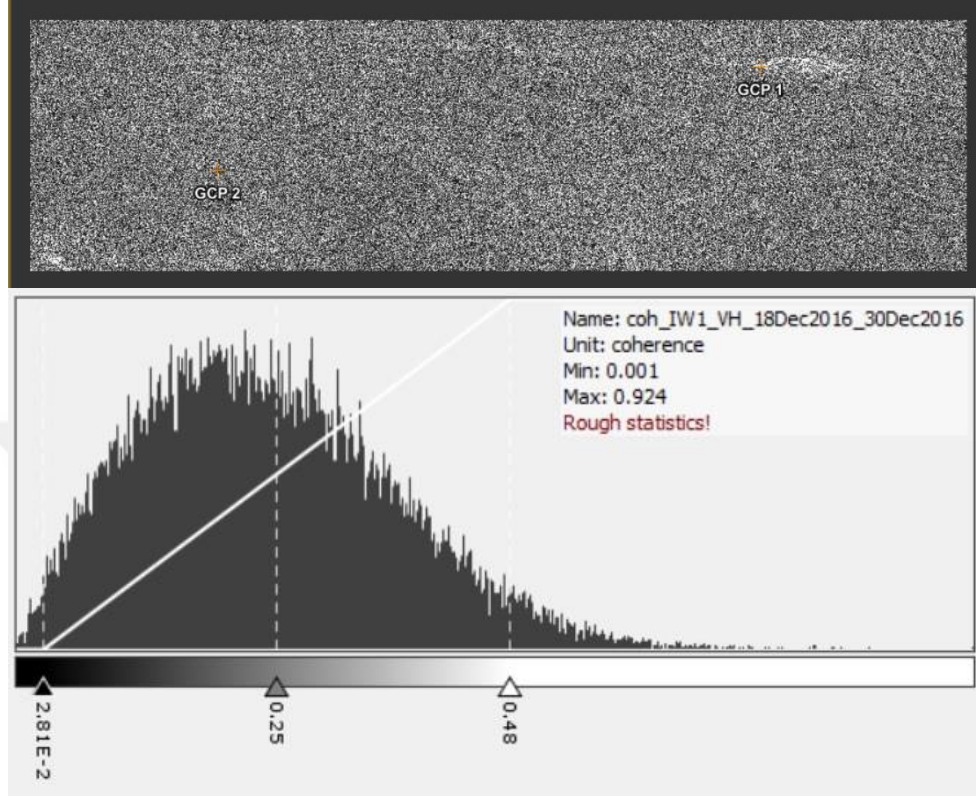
Şekil. 4.34. Radar Interferometri Analiz Alanları

Kış rekreasyon alanı ve kayak tesisi için uygun alanların belirlenebilmesi adına yapılan çalışmada kış dönemi ekim-nisan ayları arası olarak alınmış ve bu dönemlerdeki veri setleri kullanılarak MODIS görüntüleri yardımı ile kar süresi belirlenmiştir. Belirlenen bu süreler incelendiğinde karın 2 ay ve üzeri kaldığı alanların rekreasyon için uygun olabileceği ortaya konulmuştur. ÇKA yönteminin bir parametresi olarak kullanılan bu veri karlı alanların kalma süresini yansıtacak şekilde kullanılmıştır. Interferometri işleminde ise 2016-2020 yılları arasında karın en çok kaldığı aylardaki kalınlık değişimlerine yani karın bölgeye yağması ile yükseklik kazanması sonucu o bölgedeki potansiyeli ve hacmindeki değişim tespit edilmek istenmiştir. Bu amaçla karın en fazla alanda kaldığı aralık ve ocak ayları baz alınarak bu aylardaki radar görüntü setleri aynı özellikte olmak kaydı ile 12 şer gün aralıklı çekilen veriler indirilerek işleme konulmuştur. Analizler yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli etkenlerden birisi de tutarlılık (coherence) değerleridir. Tutarlılık değeri 0-1 arasında gösterilmektedir. 1'e yakın olan değerler anlamlı olmak ile birlikte 0,6 ve altı olan değerler kar kalınlığı ölçümü işlemlerinin gerçekleştirilmesindeki doğruluk payının az olduğunu göstermektedir.

2016 yılı 18-30 Aralık tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 90 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 39 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.35). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,924'a kadar ulaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.36).

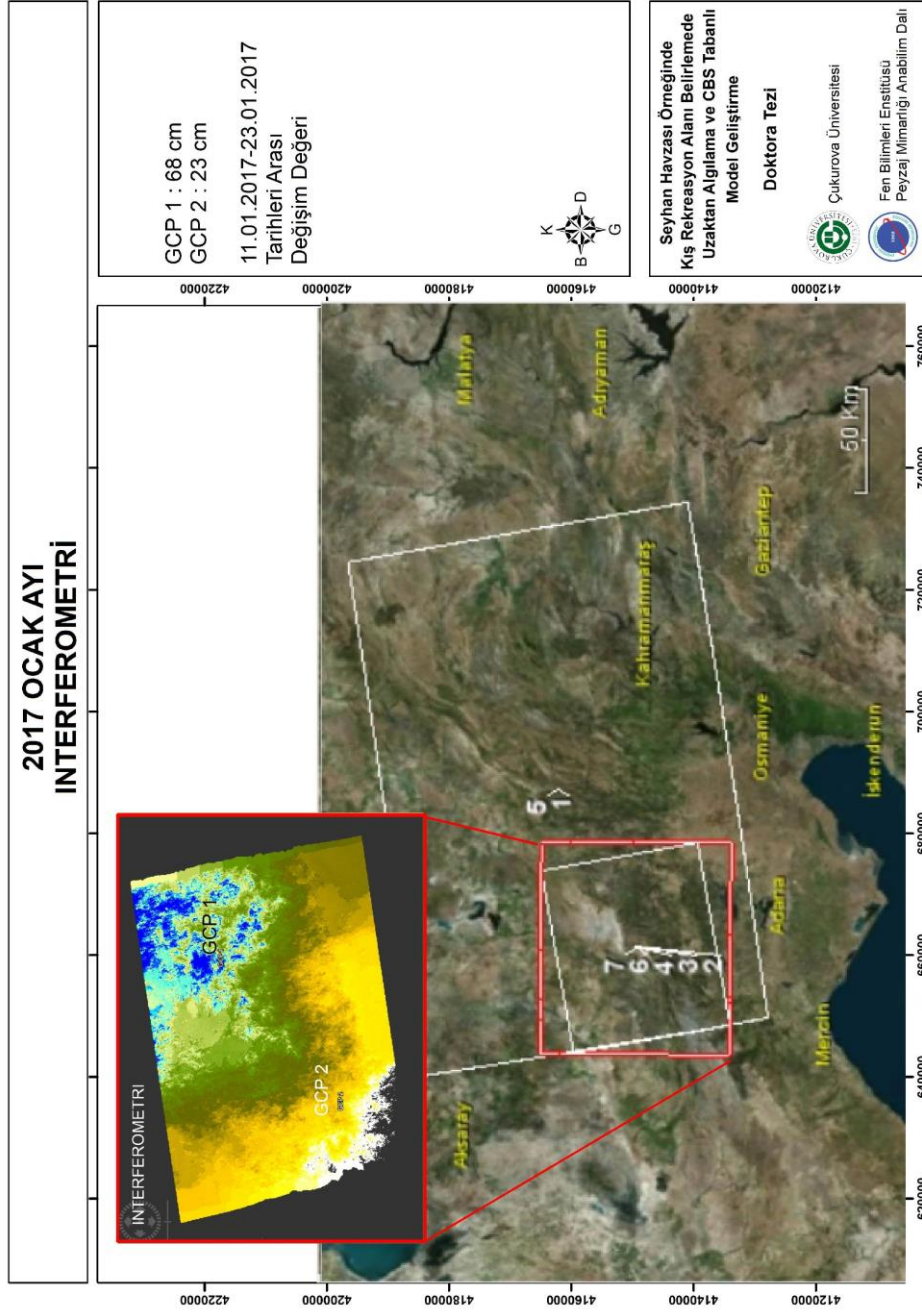


Şekil. 4.35. 2016 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

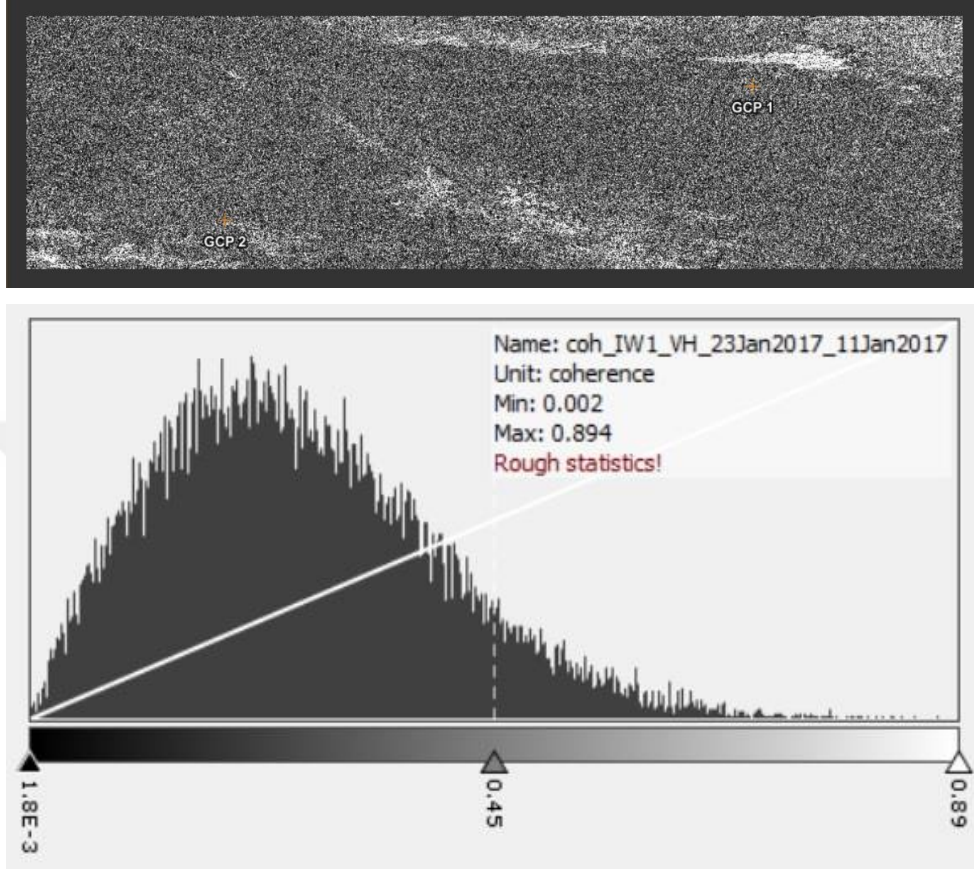


Şekil. 4.36. 2016 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri

2017 yılı 11-23 Ocak tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek için gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 68 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 23 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.37). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,894'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.38).

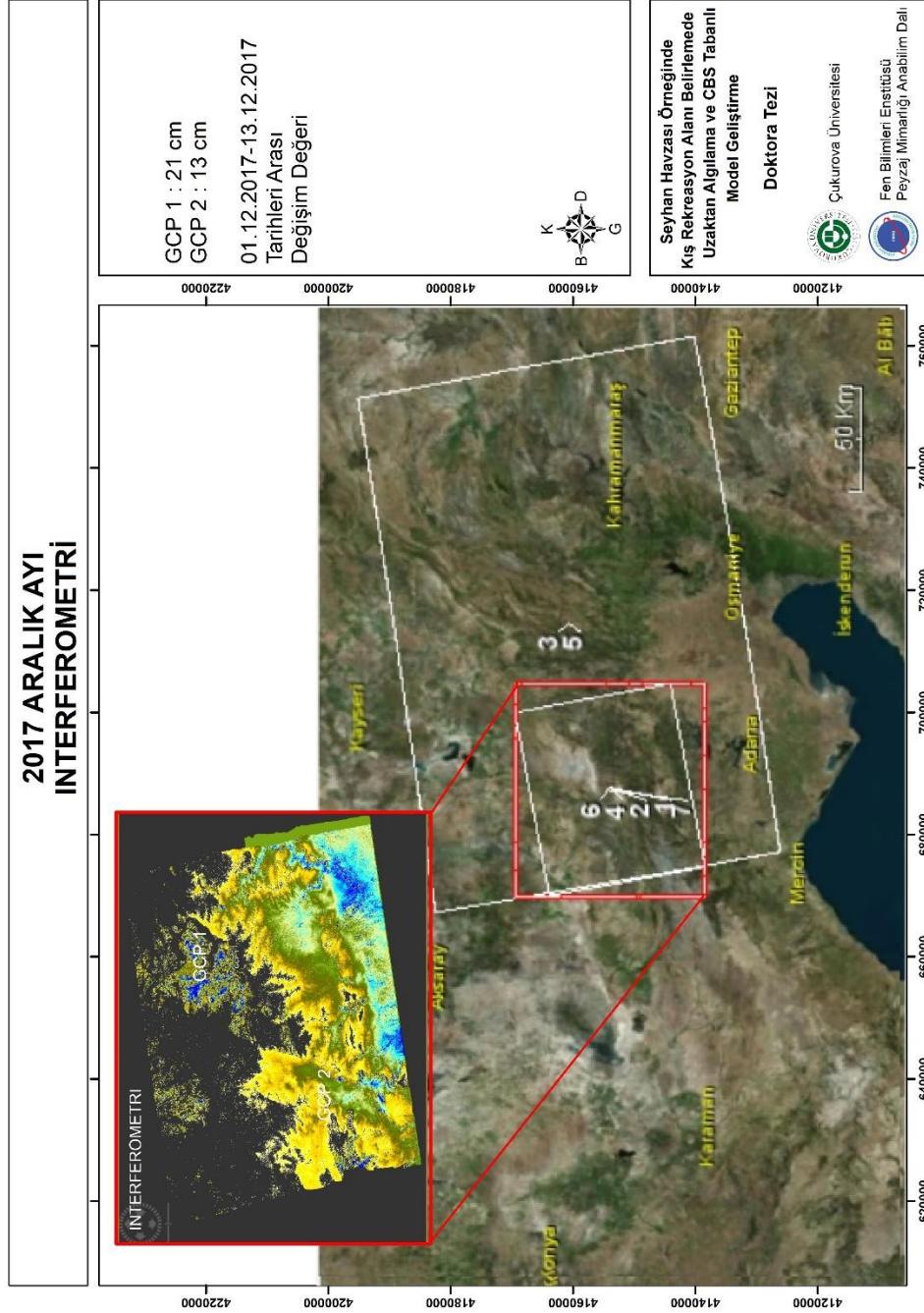


Şekil. 4.37. 2017 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

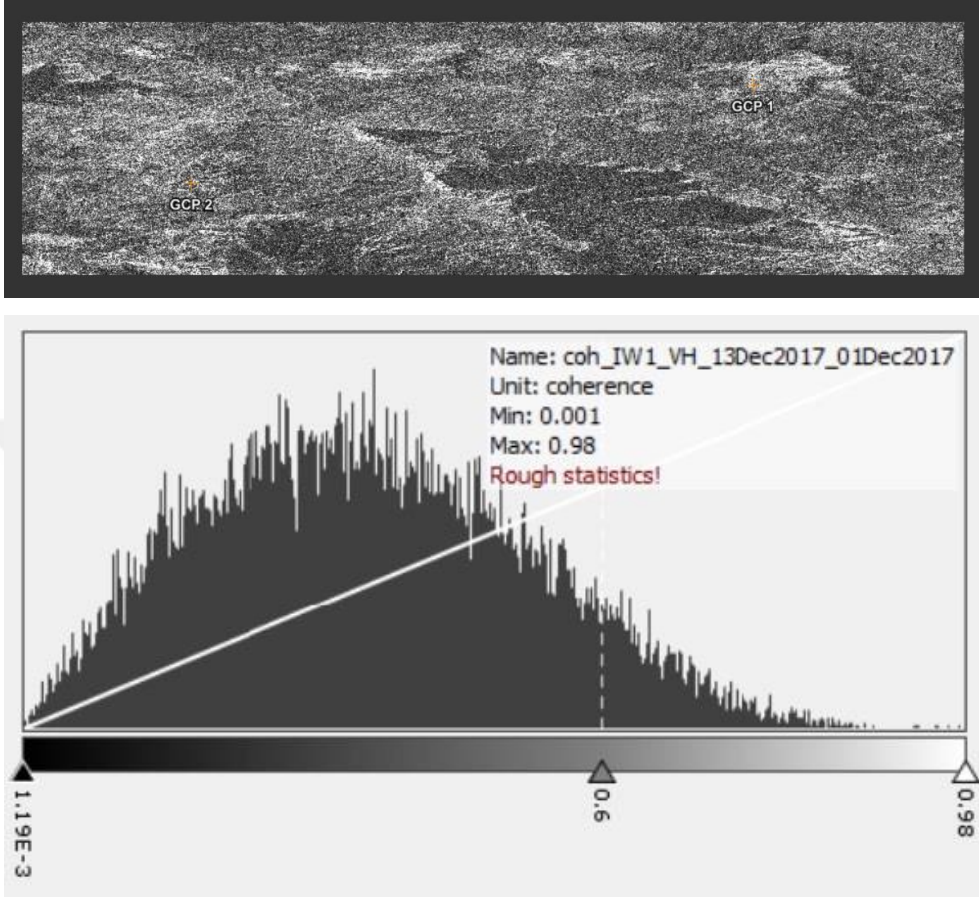


Şekil. 4.38. 2017 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri

2017 yılı 01-13 Aralık tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 21 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 13 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.39). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değerin 0,98'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.40).

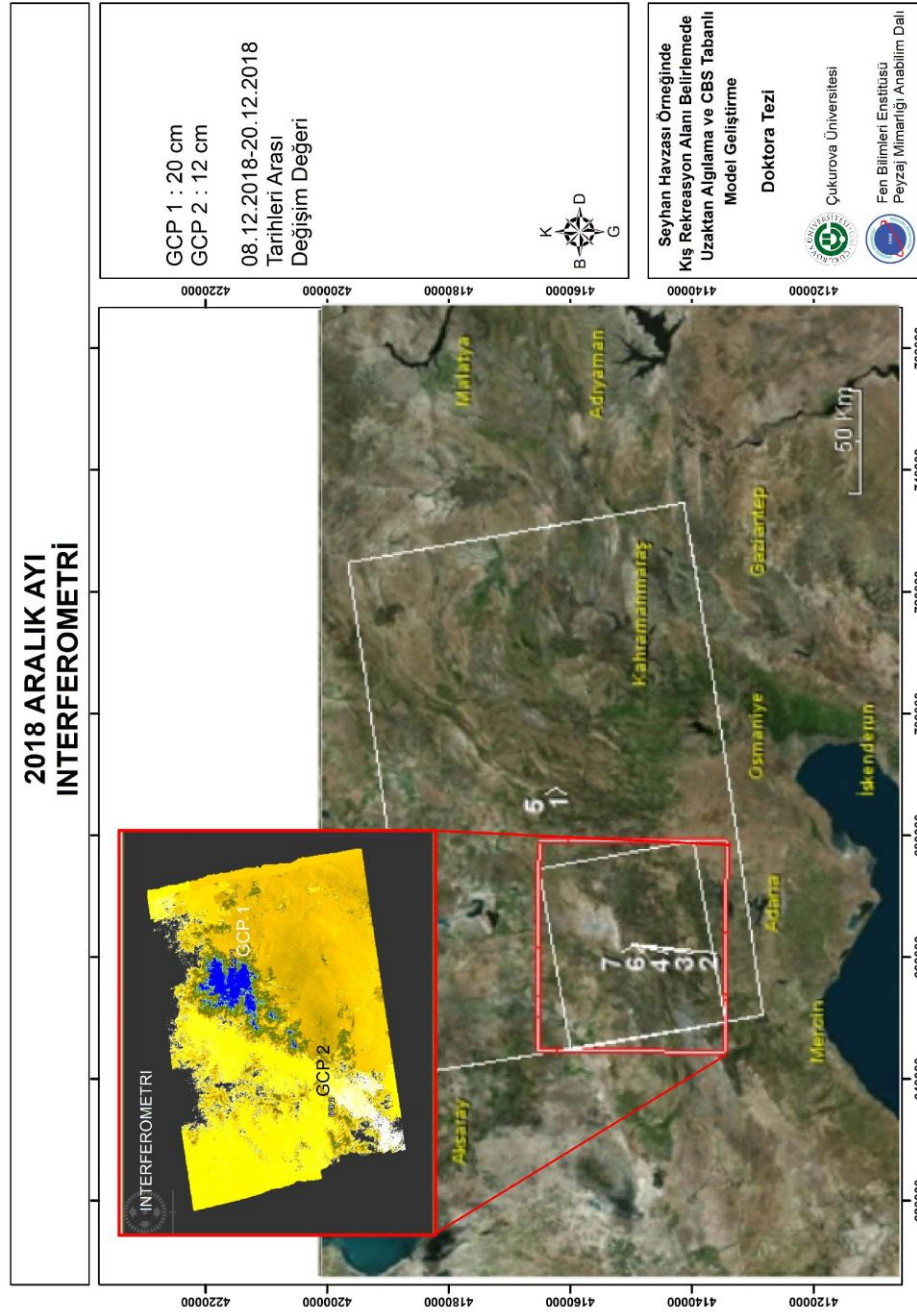


Şekil. 4.39. 2017 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

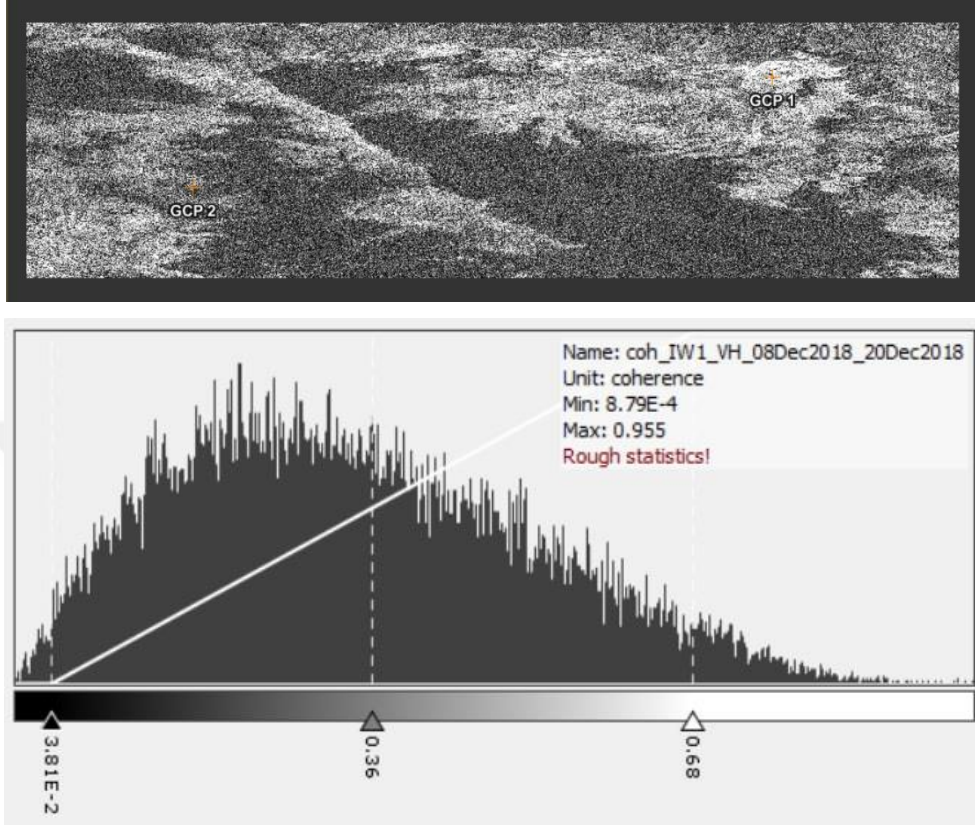


Şekil. 4.40. 2017 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri

2018 yılı 08-20 Aralık tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 20 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 12 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.41). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,955'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.42).

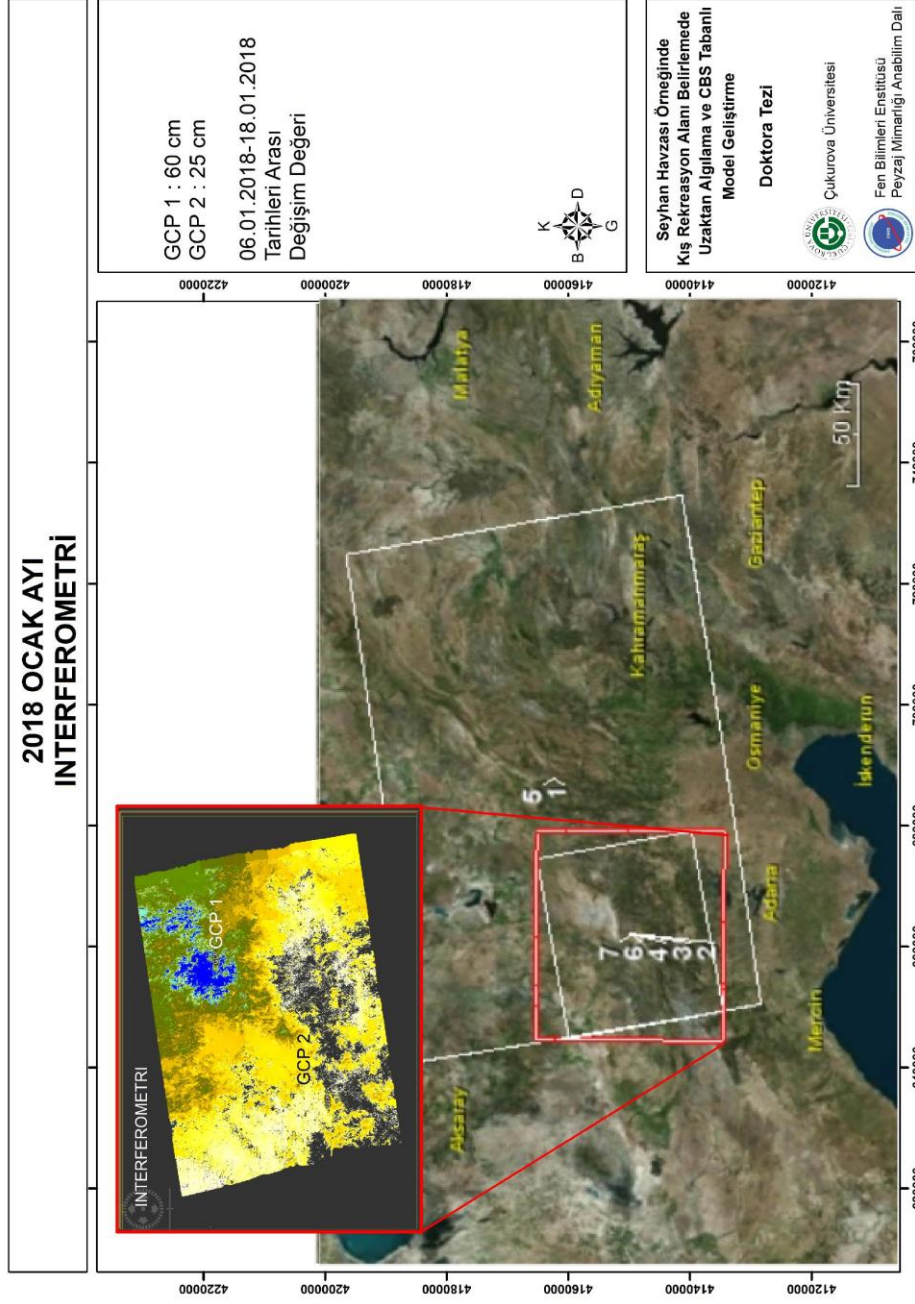


Şekil. 4.41. 2018 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

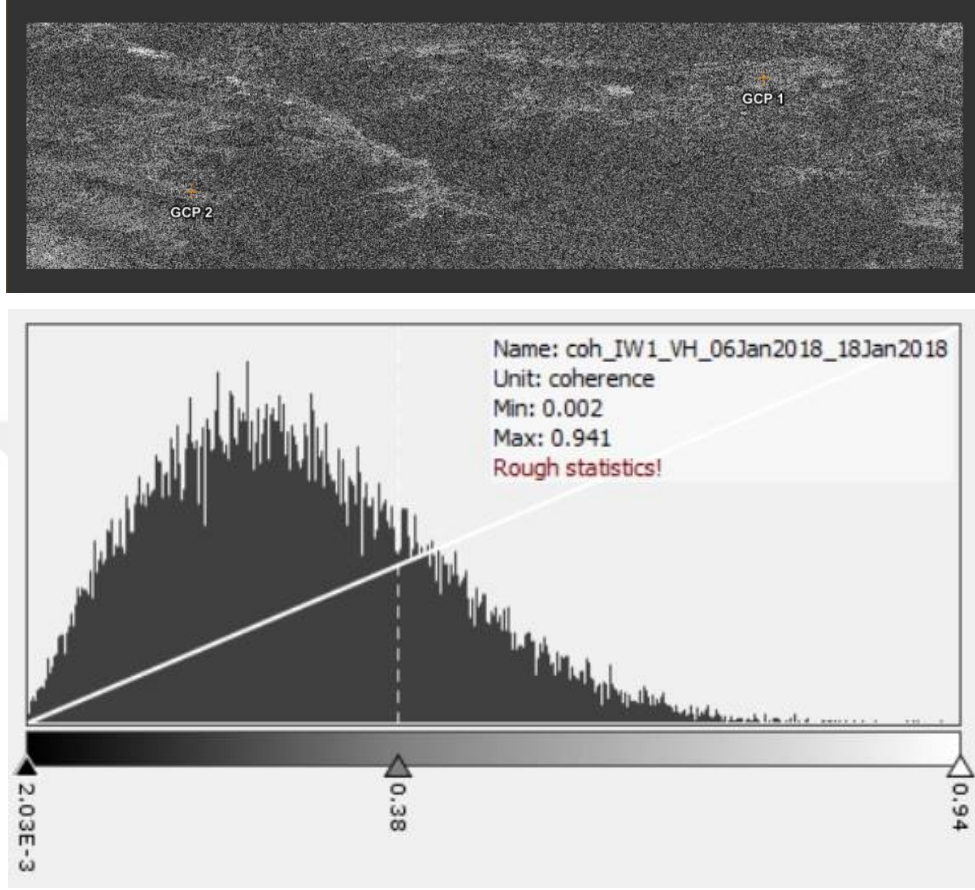


Şekil. 4.42. 2018 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri

2018 yılı 06-18 Ocak tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek için gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 60 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 25 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.43). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,941'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.44).

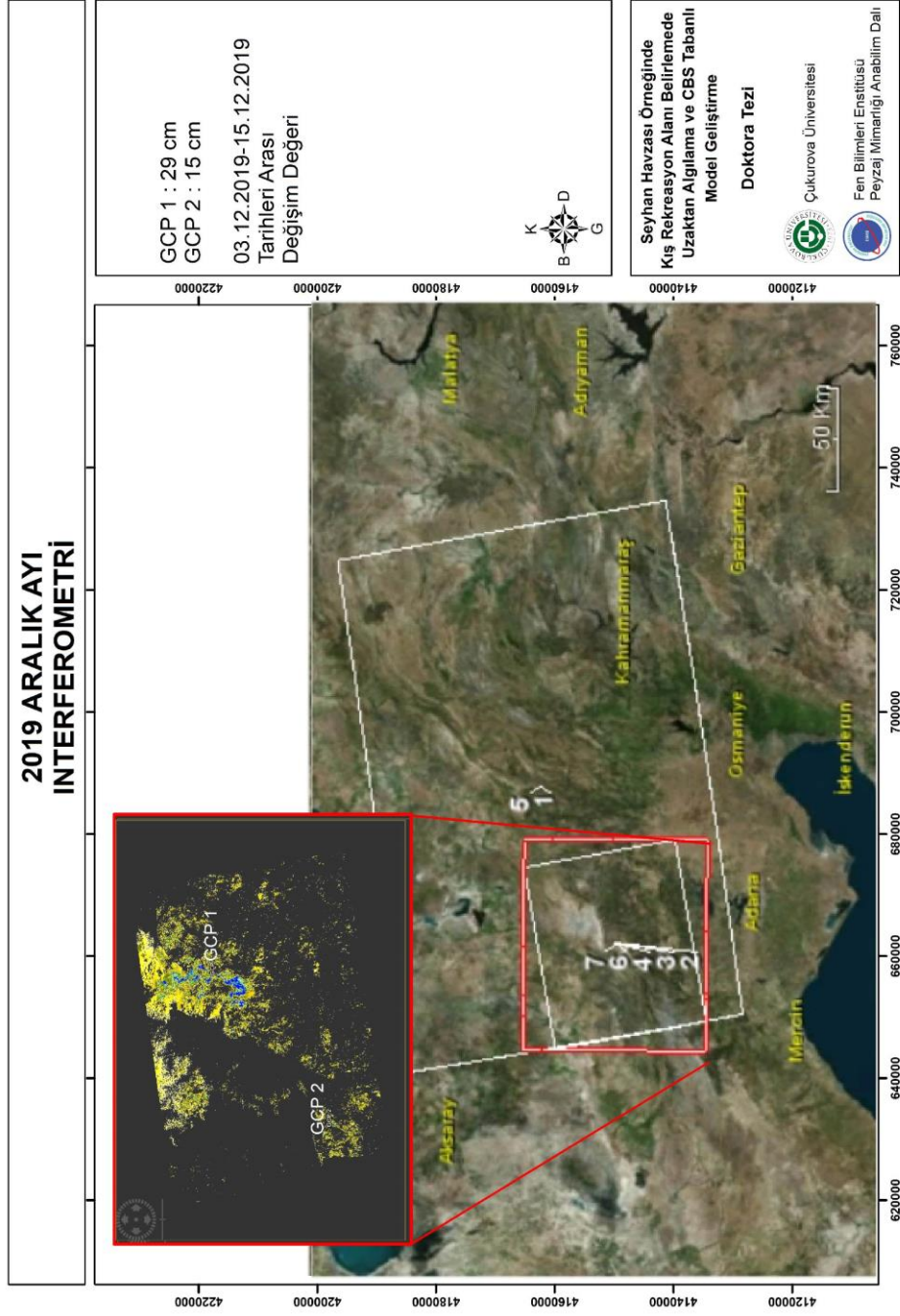


Şekil. 4.43. 2018 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

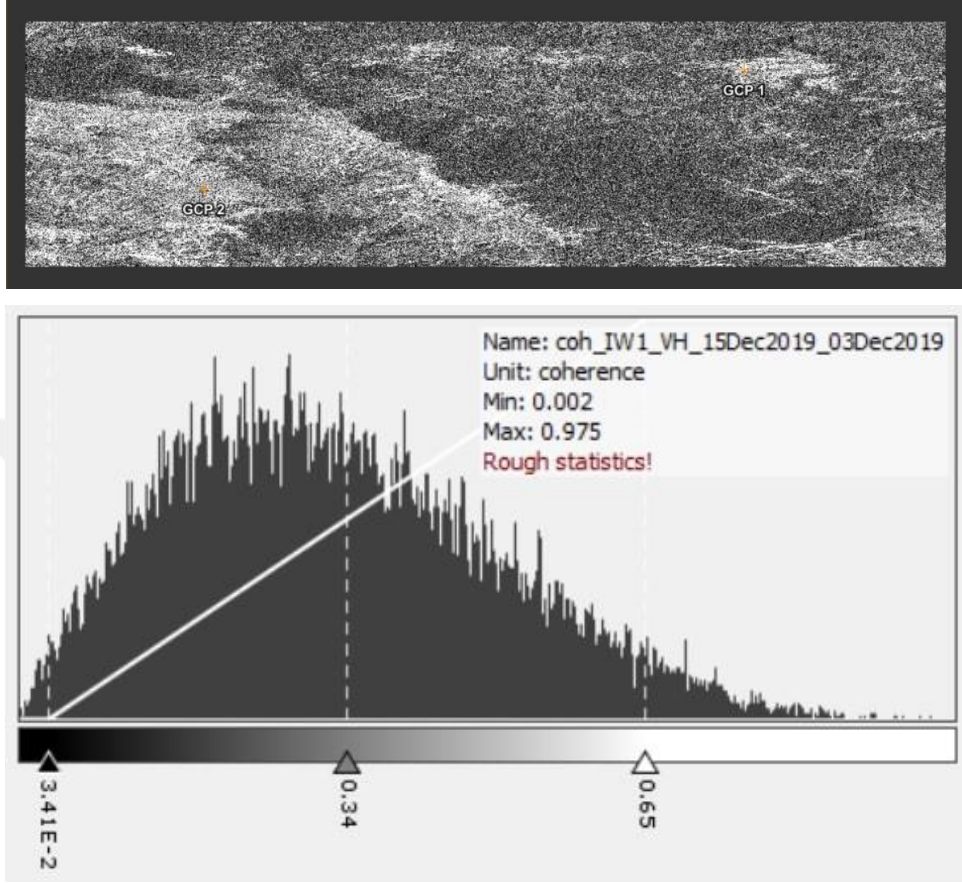


Şekil. 4.44. 2018 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri

2019 yılı 03-15 Aralık tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 29 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 15 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.45). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,941'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.46).

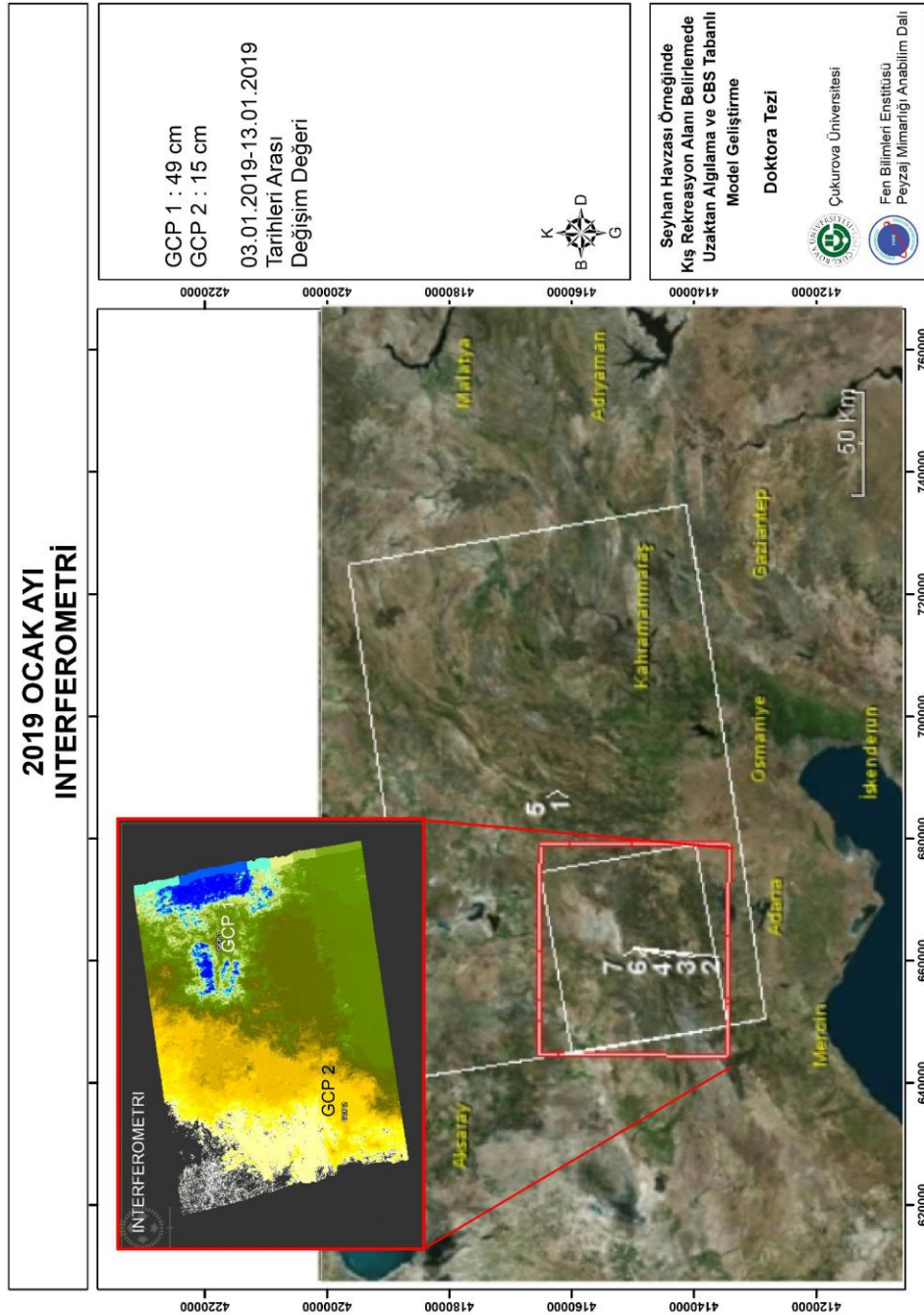


Şekil. 4.45. 2019 Aralık Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

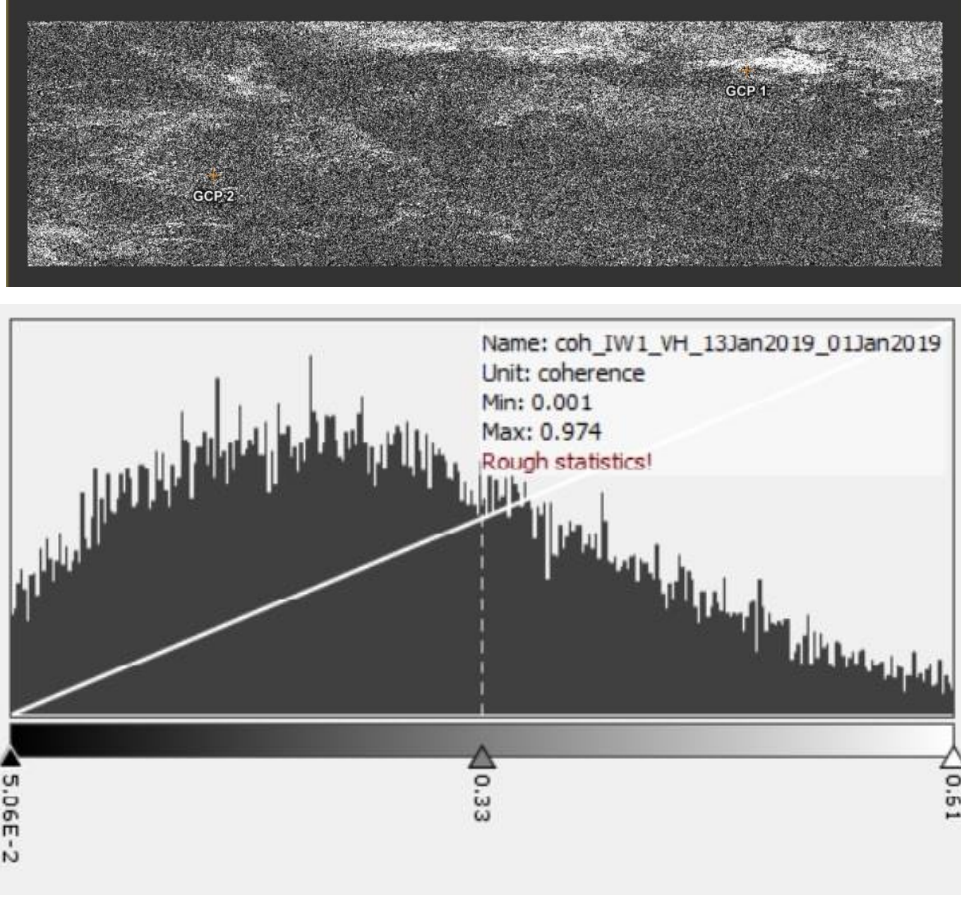


Şekil. 4.46. 2019 Aralık Ayı Tutarlılık Değerleri

2019 yılı 03-15 Ocak tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 49 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 15 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.47). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,974'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.48).

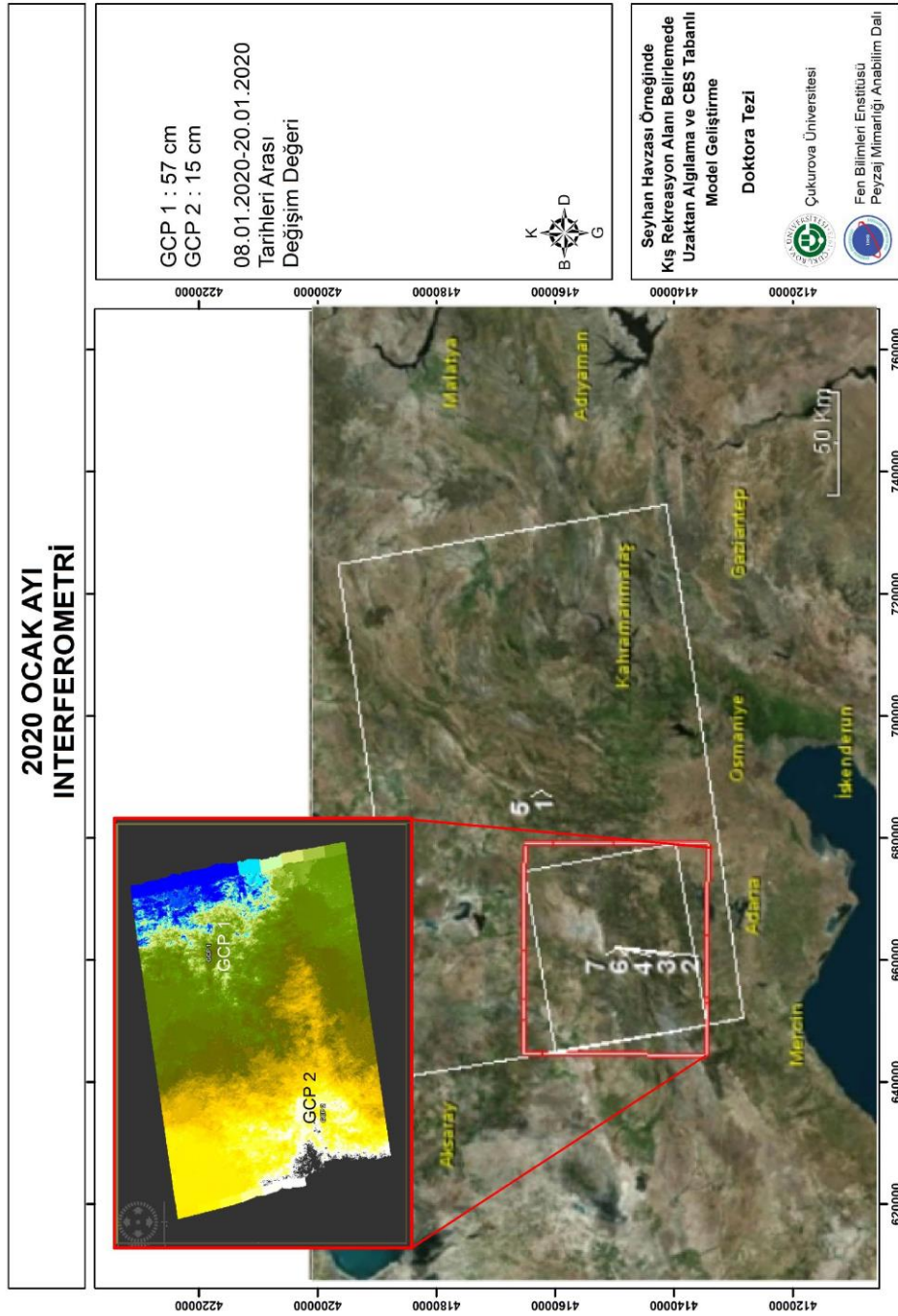


Şekil. 4.47. 2019 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi

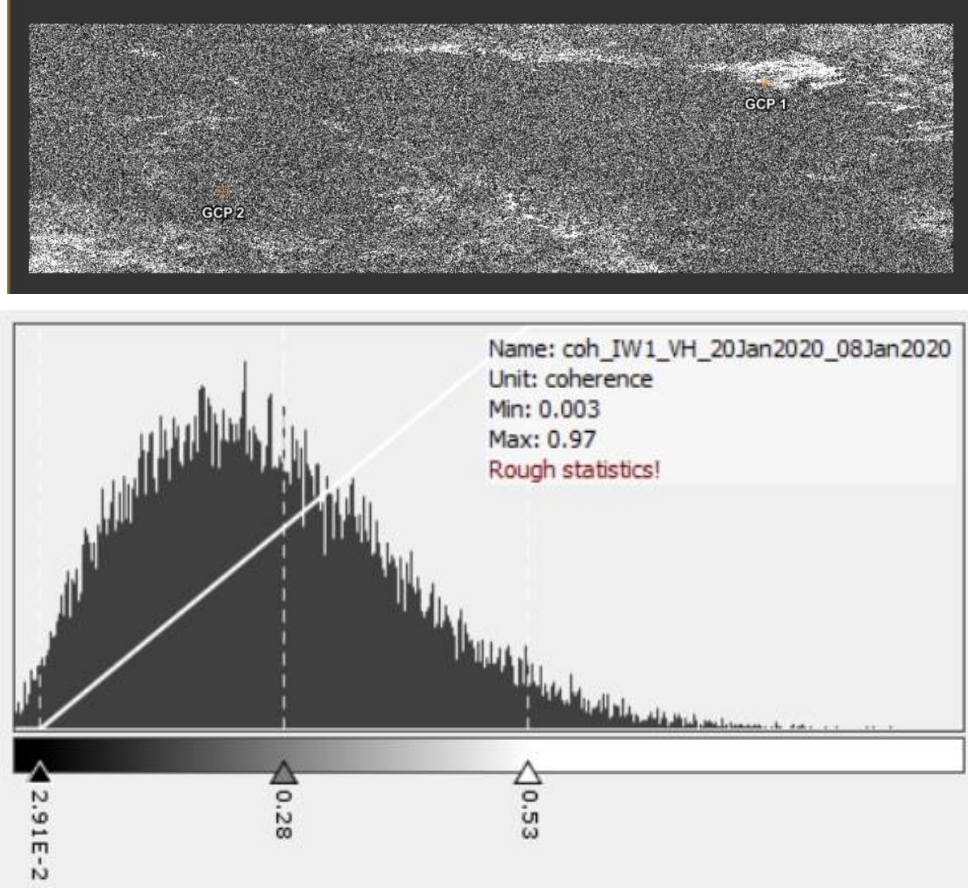


Şekil. 4.48. 2019 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri

2020 yılı 08-20 Ocak tarihleri kullanılarak 12 günlük değişimi incelemek adına gerçekleştirilen interferometri işlemi sonucunda uygun alanların birincisinde (GCP 1) kar kalınlığı değişimi 57 cm, ikinci alanda (GCP 2) ise değişim 15 cm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.49). Analizi yapılan uygun alanların tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değer 0,97'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.50).



Şekil. 4.49. 2020 Ocak Ayı Uygun Alanların Interferometri İşlemi



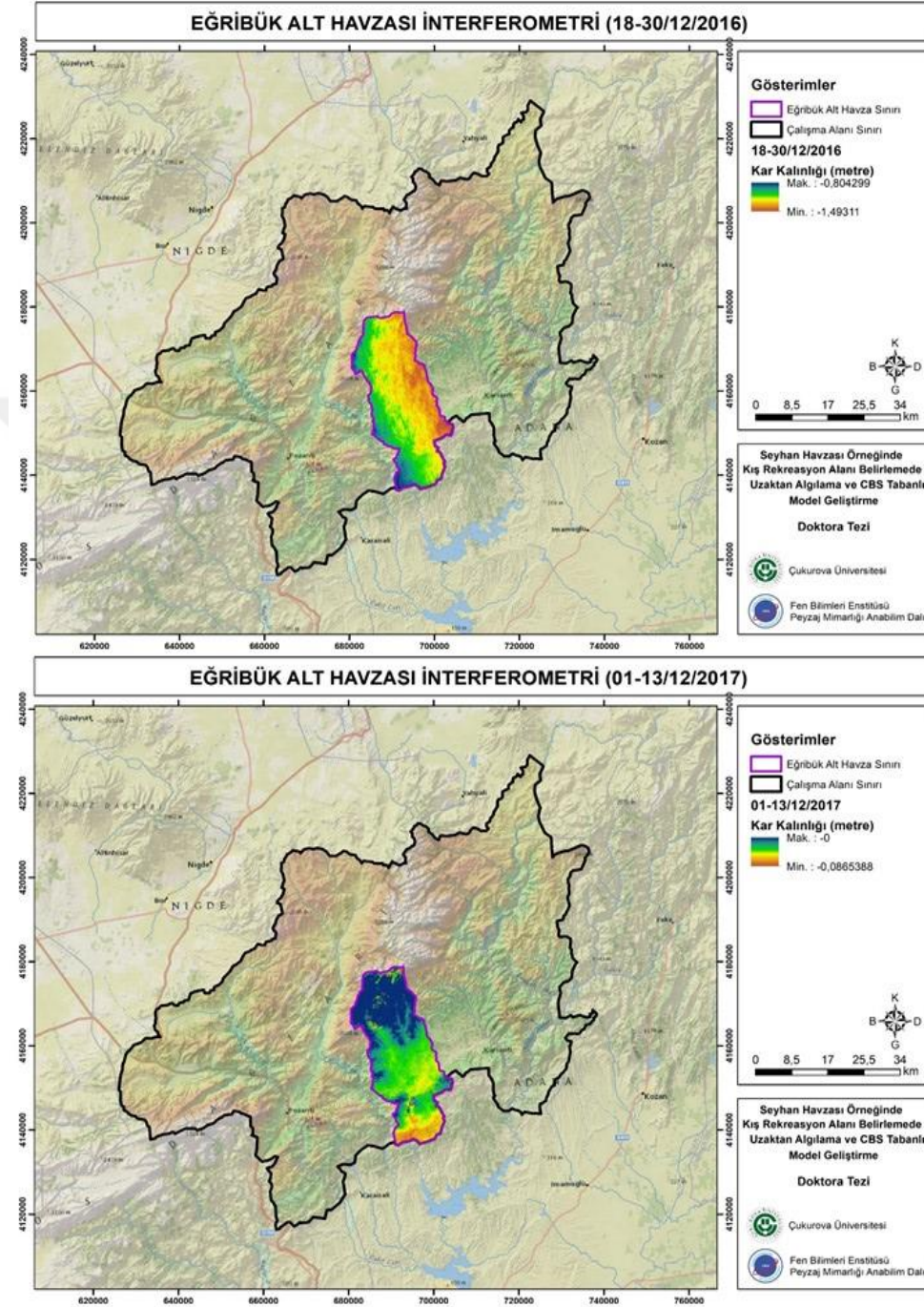
Şekil. 4.50. 2020 Ocak Ayı Tutarlılık Değerleri

4.7.1 Eğribük Alt Havzası İnterferometri Aşaması

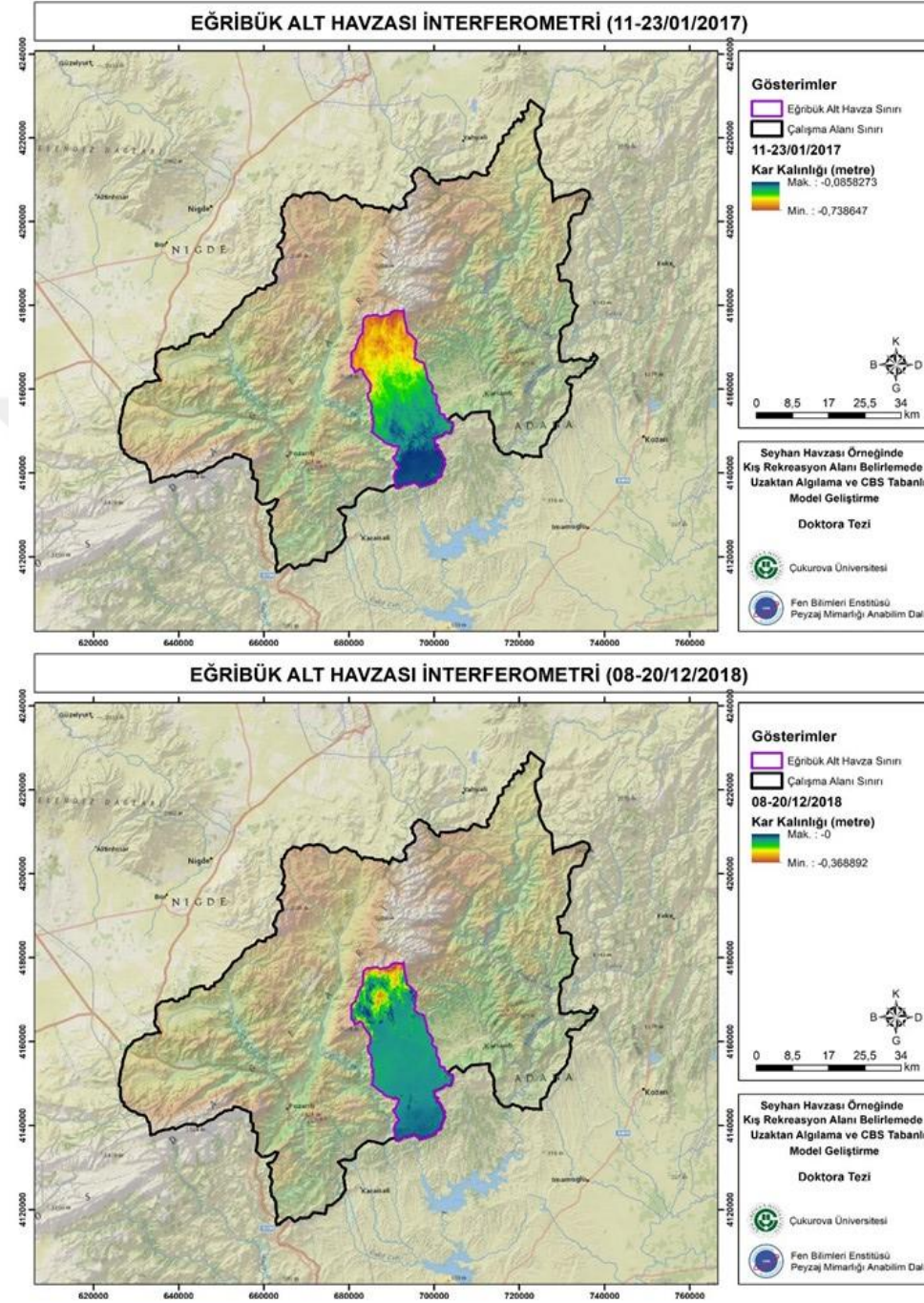
İnterferometri aşamasında kullanılan, önem düzeyine göre daraltılarak GCP 1 ve GCP 2 olarak isimlendirilen ve ÇKA yöntemi ile belirlenen iki uygun alanı kapsayacak şekilde gerçekleştirilen analizlerde yüksek tutarlılık değerleri ile daha doğru sonuçların elde edildiği gözlenmiştir. Uygun alanlar içerisinde ki GCP 1 bölgesi içerisinde yer alan Eğribük Alt Havzası, J2000 Hidrolojik Modeli uygulama alanı olarak seçilmiş ve tüm alt havzada hidrolojik modelleme ve interferometri işlemleri gerçekleştirilmiştir. 2016-2020 yılları arasında interferometri işlemleri GCP 1 bölgesinde alt havza özelinde yeniden analiz

edilmiştir (Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.54). 12'şer gün aralıkla elde edilen Sentinel-1A SAR görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilen interferometri işlemlerinin tutarlılık (coherence) değerlerinin 1'e yakın olduğu ve maksimum değerin 0,92 olarak tespit edildiği gözlenmiştir. Bu sonuç, verilerin J2000 Hidrolojik Modellemesi ile karşılaştırılarak karşılaştırma ve test işlemlerinin yapılacağı aşama için önemli bir girdi verisi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

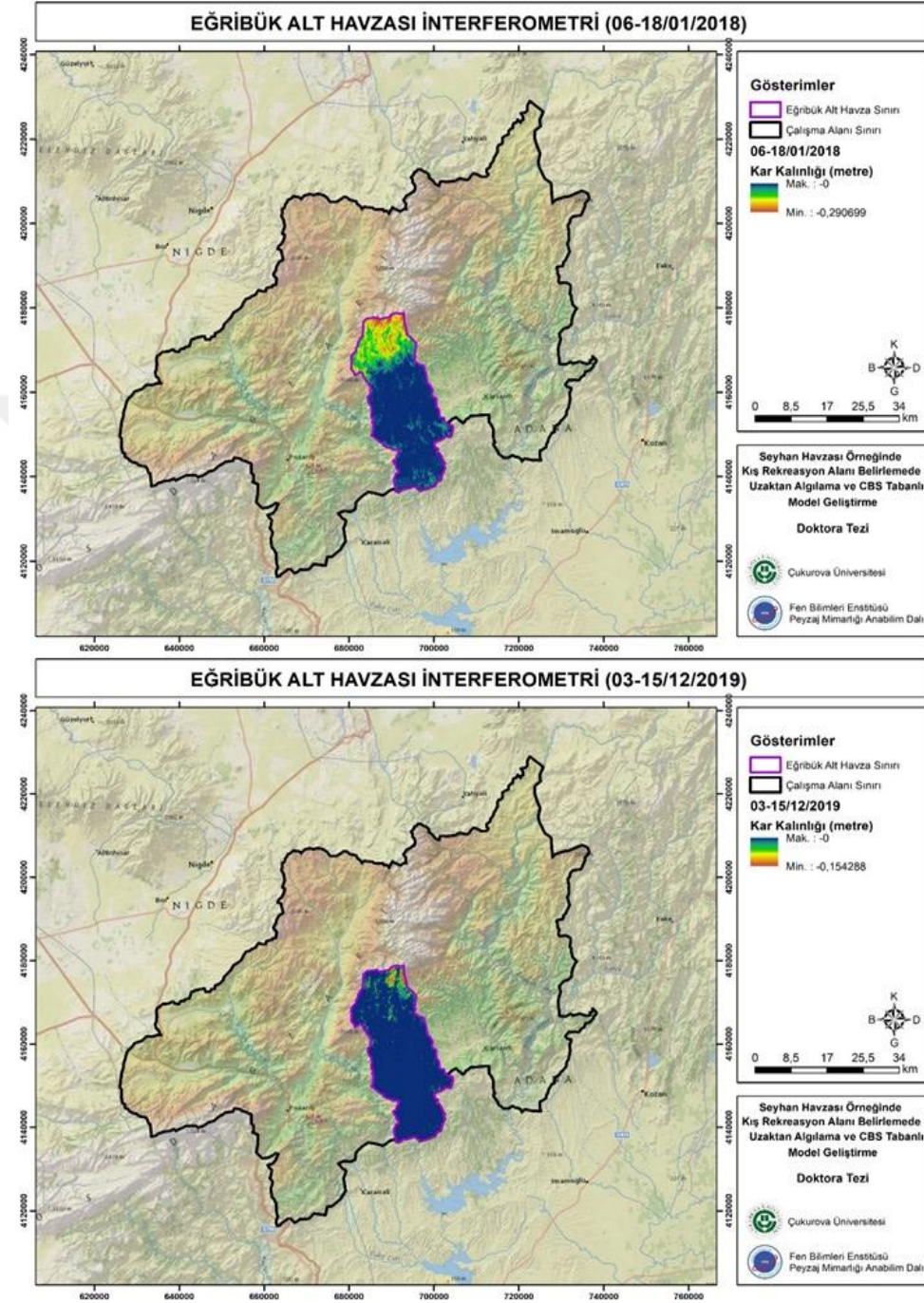




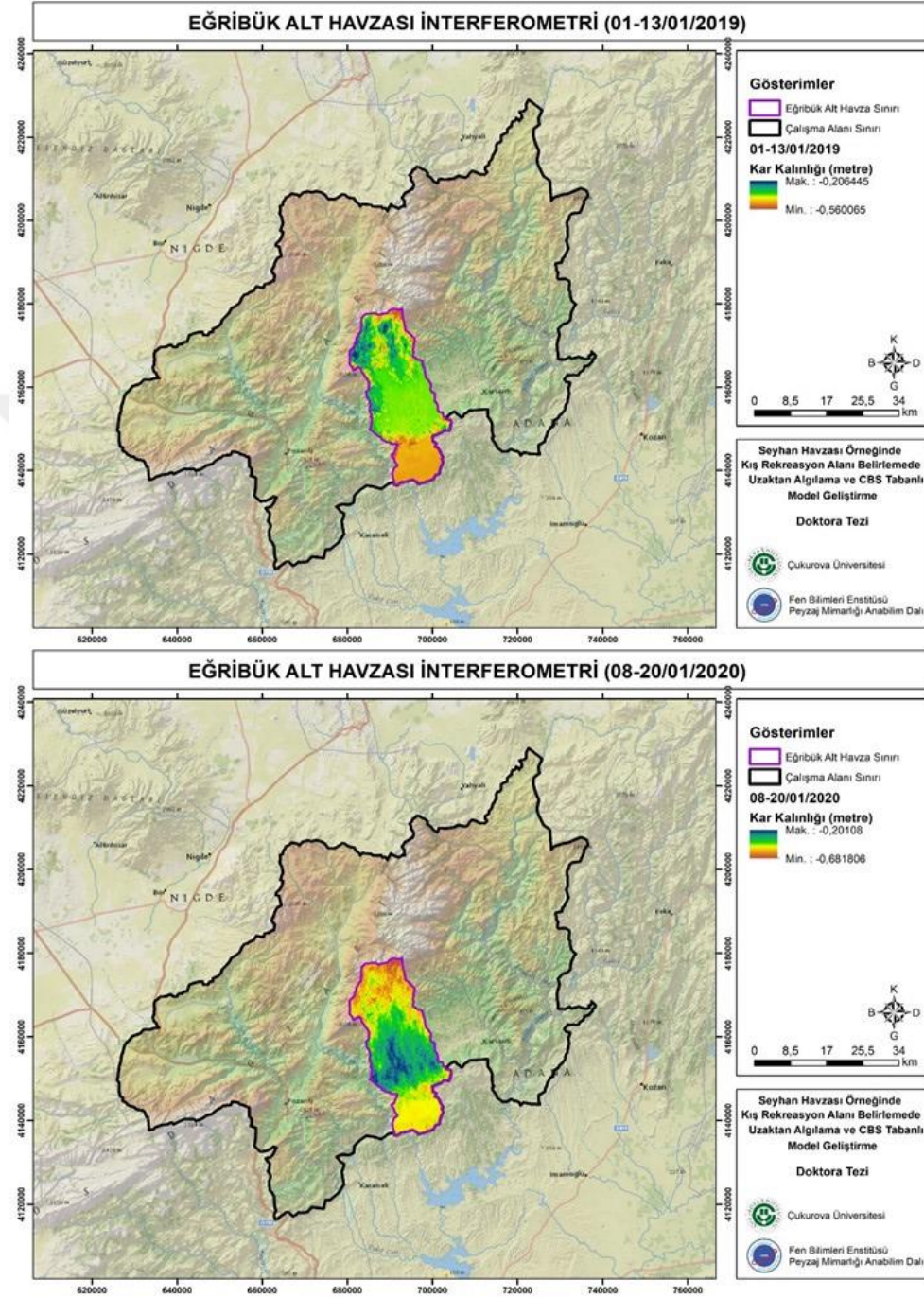
Şekil. 4.51. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları (2016-2017)



Şekil. 4.52. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları (2017-2018)



Şekil. 4.53. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları (2018-2019)

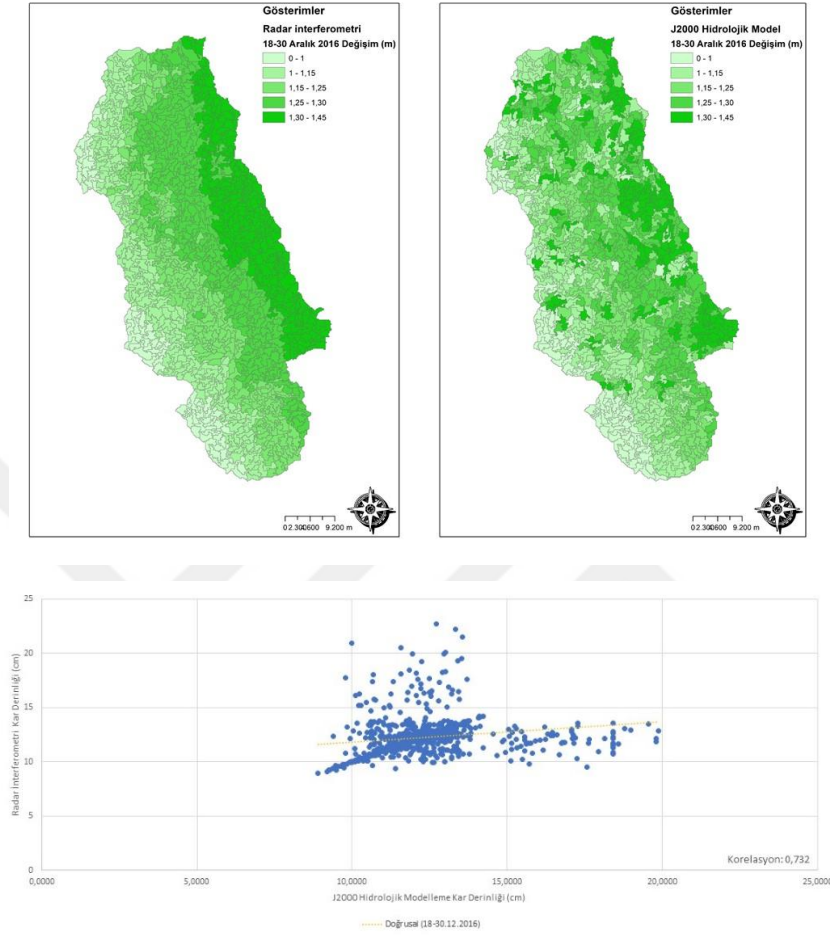


Şekil. 4.54. Eğribük Alt Havzası İnterferometri Sonuçları (2019-2020)

4.8. J2000 Hidrolojik Modelleme ve İnterferometri Karşılaştırması

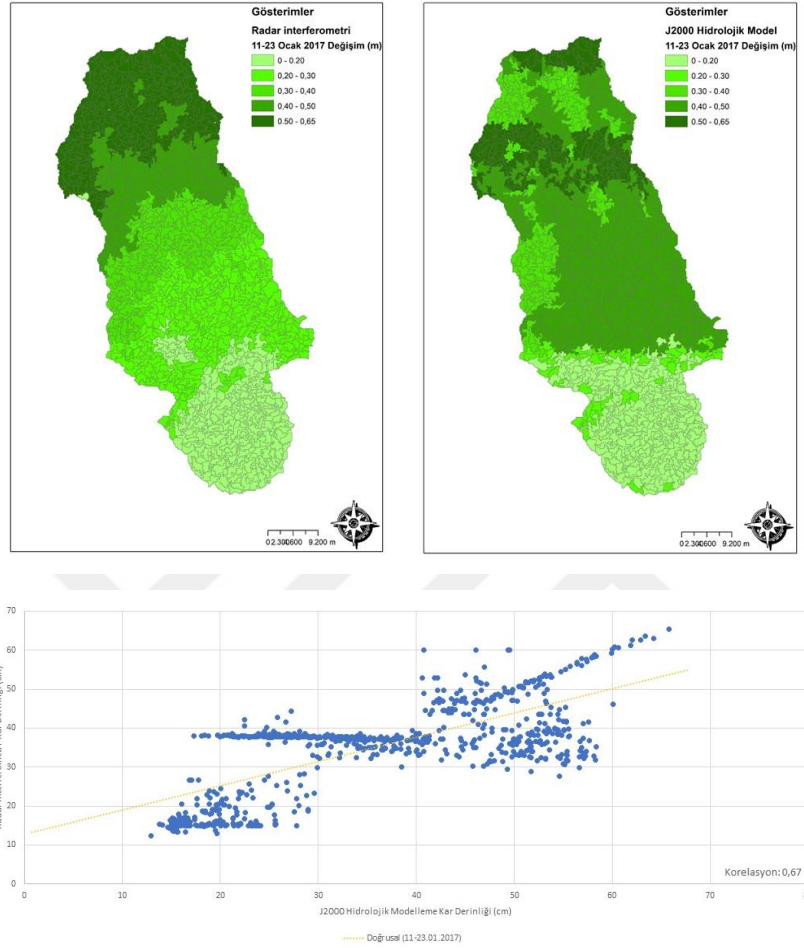
Çalışmanın son aşamasında Eğribük alt havzası özelinde J2000 Hidrolojik Modellemesi ile elde edilen kar derinliği haritaları, yine aynı alanda gerçekleştirilen Radar İnterferometri analizleri ile elde edilen kar derinliği haritaları ile karşılaştırılmıştır. Model verileri ile interferometrinin uygun korelasyon sonuçları gösterdiği tespit edilmiştir. 2016-2020 yılları arasında gerçekleştirilen korelasyonların 0,60 ile 0,76 arasında ve kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç modelin kar derinliğinin radar ile test edilerek güvenilir düzeyde haritalanabilme yeteneğini ortaya koymuştur.

2016 yılı aralık ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.55’de verilmiştir. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,73 olduğu tespit edilmiştir.



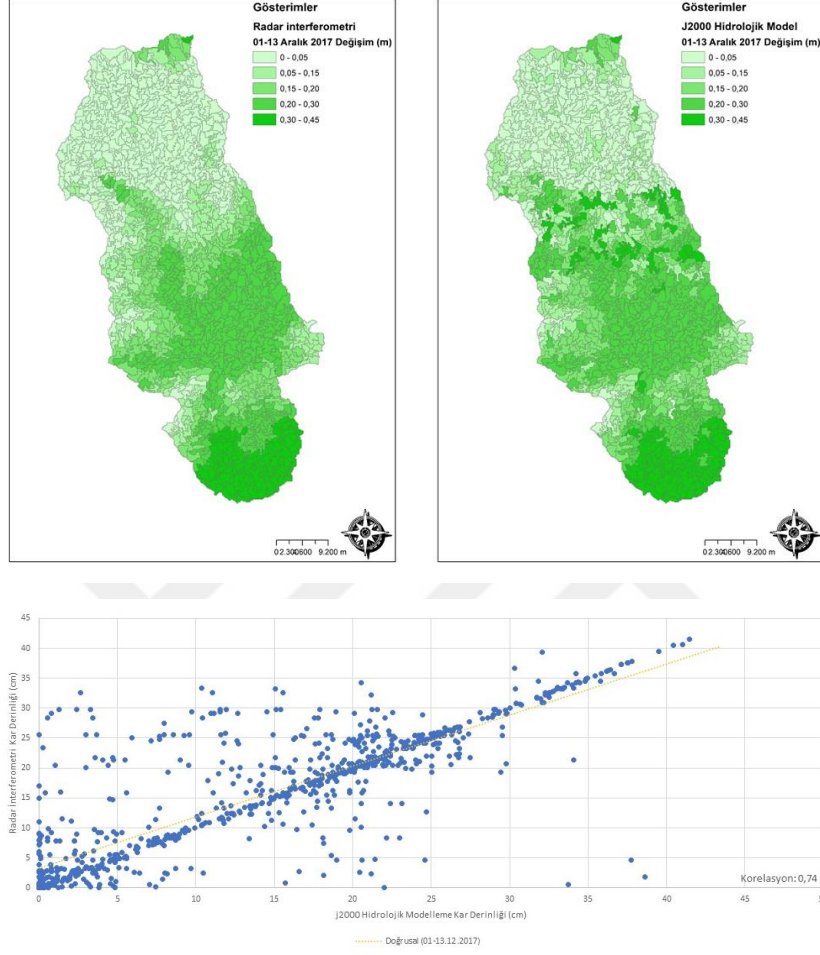
Şekil. 4.55. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (18-30/12/2016)

2017 yılı ocak ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.56’da ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,67 olduğu tespit edilmiştir.



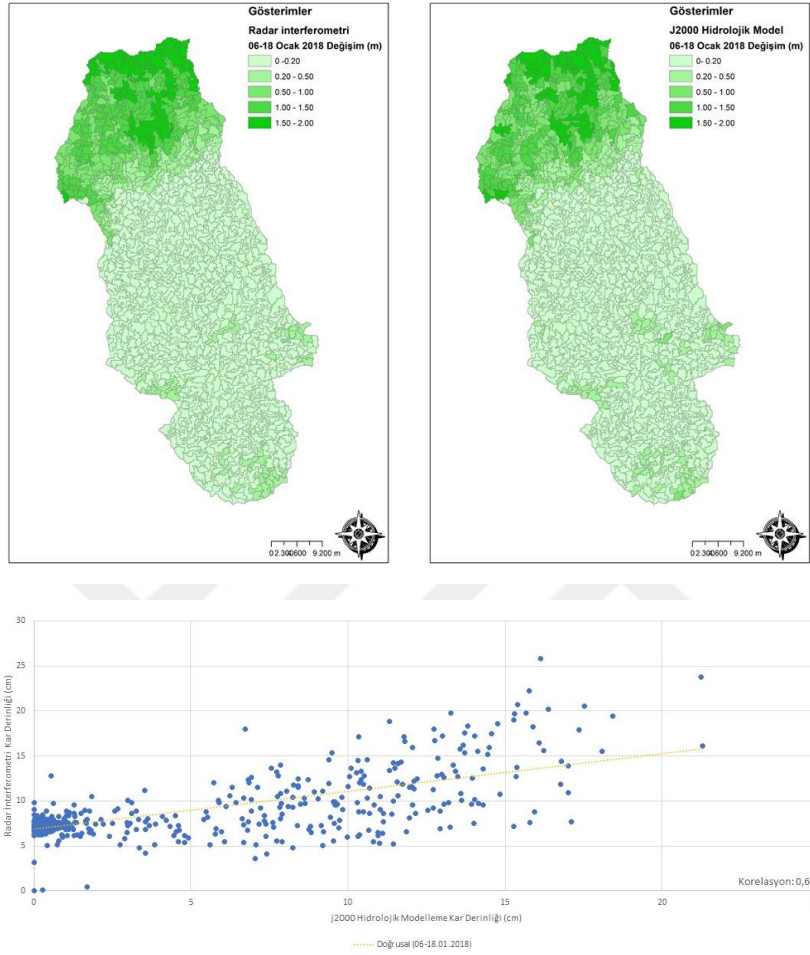
Şekil. 4.56. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (11-23/01/2017)

2017 yılı aralık ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.57’de ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,74 olduğu tespit edilmiştir.



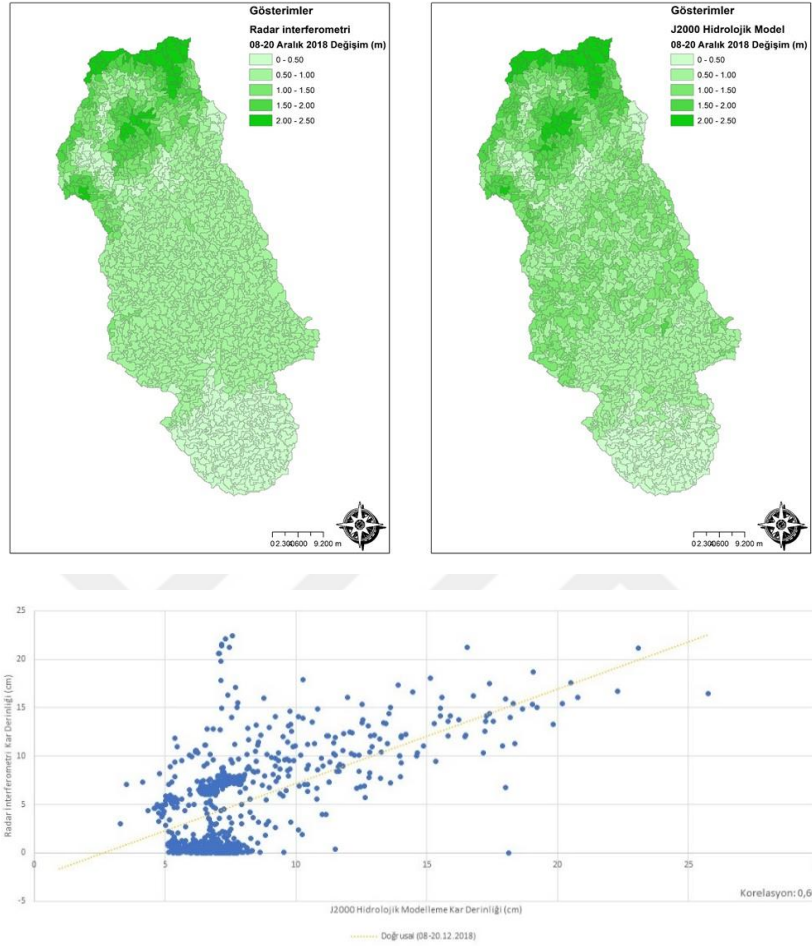
Şekil. 4.57. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (01-13/12/2017)

2018 yılı ocak ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.58’de ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,66 olduğu tespit edilmiştir.



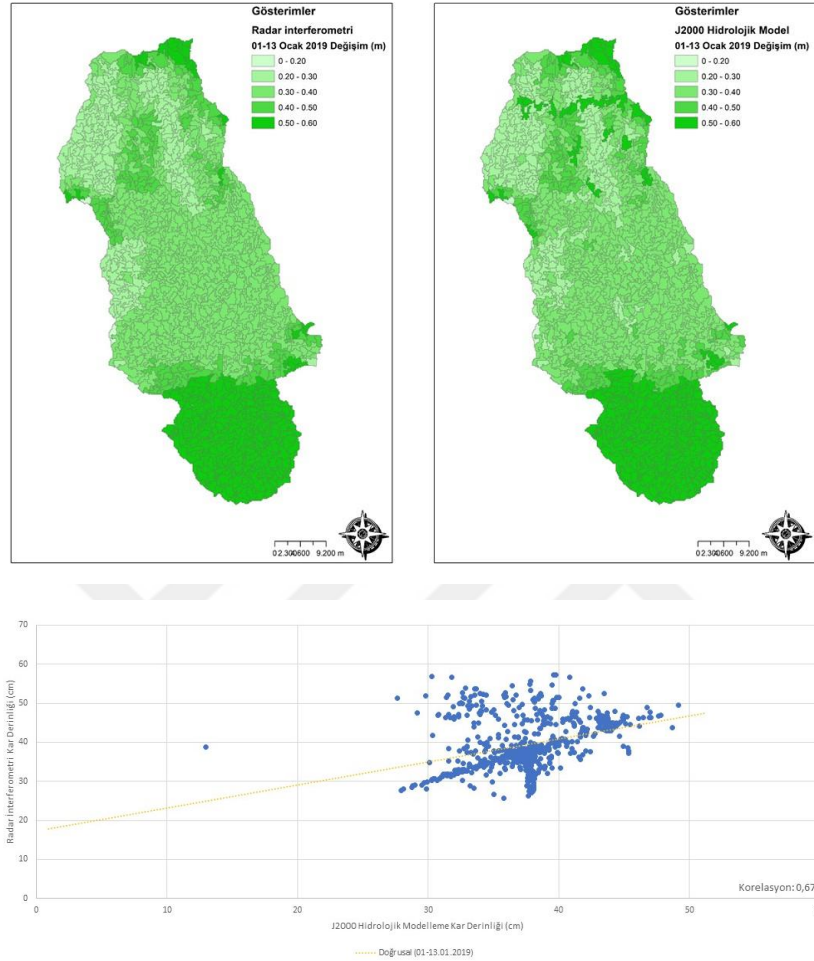
Şekil. 4.58. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (06-18/01/2018)

2018 yılı aralık ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.59’da ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,60 olduğu tespit edilmiştir.



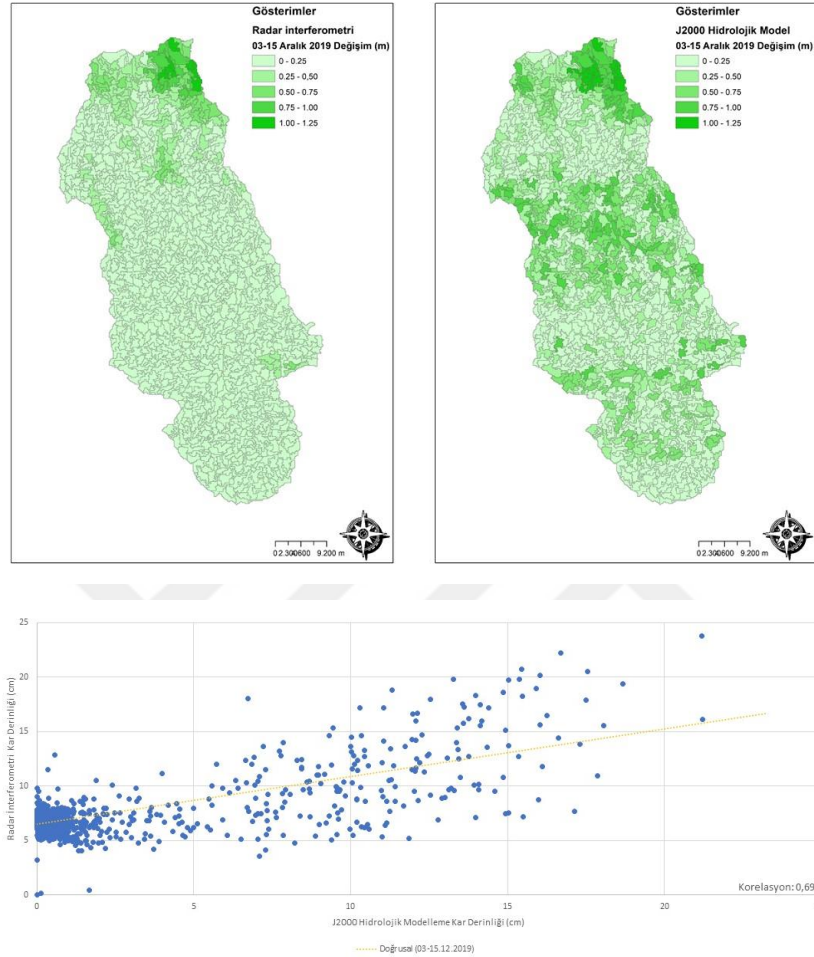
Şekil. 4.59. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (08-20/12/2018)

2019 yılı ocak ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.60’da ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,67 olduğu tespit edilmiştir.



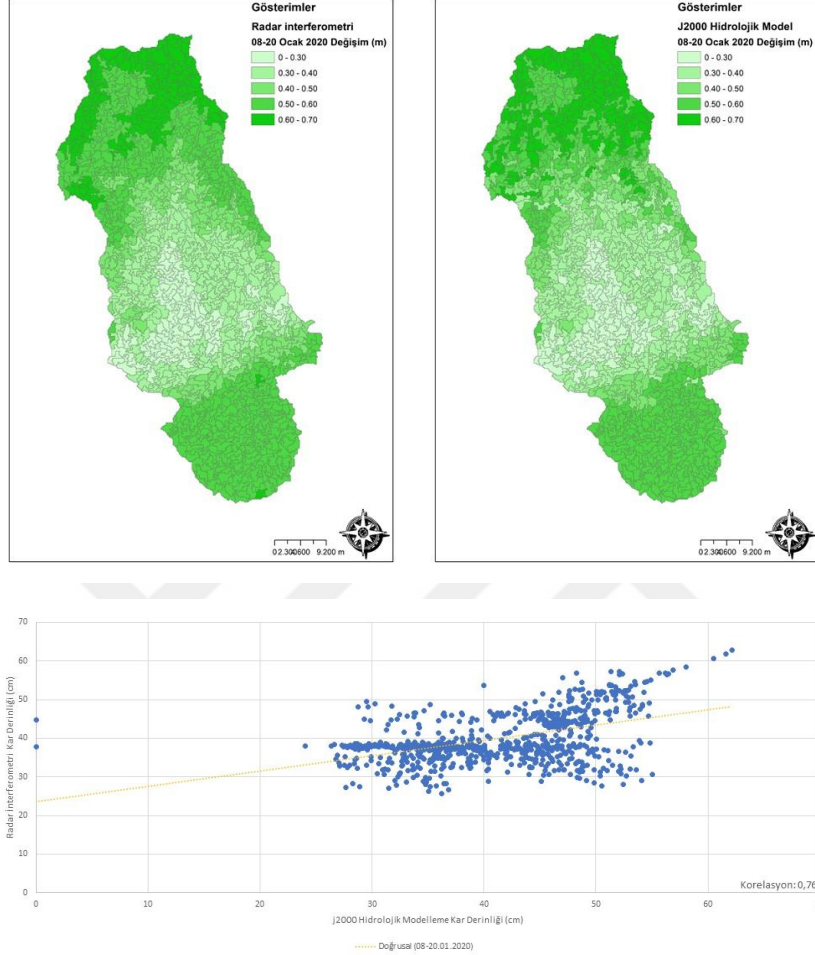
Şekil. 4.60. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (01-13/01/2019)

2019 yılı aralık ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.60’da ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,69 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil. 4.61. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (03-15/12/2019)

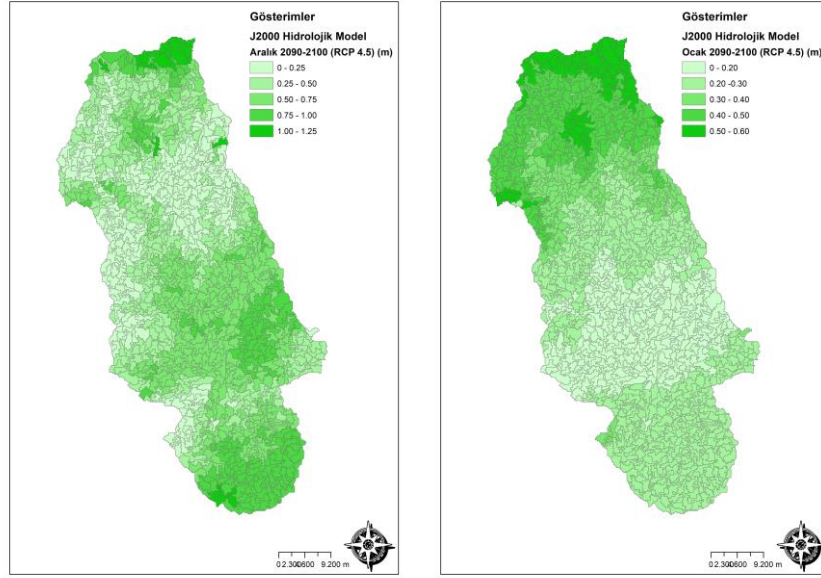
2020 yılı ocak ayı J2000 modeli kar derinliği ve Radar interferometri haritaları karşılaştırma görüntüleri Şekil 4.62’de ortaya konulmuştur. Karşılaştırma haritalarının korelasyon değerinin 0,76 olduğu tespit edilmiştir.



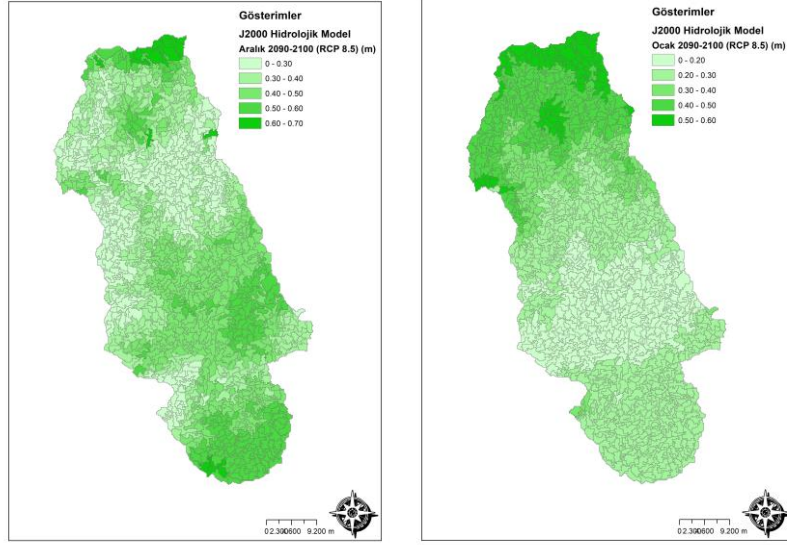
Şekil. 4.62. Radar İnterferometri – J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları ve Korelasyon Grafiği (08-20/01/2020)

Gerçekleştirilen J2000 modelleme sonucunda ortaya çıkan haritaların interferometri ile karşılaştırılması sonucu modelin uygulanabilirliği test edilmiştir. Bununla birlikte RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre belirlenen gelecekteki değerler kullanılarak J2000 Hidrolojik Modelleme çalışması ile 2090-2100 yılları arasında aralık ve ocak aylarına ait kar derinliği modellenmiş ve değişim tahminleri belirlenerek haritalanmıştır (Şekil 4.63, Şekil 4.64). Bu değişim hesaplamalarına göre RCP 4.5 senaryosunda aralık ayında kar derinliği %5.3, ocak ayında %6.2

azalmıştır. RCP 8.5 senaryosu uygulandığında ise aralık ayında kar derinliği %3.4, ocak ayında %4.3 azalmıştır. Her iki senaryoda da karın farklı oranlarda azalacağı belirlenmiştir. Ayrıca bu değişimin konumsal dağılımı haritalanmıştır.

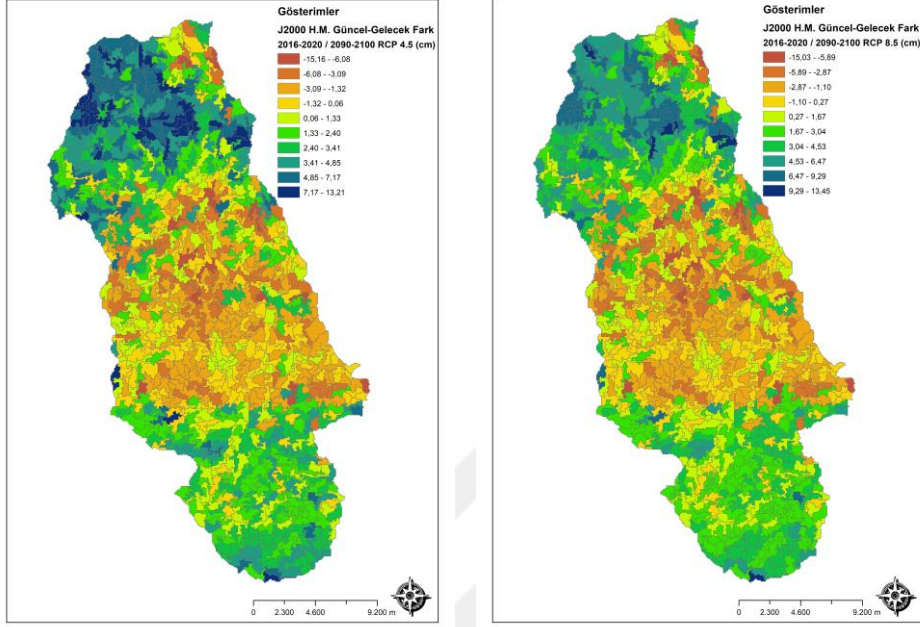


Şekil. 4.63. J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları Aralık-Ocak 2090-2100 (RCP 4.5 Senaryosu)



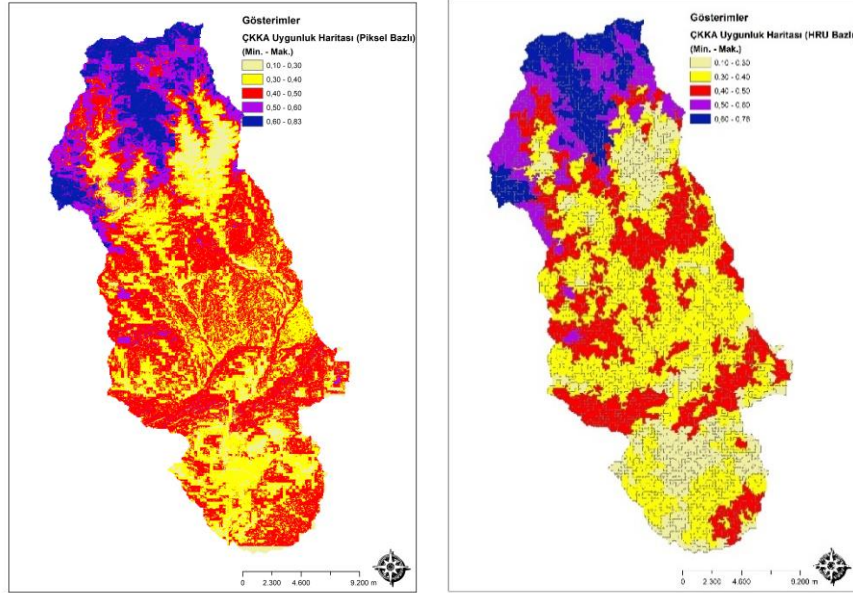
Şekil. 4.64. J2000 Hidrolojik Modelleme Kar Derinliği Haritaları Aralık-Ocak 2090-2100 (RCP 8.5 Senaryosu)

J2000 Hidrolojik Modelleme yöntemi ile güncel (2016-2020) kar derinliği ve geleceğe yönelik (2090-2100) senaryolar kullanılarak oluşturulan kar derinliği haritalarının farkları analiz edildiğinde ise toplam alanda kar derinliğinin RCP 4.5 senaryosuna göre %4.4 azaldığı, RCP 8.5 senaryosunda ise %5.3 azalacağı tespit edilmiştir. Özellikle alt havzanın güney kısımlarında değişime bağlı önemli bir azalma olacağı sonuç haritaları ile ortaya konmuştur (Şekil 4.65).

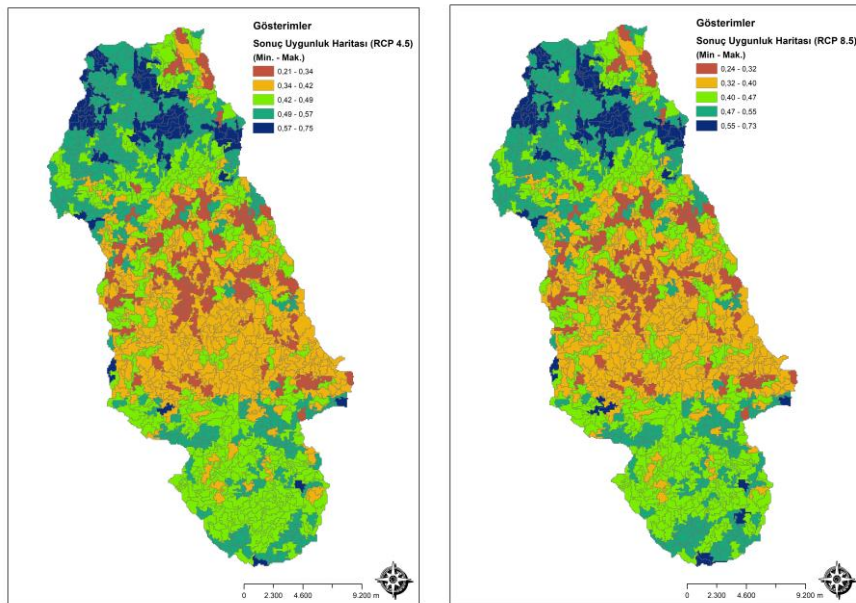


Şekil. 4.65. J2000 Hidrolojik Modelleme Güncel ve Gelecek Fark Haritaları 2016-2020 / 2090-2100 (RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryoları)

Daha önce ÇKKA yöntemi ile piksel bazlı belirlenen kayak tesisi uygunluk alanı haritası, gelecek senaryoları modellemeleri ile karşılaştırılabilmek için HRU bazlı olacak şekilde düzenlenerek Şekil. 4.66’da haritalanmıştır. HRU bazlı haritalanan bu güncel ÇKKA uygunluk haritasının, Eğribük alt havzası özelinde hidrolojik modelleme yöntemi kullanılarak tespit edilen güncel ve geleceğe yönelik fark haritaları ile karşılaştırılmasıyla elde edilen sonuç uygunluk haritaları Şekil. 4.67’de ortaya konmuştur.



Şekil. 4.66. Güncel ÇKKA Uygunluk Haritası (Piksel ve HRU Bazlı)



Şekil. 4.67. ÇKKA ve Güncel-Geleceğe Yönelik Fark Haritaları Çakıştırılması ile Oluşan Sonuç Uygunluk Haritaları (RCP 4.5 ve RCP 8.5 Senaryoları)

Geleceğe yönelik belirlenen yeni uygunluk haritası incelendiğinde alanın özellikle güney kısımlarında kar derinliğinin oldukça azaldığı gözlenmiştir. Daha önce 0,10 - 0,83 aralığında olan uygunluk değerlerinin, iklim değişikliği senaryolarına göre 0,21 - 0,75 (RCP 4.5) ve 0,24 - 0,73 (RCP 8.5) değerleri aralığına gerilediği tespit edilmiştir. İklim verilerinin girdi verisi olarak kullanıldığı J2000 Hidrolojik Modelleme yönteminde kullanılan iki farklı iklim değişikliği senaryosu ile belirlenen ortak sonucun 2090-2100 yılları arasında sıcaklık artışına paralel olarak kar miktarlarında ciddi azalmanın olacağı ve tespit edilen bu bölgelerde yapılması planlanan ileriye yönelik yatırımların bu öngörüler ile düşünülmesi gerektiği belirlenmiştir. Alt havza özelinde ortaya konulan bu değişim haritalarının tüm havza genelinde de uygulanabileceği vurgulanmıştır.

Dağlık ekosistemler için önemli bir bileşen olan kar, özellikle küresel ısınmaya karşı oldukça hassastır. Dolayısıyla, kış sporları için rekreasyon alanı seçiminde etkili olan kar miktarlarının belirlenmesi kadar, bu alanlarla ilgili sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için, verilerin küresel iklim değişikliği senaryolarıyla harmanlanarak özellikle ekosistem dengeleri üzerindeki etkilerini tahmin etmek adına ekolojik risk unsurlarının belirlenmesi de önem taşımaktadır.

Seyhan Havzası'nın küresel iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecek alanların başında geldiği literatürlerde de bildirilmektedir (Gönençgil ve İçel, 2010; Bayer-Altın ve Barak, 2012; Anonim, 2016). Kış sporları için uygun rekreasyonel alan potansiyeline sahip olan havzanın yağış ve sıcaklık değişimleri üzerine yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere, bölgenin küresel iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenecek olması kaçınılmazdır.

Havzadaki yağış senaryolarında, özellikle 2050'ler sonrasında negatif anomalilerin baskın olacağı ve havzanın güney kesimlerinin azalan yağışa maruz kalacağı bildirilmektedir (Anonim, 2016). Yapılan araştırmalarda, özellikle ocak, nisan, ekim, kasım ve aralık aylarında azalacak olan yağış oranının havzadaki su kaynakları, kar depolaması ve yeraltı suyu potansiyelinde %30'a varan düşüşler şeklinde etki edeceği beklenmektedir (Kimura, 2005; Kimura vd., 2006; Kanber

vd. 2007; Tezcan vd., 2007; Ekmekçi, 2008). Seyhan havzasındaki yağış verilerinin eğilim analizinin yapıldığı çalışmalarda ise bazı bölgelerde önemli derecede azalışın tespit edildiği bildirilir (Sarış, 2006; Türkeş vd., 2007; Demir vd., 2007; Özfıdaner vd., 2008; Bayer-Altın ve Barak, 2012; Yüce vd., 2018).

Seyhan Havzası yağış modeli üzerine yapılan önceki çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, Seyhan Havzası'nın da küresel iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkileneceği ve bu durumun da kış sporlarına yönelik rekreasyonel alanlarını sınırlaması mümkün görünmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmada kış mevsimi rekreasyonu için önerilen alanların belirlenmesinde söz konusu senaryoların da dikkate alınması gerektiği görülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanların tercih ettiği rekreasyonel aktivitelerden biri de şüphesiz kış sporlarına ait faaliyetlerdir. Kar dinamikleri ise, bu alana bağlı faaliyetlerin gerçekleşmesindeki en büyük etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzden herhangi bir bölgenin, kış sporuna uygun potansiyel rekreasyonel alanlarının belirlenebilmesinde, başta bölgedeki potansiyel kar miktarı olmak üzere, diğer faktörlerinde birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Seyhan üst havzasında kış için uygun rekreasyonel alanların belirlenmesi için, bu tip aktivitelerde en önemli bileşen olan doğal kar örtüsünün zamansal ve yersel dağılım tahminlerinde Uzaktan Algılama ve CBS yöntemlerinin uygulanması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu yöntemlerle birlikte kullanılan optik ve radar veri setlerinden de yararlanılarak çalışma bölgesindeki potansiyel alanların uygunlukları saptanmış ve Uzaktan Algılama / CBS tabanlı bir model geliştirilmiştir.

Bu amaçla çalışma içerisinde, ÇKKA yöntemi kapsamında kış rekreasyon alanlarının kar süresi, eğim, eğim uzunluğu, yola uzaklık, yükseklik, güneşlenme şiddeti, nüfus yoğunluğu ve manzara değeri uygunluk kriterleri dikkate alınarak, her bir faktörün uygunluk değerlendirilmesi ile çalışma kapsamında kullanılan tüm faktörlerin ağırlık katsayıları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu değerler kullanılarak Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile kayak tesisi için uygun, kar faktörünün önemli bir etken olarak alanda var olduğu uygun kış rekreasyon alanları haritaları üretilmiştir. Bu kapsamda 0-1 arası uygunluk değeri göz önünde bulundurularak yapılan çalışma kapsamında sonuç haritasında en uygun alanlar 0,87 olarak tespit edilmiştir. Üretilen haritalar daha sonrasında eğim değerleri ve pist uzunluklarına göre başlangıç, orta ve profesyonel düzey kayak tesisi kurulabilecek uygun alanlar olacak şekilde haritalandırılmıştır.

Çalışma kapsamında, Seyhan (Üst) Havzası sınırları içerisinde yer alan çalışma alanında, alt havza özelinde güncel durum (2016-2020) ve gelecek (2090-

2100) yıllara ait hidrolojik modelleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme aşamasında süreç tabanlı J2000 Hidrolojik Modelleme yöntemi kullanılmıştır. Bu modelleme aşaması, ÇKKA yöntemi ile kış rekreasyonu için uygun alanların belirlenmesi aşamasından sonra model ile kar derinliği tespiti için uygulanmıştır. Hidrolojik model, uygun olarak belirlenen iki bölgeden (GCP 1 ve GCP 2) birincisinin içerisinde (GCP 1) yer alan Eğribük alt havzasında kullanılmıştır.

J2000 Hidrolojik Modelleme sonuçları incelendiğinde, $0.77 R^2$ çıkan doğruluk oranı modelin alanı temsil edebilme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Model alt havza özelinde uygulanmıştır. Modelin alt havza özelinde koşturulmasının modelleme sürecinde doğruluğun kabul edilebilir düzeyde olmasının en önemli sebeplerinden birisi olduğu belirlenmiştir. Alt havzaların oluşturulmasında akım gözlem istasyonları ve bu istasyonların su topladığı doğal su sınırları referans alınmıştır. Modelleme için seçilen Eğribük alt havzası 79.585 ha büyüklüğünde geniş bir alan olan GCP 1 uygun alanı içerisinde yer almaktadır. Seçilen alt havza HRU'lara ayrılmış ve modelleme süreci bu alt havzanın hidrolojik üniteleri bazında gerçekleştirilmiştir. J2000 modelinin en önemli özelliği HRU yaklaşımını kullanmasıdır. Genel olarak Seyhan Havzası su potansiyeli ve tür çeşitliliği ile karmaşık bir yapıya sahip olsa da çalışmada modelleme uygulaması alt havza için hidrolojik birimler düzeyinde gerçekleştirilmiş ve en yüksek doğruluk sağlanmaya çalışılmıştır. Ekosistem bileşenlerinin alt havzalar bazında tahmini, Seyhan Havzası'nın genelinde su potansiyelinin lokal olarak belirlenmesi ve yorumlanmasına olanak sağlamıştır. Alt havza özelinde elde edilen sonuçlar uygun alan içerisinde yer alan bölgenin hidrolojik bileşenlerini ve kar derinliği verilerini ortaya koymuştur.

Gelecek modelleme uygulaması için IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) tarafından CMIP5 Projesi (Coupled Model Intercomparison Project) kapsamında belirlenen 2 farklı RCP (Representative Concentration Pathways) senaryosu (RCP 4.5, RCP 8.5) verileri kullanılmıştır.

Gelecek iklim verileri alt havza özelinde düzenlenerek, alanın yersel verileri ile entegre edilmiş ve model formatına dönüştürülmüştür.

Güncel durum ve geleceğe yönelik 2 farklı senaryonun Eğribük alt havzasında uygulanması için model bir kaç defa koşturulmuştur. Bu durum modelleme için önemli bir teknik alt yapı ve iş gücü gerektirmiştir. Güncel durum hidrolojik modelleme sonuçları incelendiğinde alt havza özelinde, J2000 ile modellenen ve AGİ'lerden gözlenen akım miktarları arasında önemli ölçüde örtüşme olduğu gözlemlenmiştir. Modellenen ve gözlenen akım miktarları arasındaki korelasyonun uygun değerler arasında olduğu ortaya konmuştur. Simülasyon başarısında modellenen ve gözlenen akım hidrograflarının genel eğilimi yakalaması hedeflenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde Eğribük alt havzası simülasyonlarının büyük bölümünün bu eğilimlerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın diğer aşamasında ise J2000 Hidrolojik Modelleme yönteminin uygulanabilirliğinin test edilmesine yönelik Radar İnterferometri yöntemi kullanılmıştır. Kış rekreasyonu için en önemli etken olan karın, en fazla süre alanda kaldığı aralık ve ocak aylarına yönelik kar derinliğinin 2016-2020 yılları arasında ki zamansal değişim haritaları ortaya konmuştur. Farklı işlemler sonucu elde edilen sonuç haritalarının tutarlılık değerlerinin 1'e yakın olduğu ve bu sonuçların uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Uygunluğu tespit edilen bu interferometri analiz yöntemi ile, J2000 Hidrolojik Modelleme yöntemi aşamasında seçilen aynı alt havza özelinde, aynı zaman aralığındaki kar derinliği ölçümlerine bakılarak model-interferometri arasında korelasyon değerleri ortaya konmuştur. 2016-2020 yılları arasında gerçekleştirilen karşılaştırma sonuçlarının korelasyon uyumunun 0,60-0,76 arasında olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu sonuçlar ile J2000 Hidrolojik modelinin Radar hassas ölçümleri ile uyumluluk gösterdiği ve modelin farklı alanlarda ve çalışmalarda da kullanılabileceği belirlenmiştir.

Gelecek (2090-2100) yıllara ait 2 farklı modelleme uygulaması sonucunda, RCP 4.5 senaryosunda kar derinliğinde aralık ayında %5.3, ocak ayında ise %6.2 azalma olduğu, RCP 8.5 senaryosu uygulandığında ise aralık ayında %3.4, ocak

ayında ise %4.3 azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda ise karın her iki senaryoda da azalacağı tespitinden yola çıkılarak, güncel-gelecek fark haritaları ile azalan yerlerin konumlarında ortaya konulmuştur. Belirlenen bu alanların ÇKKA yöntemi sonucu tespit edilen uygun alanlar ile karşılaştırılması sonucunda iklim değişikliği senaryolarından yararlanılarak geleceğe yönelik yatırımlarda uygulanabilecek kış sporları alanları ve kayak tesislerinin uzun vadeli kullanılabilirliği açısından bir öneri altlık model oluşturulmuştur.

Çalışma sonucunda, ÇKA yöntemleri de kullanılarak kayak pistleri tesisleşmeleri için başlangıç, orta ve profesyonel düzeyde kullanılabilecek kayak pistlerinin konumu için uygun alanlar haritalandırılarak sunulmuştur. Tespit edilen alanlara ait iklim verileri ve radar veri setleri yardımıyla kış dönemi içerisindeki kar kalınlıkları J2000 Hidrolojik Modelleme ve interferometri yöntemleri ile belirlenerek alandaki kar miktarının düzenli bir yoğunluk ve hacimde kalıcılığı test edilmiştir. Üretilen sonuç verileri ile kış rekreasyon faaliyetleri için en önemli bileşen olan kar faktörü her yönüyle değerlendirilmeye çalışılmıştır. Böylelikle, çalışma alanı olarak belirlenen Seyhan (Üst) Havzası bölgesinde, kış rekreasyon aktiviteleri için uygun alanların belirlenerek kış turizm altyapılarının oluşturulabilmesi adına önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmayla, kış rekreasyonu planlamasında ve yönetiminde alanın fiziki koşullarının yanı sıra, alandaki kar potansiyeli, ulaşım kolaylığı, bakım özelliği ve turist güvenliğinin sağlanması gibi pek çok faktör de dikkate alınarak yapılacak kayak tesisleri önerilerinin, ülkemizdeki diğer benzer alanlarda da kullanılması için yöntem oluşturulması hedeflenmiştir.

Elde edilen modelleme sonuçları değerlendirildiğinde;

- Model verileri ile interferometrinin uyumlu sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. Böylelikle, benzer çalışmaların farklı bölgelerde de kullanılabileceği ve kar derinliğinin radar ile test edilerek güvenli bir haritalandırma metodu olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

- Alt havza özelinde kullanılan süreç tabanlı J2000 Hidrolojik Modelleme yaklaşımının kar derinliği haritalarının Radar interferometri yöntemi ile elde edilen kar derinliği değişim haritaları ile kabul edilebilir bir korelasyon gösterdiği belirlenmiştir.
- Bu korelasyon sonuçlarının J2000 hidrolojik modelinin doğru sonuçlar üretebileceğini ve diğer alt havzalar ile birlikte farklı çalışmalarda da kullanılabileceğini ortaya koymuştur.
- Bölgede bulunan kar istasyonlarının düzenli ölçüm yapmamasından dolayı modelin validasyonunda zorlukların yaşandığı gözlenmiştir. Radar interferometri analizinin test edilen modelin validasyonuna katkı sunabileceği tespit edilmiştir.
- Uygulanabilirlik oranının yüksek olması ve yer gerçeği verilerinin daha sağlıklı bir şekilde alınabilmesi adına bölgede düzgün çalışan kar istasyonlarının yer alması ihtiyaç duyulmaktadır.
- Yapılan bu çalışma, karmaşık yapılar içerisindeki havzalarda kar bileşenlerinin süreç tabanlı haritalanması ve sonuç verilerinin doğruluklarının test edilebilmesi açısından önemli katkı sağlamıştır.
- Modelleme kapsamında, girdi verilerinin test edilmesi ile kar örtüsü ve beraberinde kar derinliği gibi bileşenlerinin hesaplanabilmesinin uygun olabildiği belirlenmiştir.
- Süreç tabanlı olarak gerçekleştirilen J2000 Hidrolojik Modelleme yönteminin kar derinliği ve kar örtüsü gibi kar bileşenlerinin güncel ve gelecekteki durumlarını yüksek doğrulukta hesaplayabilmesi, yapılan bu çalışmanın iklim değişikliği çalışmalarına yönelik kar modellemelerine altlık oluşturabilmesi konusunda bir kaynak olabileceği gösterilmiştir.
- Çalışmada ayrıca, diğer rekreasyon alanlarının planlama süreçlerinde olduğu gibi, özellikle kış rekreasyon alanlarının tasarım ve planlama süreçlerinde de teknolojik alt yapılardan yararlanmanın önemli olduğu

sonucuna bir kez daha varılırken, ekolojik faktörlerin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Buna göre, Seyhan Havzası'ndaki dağlık alanlarda önerilecek kış rekreasyon alanlarının uzun vadede sürdürülebilir kullanımlarının sağlanabilmesi için, küresel iklim değişikliğine bağlı olarak bölgenin özellikle güney bölgelerinde şiddeti daha fazla olacak sıcaklık yükselmelerinin de dikkate alınması gerektiği ortaya konulmuştur.

- Çalışmada, kış rekreasyonu için önerilen alanların Seyhan (Üst) Havzası'nda yer alıyor olması, söz konusu tespit edilen uygun alanların uzun vadede kullanılabilirliği açısından önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan modellemelerden elde edilen verilerin sonuçları dikkate alındığında, ekosistemlerdeki gelecek senaryolarının hazırlanması için de kullanım imkânına sahip oldukları düşünülmektedir.

Sonuç olarak, doğal faktörlerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi ile uygun alan seçimi rekreasyon kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, kış rekreasyonu için uygun alan belirlemede alanın kar potansiyelinin belirlenmesinin yanı sıra alanın coğrafi özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği ve tüm verilerin birlikte ilişkilendirilebileceği kapsamlı ekolojik değerlendirmelerin yapılması gerektiği önerilmektedir. Çalışmada önerilen yöntemlerin bu tür araştırmalar için de yararlı bir kaynak oluşturma potansiyelinin olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akabalı, O.A., 2002. Stereo Yapay Açıklıklı Radar Görüntülerinden Otomatik Sayısal Yükseklik Modeli Üretilmesi ve Doğruluğunun Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akın, A., Erdoğan, M.A., 2017. Determining The Suitable Areas For Winter Sports By Using Remote Sensing And Geographical Information Systems In Aladağ Region, Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty,18 (2): 201-210.
- Akten, M., Yılmaz, O., Gül., A., 2009. Alan Kullanım Planlamasında Rekreatif Alan Kullanım Ölçütlerinin Belirlenmesi: Isparta Ovası Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A (2): 119-133.
- Anonim, 2016. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, DSİ ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Arslan, A., N., Akyürek, Z., 2019. Special Issue on Remote Sensing of Snow and Its Applications, Geosciences, 9: 277.
- Atalay, İ., 2008. Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası, Cilt I-II, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, İzmir.
- Atık, M., Altan, T., Atmaca, M., Aktoklu, E., Kaplan, K., Artar, M. Güzelmansur, A., Çiçinoğlu, A., Büyükaşık, A.Y., 2007. İklim Değişikliği ve Bitki Örtüsüne Etkileri; ICCAP Projesi ve Seyhan Havzası, 1. Türkiye’de İklim Değişikliği Ulusal Konferansı, Bildiri Özetleri: 203-211, İstanbul.
- Avery, T.E., Berlin, G.L., 1992. Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation, New York: Macmillan.
- Aydın, B., 2016. Van ve Bitlis İllerinde Kış Turizm Potansiyelinin Belirlenmesi ve Planlamaya Yönelik Öneriler, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van.

- Aydöner, C., Maktav, C., 2006. Uydu ve Yersel Veri Entegrasyonu İle Deprem Sonrası Arazi Örtüsü/Kullanımı Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 5 (2): 35-48.
- Badhwar, G.D., 1985. Classification of Corn and Soybeans Using Multitemporal Thematic Mapper Data, Remote Sensing of Environment, 16:175-181.
- Battal, S., Güllüdere, B., Çelik, S., Demir, N., Koç-San, D., 2016. Multispektral Uydu ve Yapay Açıklıklı Radar Verileri Kullanılarak Eber Gölünün Alan ve Değişiminin Tespiti, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Bayer A., T., Barak, B., 2012. Seyhan Havzasında 1970-2009 Yılları Arasında Yağış ve Hava Sıcaklığı Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler, Türk Coğrafya Dergisi 58: 21-34.
- Carver, S. J., 1991. Integrating Multi-Criteria Evaluation With Geographical Information Systems, International Journal of Geographical Information Systems, 5 (3): 321-339.
- Carrara, W.G., Goodman R.S., Majewski R.M., 1995. Spotlight Synthetic Aperture Radar Signal Processing Algorithms, Artech House, Inc., Boston, London.
- Chen, K., Blong, R., Jacobson, C., 2001. MCE-RISK: Integrating Multicriteria Evaluation And GIS For Risk Decision-Making In Natural Hazards. Environmental Modelling & Software, 16 (4), 387–397.
- Clark, R.N., Swayze, G.A., 1995. Mapping Minerals, Amorphous Materials, Environmental Materials, Vegetation, Water, Ice and Snow, and Other Materials: The USGS Tricorder Algorithm, Summaries of The Fifth Annual JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 95-1, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, 95: 39-40.
- ÇOB (Çevre ve Orman Bakanlığı), 2012. Çevre ve Orman Bakanlığı Seyhan Havzası Küresel İklim Değişikliği Etkileri İzleme Sitesi. <http://iklimcbs.cevreorman.gov.tr> (Erişim tarihi: 10.10.2020).

- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., 2007. Türkiye ve Bölgesi İçin PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 252-261, İstanbul.
- Deniz, M., Topuz, M., 2018. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Analitik Hiyerarşi Tekniği Kullanarak Uşak Merkez İlçede Alternatif Çöplük Alanlarının Belirlenmesi, Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi, 7 (5): 544-578.
- Daputo, G., Massa, F., Costa, S., Cimoli, L., Olivari, E., Chiantore, M., Federici, B., Povero, P., 2015. A Spatial Multi-Criteria Evaluation for Site Selection of Offshore Marine Fish Farm In The Ligurian Sea, Ocean & Coastal Management, 116, 64–77, Italy.
- Donmez, C., 2012. İklim Değişikliğinin Etkisi Altında Seyhan Üst-Havzası Ekosistem Bileşenlerinin Modellenmesi ve Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Donmez, C., Berberoğlu, S., Erdoğan, A., M., 2012. Doğu Akdeniz Bölgesi Kar Bileşenlerinin Uzaktan Algılama Verileri ve J2000 Yaklaşımıyla Modellenmesi, IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Donmez, C., Berberoğlu, S., Cilek, A., 2016. Understanding Spatial And Temporal Snow Dynamics of A Mediterranean Catchment Using Process-Oriented Modelling And Remote Sensing, Fresenius Environmental Bulletin, 25 (5): 1608-1621.
- Dozier, J., Painter, T., H., 2004. Multispectral and Hyperspectral Remote Sensing of Alpine Snow Properties, Annual Review of Earth and Planetary Science, 32: 465-494.
- Düner, M., 2016. Erzincan İli Rekreasyon Alanları, Erzincan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan.

- Düzgün, Ş., 2010. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş-Ünite 1, Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu (UADMK), Ankara, http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/689/mod_resource/content/2/Unit_e1_giris_guncel.pdf (Erişim tarihi: 10.10.2020).
- Ekmekçi, F., 2008. 2005 Photometric Observations and Multiple Frequencies of the D Scuti Variable CC, *New Astronomy*, 13, 118.
- Erden, T., Coşkun, M., 2011. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi.
- Erdoğan, Ö., Çabuk, A., Memlük, Y., Perçin, H., 2013. Ekolojik Alan Kullanım Kararlarına Uygun Rekreatasyon Alanlarının AHP Yöntemi Kullanılarak Kütahya Kenti Örneğinde İrdelenmesi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1): 26-36.
- Gemitzi, A., Tsirintzis V.A., Petalas C., 2010. Use of GIS and Multi-Criteria Evaluation Techniques in Environmental Problems. In: Tsirintzis G.A., Jain L.C. (eds) *Multimedia Services in Intelligent Environments. Smart Innovation, Systems and Technologies*, Vol.3, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gönençgil, B., İçel, G., 2010. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Yıllık Toplam Yağışlarda Görülen Değişimler (1975-2006), *Türk Coğrafya Dergisi* 55: 1-12.
- Gümüş, H., 2016. Rekreatasyonel Alanların Kullanım Etkenlerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Güngören, Y., 1994. Erciyes Dağı'nın Kayakçılık ve Dağcılık Bakımından Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Kayseri.

- Gürkan, D., 2005. Seyhan Havzasında İklim Değişimlerinin Yüzeysel Su Kaynaklarına Olan Etkilerinin Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Hall, D. K., Foster, J. L., Chang, A. T. C., Benson, C. S., and Chien, J. Y. L., 1998. Determination of Snow-Covered Area In Different Land Covers In Central Alaska From Aircraft Data, Nisan 1995, Ann. Glaciol. 26:149–155.
- Hall, D.K., 1998. Assesment of Snow-Cover Mapping Accuracy In A Variety of Vegetation-Cover Densities in Central Alaska, Remote Sensing of Environment, 66 (2): 129-137.
- Heady, H.F., Child, R.D., 1994. Introductory Geographic Information Systems, Boulder, CO: Westview Press.
- Irak, H., 2009. Sar Sistem ve Teknolojileri, Elektrik Mühendisliği Odası Yayınları, 437: 86-90, Ankara.
- Joughin, I., 2010. Greenland Flow Variability From Ice-Sheet-Wide Velocity Mapping, Journal of Glaciology, 56 (197): 415-430.
- Kanber, R., Kapur, B., Tekin, S., 2007. İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım, ICCAP Projesi, Adana: Çukurova.
- Kantarıcı, M.D., 2012. Çakıt Havzasındaki Sel Olayları, Etkileri Ve Dağlık Arazide Toprak Koruma/Ağaçlandırma Çalışmaları, 35 sayfa, (basımda) http://www.cem.gov.tr/erozyon/files/resimlihaber/2012_corum_egitimi/cakit_havzasindaki_sel_olaylari.pdf (Erişim tarihi: 1 Kasım 2019)
- Kaya, G., 2009. Determination of Outdoor Recreation Potential: Case of The City of Bartın And Its Environs, Turkey, Fresenius Environmental Bulletin, 18 (8): 1513-1524.
- Kaya, G., 2018. Kayseri'nin Kış Turizm Potansiyeli ve Tercih Edilmesindeki Sebepler: Erciyes Örneği, Seyahat İşletmeciliği ve Turist Rehberliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

- Kimura, R.H., 2005. Developmental Morphology of The Cyprinid Fish *Horadandia Atukorali*, *Ichthyol, Res*, 52(2):152-157.
- Kimura, R.H., Tran, A.T., Camarero, J.A., 2006. Biosynthesis of The Cyclotide Kalata B1 by Using Protein Splicing, *Angewandte Chemie International Edition*, 45: 973-976.
- Krause, P., Hanisch, S., 2009. Simulation And Analysis of The Impact of Projected Climate Change On The Spatially Distributed Waterbalance In Thuringia, Germany, *Advanced Geosciences*.
- Kutoğlu, Ş.H., Özölçer, H.İ., Kemaldere, H., 2014. Radar İnterferometri Tekniği İle Kıyı Yapılarındaki Deformasyonların İzlenmesi, 8. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 1:919-928.
- Latinopoulos, D., Kechagia, K., 2015. A GIS-Based Multi-Criteria Evaluation For Wind Farm Site Selection: A Regional Scale Application In Greece. *Renewable Energy*, 78, 550-560.
- Lievens, H., Demuzere, M., Marshall, H., Rolf, H., Ludovic, B., Isis, B., Rosnay, P., Marie D., Manuela, G., Walter, W., Tobias, J., Edward, J., Inka, K., Christoph, M., Tuomo, S., Johannes, S., Gabrielle, J.M., 2019. Snow Depth Variability In The Northern Hemisphere Mountains Observed From Space, *Nature Communications*, 10:4629.
- Malkoç, F., Arslan, M., Diren, M., Sargın, A.H., 2013. Çatalan Barajı Akımlarına İklim Değişiminin Olası Etkilerinin İncelenmesi, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Tikdek 2013, 3-5 Haziran 2013, İstanbul
- Özfidaner, M., Şapolyo, D., Topaloğlu, F., 2018. Seyhan Havzası Akım Verilerinin Hidrolojik Kuraklık Analizi, *Toprak Su Dergisi*, 7 (1): 57-64
- Parajka, J., Bloßschl, G., 2008. Spatio-Temporal Combination of MODIS Images – Potential For Snow Cover Mapping, *Water Resour. Res.*, 44, W03406, doi:10.1029/2007WR006204.
- Rignot, E., 2008. Recent Antarctic Ice Mass Loss From Radar Interferometry and Regional Climate Modelling, *Nature Geoscience*, 1 (2): 106-110.

- Rondeau-Genesse, G., Trudel, M., Leconte, R., 2016. Monitoring Snow Wetness In An Alpine Basin Using Combined C-band SAR and MODIS Data, Elsevier, Remote Sensing of Environment, 183 (2016) 304–317.
- Sanchez-Lazano, J., M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira., P., L., Garcia-Cascales., M., S., 2013. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods For The Evaluation of Solar Farms Locations: Case Study In South-Eastern Spain, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Editor-in-Chief: Aoife M. Foley, Elsevier, 24: 544-556.
- Sarış, F., 2006. Türkiye’de Yağış Yoğunluğunun Alansal ve Zamansal Değişimi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Sentinel-1 Team, 2013. Sentinel-1 User Handbook. European Space Agency (ESA), Reference GMES-S1OP-EOPG-TN-13- 000. P:80.
- Soumekh, M., 1999. Synthetic Aperture Radar Signal Processing with MATLAB Algorithms, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Stimson, G.W., 1998. Introduction to Airborne Radar, SciTech Publishing, Inc., New Jersey.
- Şengün, Y.S., Kılıçoğlu, A., 2005. Interferometrik Yapay Açıklıklı Radar Tekniğinin Jeodezide Kullanılması, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, Sayı: 133.
- Şentürk, E., Livaoğlu H., Yavuz, E., 2017. Çok Kriterli Karar Verme Analizi İle CBS Ortamında En Uygun Spor Bahis Bayi Yer Seçimi: İzmit Merkez Örneği, Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi, 16 (1): 17-26.
- Tahri, M., Hakdaoui, M., Maanan, M., 2015. The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making Methods: Case Study In Southern Morocco. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 51, pp. 1354-1362.

- Tanrıvermiş, E., 2000. Ankara Koşullarında Rekreasyon Spor Faaliyetlerinin Planlanması Üzerine Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Tekeli, A.E., Akyürek, Z., Şorman, A.A., Şensoy, A., Şorman, A.Ü., 2005. Using MODIS Snow Cover Maps In Modeling Snowmelt Runoff Process In The Eastern Part of Turkey, Remote Sensing of Environment, 97 (2005) 216 – 230.
- Topay, M., Parlador, Ö., M., 2015. Isparta İli Örneğinde CBS Yardımıyla Alternatif Turizm Etkinlikleri İçin Uygunluk Analizi, Tarım Bilimleri Dergisi, 21 (2015): 300-309.
- Türkeş, M., Koç, T., Sarış, F., 2007. Türkiye'nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi, Coğrafi Bilimler Dergisi, 5 (1), 57-73.
- Uyan, M., 2014. MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey, Environmental Earth Sciences, 71(4), 1629-1639.
- Uyan, M., Yanpır, Ş., 2016. Çok Kriterli Karar Verme Modeli ve CBS Entegrasyonu İle Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesislerinin Yer Seçimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, (035501) 642-654.
- Wynne, R.,H., 1998. Satellite Monitoring of Lake Ice Breakup On The Laurentian Shield (1980-1994), Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64 (6): 607-617.
- Yalçınyavuz, Ü.A., 2015. Erzincan Kenti Rekreasyon Alanları Kullanıcı Tercihlerinin Anketle Analizi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Yorulmaz, E., 2019. Eskişehir'de Rekreasyonel Faaliyetlerin Dağılışı, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Yüce, Ş., Ercan, B., Eşit, M., Ünsal, M. ve Yüce, M. İ., 2018. Seyhan Havzası Yağış Verilerinin Eğilim Analizi, İklim Değişikliği ve Çevre, 3 (2) 47–54.
- Yücel, I., Güventürk, A., 2012. Changes In Snowmelt Runoff For Mountain Regions of Eastern Turkey, Geophysical Research Abstracts, 14:2012-8706.





ÖZGEÇMİŞ

Okan YELER, İlk ve orta öğrenimini Hatay'da tamamladı. Lisans öğrenimine 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde başladı ve 2009 yılında mezun oldu. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve 2014 yılında mezun oldu. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi'nde aynı Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı.

TOBB personeli olarak MTSO bünyesinde 2009-2011 yılları arasında Proje Uzmanı (Proje Müdürlüğü), 2011-2013 yılları arasında AR&GE Uzmanı (AR&GE ve Yönlendirme Müdürlüğü) olarak görev yaptı. 2013 yılı Aralık ayı itibariyle Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye MYO, Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı bünyesinde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.



EKLER



EK-1

ÇALIŞMA KAPSAMINDA YAPILAN ANKET ÖRNEĞİ

Değerli Katılımcı,

Bu anket çalışması Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen “Seyhan Havzası Örneğinde Kış Rekreatyon Alanı Belirlemede Uzaktan Algılama ve CBS Tabanlı Model Geliştirme” adlı doktora çalışması kapsamında kayak tesislerine gelen sporcuların bu tesisler için görüş ve önerilerinin değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Sizlerin katılımı araştırmanın değeri ve başarısı için önemli bir ölçüt olacaktır.

Cevaplarınız için teşekkür ederim.

Lütfen size uygun şıkkı (X) ile işaretleyiniz

Okan YELER

1.Cinsiyetiniz

Erkek () Kadın ()

2. Yaşınız

18-23 () 24-29 () 30-35 () 36-41 () 42-47 () 48 ve üzeri ()

3. Boyunuz (cm)

1.50 – 1.60 () 1.60 – 1.70 () 1.70- 1.80 () 1.80- 1.90 () 1.90 ve üzeri ()

4. Kilonuz (kg)

50-60 () 60-70 () 70-80 () 80-90 () 90 ve üzeri ()

5. Sporcu Lisans Durumu:

Evet () Hayır ()

6. Eğitim Durumu:

İlköğretim() Lise() Lisans() Lisansüstü() Diğer()

7. Gelir Düzeyiniz (ülke standartlarına göre):

Çok kötü () Orta () İyi () Çok İyi ()

8. Kayak Sporunu Ne Amaçla Yapıyorsunuz?

Eğlence() Sağlıklı Yaşam() Performans()

9. Kayak Malzemelerinizin Durumu:

Kira () Kendime ait () Diğer (.....)

10. Kaç Yıldır Kayak Sporunu Yapıyorsunuz?

1 ve altı() 2-4() 5-7() 8-10() 11 ve üzeri()

11. Kayma seviyeniz?

Başlangıç() Az() Orta() İleri() Performans()

12. Kayak Sporunu Öğrenim Şekliniz?

Profesyonel Eğitici() Eğitim Kurumundan() Arkadaşımdan() Kendi Başıma()

13. Bu merkezde kayakla ilgili kaza geçirdiniz mi?

Evet() Hayır ()

Cevabınız EVET ise;

13. Bu merkezde kayakla ilgili kaza geçirdiyseniz meydana geliş sebebi nedir?

Malzeme() Olumsuz hava şartları() Kendi hatam() Pist()

Kar üstü araçları() Yetersiz güvenlik önlemleri() Eğitici()

Diğer (.....) Lütfen belirtiniz.

(Tüm soruları ve her soru için sadece bir cevabı işaretleyiniz.)

Kayak Tesislerinde	Hiç Önemli Değil	Az Önemli	Orta Derece Önemli	Önemli	Çok Önemli
Pist Eğimi					
Tesise Ulaşım					
Kayak Tesislerinde	Hiç Önemli Değil	Az Önemli	Orta Derece Önemli	Önemli	Çok Önemli
Sabit Pist Uzunluğu					
Bölgedeki Nüfus Yoğunluğu					
Manzara Özelliği					
Konumsal Yükseklik					
Sezonluk Kar Süresi					
Güneşlenme Şiddeti					