



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ KULLANARAK SEL VE TAŞKIN

ALANLARININ İNCELENMESİ:

ÇANAKKALE-KARAMENDERES ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYÇA ERTAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2022





T.C.  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ KULLANARAK SEL VE TAŞKIN**

**ALANLARININ İNCELENMESİ:**

**ÇANAKKALE-KARAMENDERES ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYÇA ERTAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 3253

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



Ayça ERTAN tarafından Doç. Dr. Emre ÖZELKAN yönetiminde hazırlanan ve 28/04/2022 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “Analitik hiyerarşi süreci kullanarak sel ve taşkın alanlarının incelenmesi: Çanakkale-Karamenderes Örneği” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**İmza**

Doç. Dr. Emre ÖZELKAN

Prof. Dr. Kürşad DEMİREL

Doç. Dr. Önder GÜRSOY

Tez No :10472807

Tez Savunma Tarihi :28/04/2022

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Ayça ERTAN

28/04/2022

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleőtirilmesinde, çalıőmam boyunca hiçbir zaman yardımını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Emre ÖZELKAN'a, çalıőmam sırasında her zaman desteğini gördüğüm Sayın Dr. Muhittin KARAMAN'a ve çalışma boyunca tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her anında benden desteklerini esirgemeyen annem Hatice KARADAYI, kardeőim Gökçe ERTAN ve değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayça ERTAN  
anakkale, Nisan  
2022

## ÖZET

### ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ KULLANARAK SEL VE TAŞKIN ALANLARININ İNCELENMESİ: ÇANAKKALE-KARAMENDERES ÖRNEĞİ

Ayça ERTAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Yüksek Lisans Programı

Danışman: Doç. Dr. Emre ÖZELKAN

28/04/2022, 75

Sel ve taşkınlara önlem almak ve yıkıcı etkilerini azaltmak alınacak tedbirlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile oluşturulacak risk haritalarına göre uygulanması ile mümkün olabilir. Bu çalışmada Çanakkale İli içerisinde bulunan Karamenderes Havzasının sel ve taşkın duyarlılık haritaları Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHS) CBS ortamında uygulanması ile oluşturulmuştur. AHS’de kullanılacak parametreler litoloji, yağış, eğim, bakı, yükseklik, akarsu ağına uzaklık, arazi kullanımı ve örtüsü (AKÖ) olarak belirlenmiştir. Seçilen parametrelerin sel ve taşkınlara etki dereceleri AHS’de ikili karşılaştırma ile belirlenmiştir. AHS ile belirlenen ağırlık değerleri CBS ortamına aktarılarak sel ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Risk haritalarının doğruluk değerlendirmesi için bölgede meydana gelmiş geçmiş sel ve taşkın olaylarına ait risk haritaları ve iki taşkın öncesi ve sonrası NDWI görüntüleriyle su varlığı tespiti kullanılmıştır. Yağışın fazla olduğu zamanlarda eğimin yüksek olduğu bölgeler ve ormanlık alanların dahi yüksek risk barındırmasına sebep olmaktadır. Risk haritaları incelendiğinde riskin özellikle havzanın güney ve batı kısmında yüksek olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi litolojik olarak az geçirimli yapıda olması ve topografyanın çanak şeklinde olmasıdır. Bulgular havzanın güneyinde bulunan Kaz Dağları’ndan akışa geçen yağmur sularının sel ve taşkınları tetiklediğini göstermektedir. Bununla birlikte tarım alanlarının ve yerleşimlerin yoğun miktarda bulunduğu akarsuya yakın alanlar en fazla sel ve taşkın riski taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, AHS, Uzaktan Algılama, Sel ve Taşkın Risk Analizi

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF FLOOD AND FLOOD AREAS USING THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS: THE CASE OF ÇANAKKALE-KARAMENDERES BASIN

Ayça ERTAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Department of Risk Management of Natural Disasters

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Emre ÖZELKAN

28/04/2022, 75

Taking precautions against floods and floods and reducing their destructive effects can be possible by applying the measures to be taken according to the risk maps to be created with Geographical Information Systems (GIS). In this study, flood and flood susceptibility maps of Karamenderes Basin in Çanakkale Province were created by applying Analytical Hierarchy Process (AHP) in GIS environment. The parameters to be used in the AHP were determined as lithology, precipitation, slope, aspect, elevation, distance to the river network, land use and cover (OSC). The degree of impact of the selected parameters on floods and overflows was determined by pairwise comparison in AHP. Flood and flood risk maps were created by transferring the weight values determined by the AHP to the GIS environment. For the accuracy assessment of the risk maps, the risk maps of the previous flood and flood events in the region and the water presence detection with two pre-flood and post-flood NDWI images were used. In times of heavy rainfall, even regions with high slopes and forested areas cause high risks. When the risk maps are examined, it is seen that the risk is especially high in the southern and western parts of the basin. The most important reason for this is that it is lithologically less permeable and the topography is bowl-shaped. The findings show that the rain water flowing from the Kaz Mountains in the south of the basin triggers floods and overflows. However, areas close to streams, where agricultural areas and settlements are concentrated, are at the highest risk of flooding and overflow.

**Keywords:** GIS, AHP, Remote Sensing, Flood and Overflows Risk Analysis



# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi

## BİRİNCİ BÖLÜM GİRİŞ

1

1.1 Temel Kavramlar .....	4
1.1.1 Afet .....	4
1.1.2 Sel Ve Taşkınlara Karşı Alınan Önlemler .....	4
1.1.3 Sel ve Taşkın Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	4
1.1.4 Afet Yönetimi ve Aşamaları .....	5
1.1.5 Uzaktan Algılama .....	6
1.1.6 Coğrafi Bilgi Sistemleri .....	6

1.1.7	Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Afet Yönetimi .....	7
1.1.8.	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	7
1.1.8.1	Analitik Hiyerarşi Süreci .....	8

## İKİNCİ BÖLÜM

9

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

18

### MATERYAL YÖNTEM

3.1	Çalışma Alanı .....	18
3.2	Uzaktan Algılama Verileri ve İşlenmesi.....	21
3.3	Topografik Veri ve İşlenmesi.....	24
3.4	Meteorolojik Veriler ve İşlenmesi.....	26
3.5	Jeolojik veriler ve İşlenmesi.....	27
3.6	Analitik Hiyerarşi Süreci.....	30
3.7	Tez İş Akışı.....	33

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

35

### ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1.	Kriterlerin Değerlendirilmesi .....	35
4.1.1	Yağış.....	35
4.1.2	Eğim, Bakı Yükseklik.....	41

4.1.3 Akarsuya Mesafe.....	44
4.1.4 Arazi Kullanımı Ve Örtüsü.....	46
4.1.5 Jeolojik Geçirimsizlik .....	50
4.2. Kriterlerin Ağırlıklarının Değerlendirilmesi .....	51
4.2.1. Alt Kriterlerin Ağırlıklandırılması ve Sıralanması.....	53
4.3 Yıllık Sel ve Taşkın Risk Analizi.....	55
4.5. Aylık Sel ve Taşkın Risk Analizi .....	56
4.6 Geçmiş Taşkınlarla Doğruluk Analizi.....	64
4.7 Nehir Yatağındaki Su Varlığının Değişimi .....	65
<b>BEŞİNCİ BÖLÜM</b>	<b>67</b>
<b>SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>69</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKKVY	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
UA	Uzaktan Algılama
ÇKKVY	Çok Kriterleri Karar Verme Yöntemi
AKÖ	Arazi Örtüsü/Kullanımı
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
DSİ	Devlet Su İşleri
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
HTG	Hidrolojik Toprak Grubu
RBF	Radyal Tabanlı Fonksiyon
AFAD	Afet Acil Durum Başkanlığı
NDWI	Normalleştirilmiş Fark Su İndisi

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Bayramiç Baraj Gölü Temel Özellikleri	20
<b>Tablo 2</b>	Karamenderes havzası sel ve taşkın tarihleri	21
<b>Tablo 3</b>	Sentinel 2-A Uydusu Teknik Özellikler	23
<b>Tablo 4</b>	Kullanılan İstasyonlar ve Koordinat Bilgileri	26
<b>Tablo 5</b>	AHS hiyerarşi tablosu	31
<b>Tablo 6</b>	RI Değerleri	33
<b>Tablo 7</b>	İstasyonlara ait aylık toplamın yıllık ortalaması yağış verileri (mm)	41
<b>Tablo 8</b>	AKÖ sınıflarının havzadaki alansal dağılımı	48
<b>Tablo 9</b>	Ölçüt Katmanlarının Ağırlık Değerleri	52
<b>Tablo 10</b>	Normalize Edilmiş Matris Ve Öncelik Vektörü	52
<b>Tablo 11</b>	D Sütun Vektörünün Elde Edilmesi	53
<b>Tablo 12</b>	Lamda Değerinin Elde Edilmesi	53
<b>Tablo 13</b>	Parametrelerin alt unsurlarının ağırlık değerleri	55
<b>Tablo 14</b>	Sel ve taşkın riskinin alansal dağılımı	63
<b>Tablo 15</b>	Taşkın öncesi ve sonrası nehir yatağı alanı	66

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Çalışma alanı, Çanakkale Karamenderes Havzası	19
Şekil 2	Çanakkale Karamenderes Havzası SYM	24
Şekil 3	Jeoloji H16, H17 paftaları	28
Şekil 4	Ayvalık İ17 paftası jeoloji haritası	29
Şekil 5	Ayvalık İ16 ve J16 paftaları jeoloji haritası	30
Şekil 6	Çalışmada kullanılan veri, yöntem ve işlem basamakları	34
Şekil 7	Kış ayları yağış dağılım haritaları	37
Şekil 8	İlkbahar ayları yağış dağılım haritaları	38
Şekil 9	Yaz ayları yağış dağılım haritaları	39
Şekil 10	Sonbahar ayları yağış dağılım haritaları	40
Şekil 11	Karamenderes Havzası eğim haritası	42
Şekil 12	Karamenderes Havzası bakı haritası	43
Şekil 13	Karamenderes Havzası yükseklik haritası	44
Şekil 14	Çalışma alanına ait akarsuların çıkarılması, akış sırası	45
Şekil 15	Karamenderes Havzası akarsuya mesafe haritası	46
Şekil 16	Çalışma alanının ayrıntılı AKÖ haritası	47
Şekil 17	AKÖ Doğruluk kontrol noktaları	48

<b>Şekil 18</b>	Karamenderes Havzası jeoloji haritası	50
<b>Şekil 19</b>	Karamenderes havzası geçirimsizlik haritası	51
<b>Şekil 20</b>	Yıllık sel ve taşkın risk haritası	56
<b>Şekil 21</b>	Kış ayları sel ve taşkın risk haritaları	59
<b>Şekil 22</b>	İlkbahar ayları sel ve taşkın risk haritaları	60
<b>Şekil 23</b>	Yaz ayları sel ve taşkın risk haritaları	61
<b>Şekil 24</b>	Sonbahar ayları sel ve taşkın risk haritaları	62
<b>Şekil 25</b>	Aylık sel ve taşkın risk dağılımı	63
<b>Şekil 26</b>	Ocak 2016 taşkın risk haritası (a), Temmuz 2017 taşkın risk haritası (b), Şubat 2018 taşkın risk haritası (c)	65

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Sel ve taşkınlar meteorolojik kökenli doğal afetlerdir (Ceylan ve Kömüşçü, 2008). Afet ve Acil Durum Başkanlığı'na göre, selin tanımı “suların mevcut olduğu yerde yükselerek ya da başka kaynaktan gelerek, kuru yüzeyleri ani şekilde kaplamasıdır.” (AFAD, 2019). Diğer bir deyişle sel; şiddetli ve sürekli yağışlar nedeniyle dik eğimli yukarı havzalarda dere mecralarından büyük bir kinetik enerji ve hız ile akarak taşkına göre daha büyük materyalleri (taş, çakıl, kaya vb.) sürükleyen akımlardır (Kopar, 2006). Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na (2016) göre taşkın, “akarsuların yatağından taşması ve normalde su ile kaplı olmayan bir bölgenin geçici olarak sularla kaplanması olayı” olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir tanıma göre taşkın; bir akarsu yatağındaki akışın azalması, yatak eğiminin düşmesi gibi akarsudaki sarfiyatın artması sonucunda akarsuyun yatak dışına taşarak taşıdığı ince ve küçük materyallerle birlikte çevre arazilere ve insanlara zarar verdiği akımlardır. Sel ve taşkın doğal ve insan kaynaklı sebeplerle meydana gelmektedir (Kadıoğlu, 2008). Doğal sebepler; özellikle uzun süreli veya kısa süreli ancak şiddetli yağış etkisi, yüzey akışını doğrudan etkileyen jeolojik-jeomorfolojik özellikler, özellikle ilkbahar aylarında ani şekilde eriyen kar ve buz suları olarak sıralanabilir (Yalçın, 2012). İnsan kaynaklı nedenler; yağmur sularının bir anda toprağa düşmesini engelleyen bitki örtüsünün tahribi, yağmur suyunu tutacak olan toprağın hızlı kentleşme sonucu yerini beton ve asfalta bırakması, uygun şekilde imha edilmeyen atıkların akarsuların doğal akışında bozulmalar meydana getirmesi ve yağmur suyunu tahliye eden sistemleri tıkanmasıdır.(Özdemir, 2008). Sel ve taşkın insan hayatını direkt veya dolaylı olarak etkilemektedir. Direkt etkileri genellikle boğulmalar ve yaralanmalar olmakla beraber dolaylı olarak hastalıklar, psikolojik etkiler, toksik etkiler, yiyecek ve su yetersizliği, tarım alanlarının tümüyle sular altında kalması veya sel sularının taşıdığı materyaller sebebiyle toprağın zarargörerek verimsizleşmesi olarak sıralanabilir (Korkanç ve Korkanç, 2006).

Afet yönetiminde esas amaç bütünlük afet yönetimi döngüsü göz önüne alındığında can ve mal kaybını en aza indirmektir. Sel ve taşkın afetine karşı geliştirilen klasik yöntemler arasında; gerekli alanlarda alt üst sel geçitlerin yapılması, sel taşkın riski taşıyan bölgelerin belirlenerek gerekli önlemlerin alınması, dere yataklarından



kontROLSÜZ müdahaleden kaçınılması, akarsu yataklarının doğal dengesinin bozulmaması, dere yataklarının ıslah edilmesi vb. bulunmasına rağmen tüm bu yöntemler eksik kalmaktadır (Uşıkay ve Aksu, 2002). Sel ve taşkın sebep olacağı yıkıcı etkinin minimuma indirilebilmesi için, dünya genelinde bütünleşik afet yönetimi kapsamında afetlerden korunma stratejisi yerine sistematik bir süreç olan risk yönetimine geçilmektedir (Erkan, 2010). Sel taşkın afetinin yıkıcı boyutlarını azaltmanın en etkili yolu, klasik yöntemlerin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) aracılığıyla oluşturulacak sel ve taşkın duyarlılık haritalarına göre uygulanmasıdır (Bağdatlı ve Albut, 2012).

Afet yönetiminde CBS, afet öncesinde alınacak önlemler ve sonrasında yapılacak müdahaleler için günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır (Arca, 2012). “CBS kaynağı yeryüzü olan bilgileri toplayan ve toplanan verilerin depolanmasına, kontrol edilmesine, işlenmesine, analiz edilmesine ve görüntülenmesine imkân sağlayan bir sistemdir” (AGI, 1991). Toplumun ve doğal çevrenin analizine imkân tanılarak sorunlara cevap üretebilen CBS; afet yönetiminde de daha ayrıntılı araştırmaların daha kısa sürede yapılmasına olanak sağlamaktadır (Yiğit vd., 2011). Bilgisayar destekli sistemler topluluğu olan CBS sayesinde mevcut arazinin nasıl düzenleneceği ve bu araziden nasıl faydalanılacağı daha kısa sürede ayrıntılı bir biçimde planlanmaktadır. Dünya genelinde afet yönetiminde CBS uygulamalarına geçilmesinde CBS'nin sahip olduğu avantajlar büyük rol oynamaktadır. Bunlar; aynı formatta farklı bilgilerin toplanabilmesi, bilgilerin güncellenebilmesi, elde edilmiş her verinin farklı tabaklar halinde sistemde tutulması sayesinde hızlı veri analizi yapılabilmesi, harita tablo veya grafik şeklinde ihtiyaca yönelik görselleştirme imkânı yapılabilmesi olarak sıralanabilir (Arca, 2012). CBS'nin Uzaktan algılama (UA) verileri ile bütünleşik olarak kullanımı UA'nın gelişmiş bir veri toplama aracı olması nedeni ile tercih edilmektedir. UA bilgi sahibi olunmak istenen alan ile herhangi bir temas olmadan genellikle uçaktan hava fotoğrafı veya uzaydan uydu görüntüsü şeklinde veri toplayan bir sistemdir (Kourgialas ve Karatzas, 2011). Afet yönetiminde, afetten etkilenen veya etkilenebilecek bölgenin fiziki durumu ile ilgili en güncel verilerin klasik yöntemlere göre daha hızlı elde edilmesi açısından UA önemli bir yere sahiptir. CBS kullanılarak oluşturulacak duyarlılık haritalarında sel ve taşkına duyarlı alanlar, çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKVY) biri olan analitik hiyerarşi süreci (AHS) ile hızlı ve doğru şekilde belirlenebilir (Değerliyurt, 2013). AHS mevcut sorunu ana hedef ve çok sayıda ölçüt kullanarak hiyerarşik bir düzen içerisinde çözümleyen modelleme

yöntemidir (Malczewski, 1999; Tokgözlü ve Özkan, 2018). Bu yöntem uygulama kolaylığı ve yorumlayıcı yaklaşımı ile pek çok karar verme alanında uygulanabilir (Lhee vd., 2011; Tanrıverdi, 2019).

Sel ve taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında ikinci bölümde de anlatılacağı gibi literatürde ulusal ve uluslararası pek çok çalışma mevcuttur. Bununla birlikte bu tez çalışması Karamenderes havzası için gerçekleştirilen en kapsamlı çalışmadır. Tez çalışmasının amacı, Çanakkale ili sınırları içerisinde bulunan Karamenderes havzasında CBS ortamında ÇKKVY ile sel ve taşkın riskini analiz ederek duyarlılık haritaları oluşturulmasıdır. İlk olarak çalışma alanının ayrıntılı arazi kullanımı ve örtüsü (AKÖ) haritaları uydu görüntüleri kullanarak uzaktan algılama teknikleri ile oluşturulacaktır. Sel ve taşkın alanlarının belirlenmesi aşamasında bu çalışmada kullanılacak yöntem AHS'dir. Bu çalışmada sel ve taşkına katkıda bulunan taşkın koşullandırma faktörlerinin seçimi için literatürdeki çalışmalar incelenmiş olup en alakalı ve en sık kullanılan faktörler değerlendirmeye alınmıştır. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde en önemli sel ve taşkın risk parametreleri, yağış, eğim, baki, yükseklik, litoloji, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı ve örtüsü olduğu görülmektedir (Özşahin, 2012; Özkan ve Tarhan, 2013; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Tanrıverdi, 2019; Ogato vd., 2020). Çalışmada kullanılacak parametrelerin ağırlık değerleri AHS kullanılarak oluşturulacak ikili karşılaştırma matrisleri ile belirlenecek ve her etken CBS ortamında sayısallaştırılacaktır. Sayısallaştırılan değerler karşılaştırılarak sel ve taşkın duyarlılık haritası oluşturulacaktır. Çalışmanın doğruluk kontrolü geçmiş tarihte meydana gelmiş olan sel ve taşkın olayları ve NDWI indisi ile ortaya konulan nehir yatağındaki su varlığı değişimi hesaplanarak yapılacaktır.

## **1. Temel Kavramlar**

### **1.1. Afet**

Bir toplumun normal hayatını ve insan faaliyetlerini durdurarak toplumun belirli bir kesimi veya tamamı için ekonomik, sosyal veya fiziksel kayıplara sebep olan insan kaynaklı, teknolojik veya doğal olaylar afet olarak tanımlanmaktadır (Memiş ve Babaoğlu, 2020). Afetler doğal ve insan kaynaklı olarak iki sınıfa ayrılırken doğal afetler de kendi içerisinde jeolojik ve meteorolojik olarak ikiye ayrılır.

### **1.2. Sel Ve Taşkınlara Karşı Alınan Önlemler**

Sel ve taşkın afetine karşı geliştirilen klasik yöntemler arasında;

1. Gerekli alanlarda alt üst sel geçitleri yapılması,
2. Sel taşkın riski taşıyan alanların belirlenerek bu alanlara taşkın önleme ve kontrol yapılarının yapılması,
3. Akarsu yataklarından kontrolsüz malzeme alımlarının önlenmesi,
4. Dere yataklarının doğal dengesine müdahalede bulunulmaması,
5. Yağmur suyu tahliye sistemlerinin bakımlarının aksatılmadan yapılması,
6. Akarsu yataklarının ıslah edilmesi vb. şeklinde yapısal ve yapısal olmayan önlemler olarak sıralanabilir (Uşıkay ve Aksu, 2002).

### **1.3. Sel ve Taşkın Oluşumunu Etkileyen Faktörler**

Sel ve taşkın doğal ve insan kaynaklı sebeplerle meydana gelmektedir (Kadioğlu, 2008). Doğal sebepler; özellikle uzun süreli veya kısa süreli ancak şiddetli yağış etkisi, yüzey akışını doğrudan etkileyen jeolojik-jeomorfolojik özellikler, özellikle ilkbahar aylarında ani şekilde eriyen kar ve buz suları olarak sıralanabilir (Yalçın, 2012). İnsan kaynaklı nedenler; yağmur sularının bir anda toprağa düşmesini engelleyen bitki örtüsünün

tahribi, yağmur suyunu tutacak olan toprağın hızlı kentleşme sonucu yerini beton ve asfalta bırakması (Özdemir, 2008).

Yağış ve sıcaklık iklim parametreleri içerisinde değerlendirildiğinde sel ve taşkın oluşumuna etki eden faktörlerin başında gelmektedir (Tanrıverdi, 2019). Özellikle uzun süreli veya kısa süreli ancak şiddetli yağışların normalden daha kısa bir zamanda daha büyük su kütleleri halinde kontrolden çıkmış şekilde akışa geçmesi ile sel ve taşkınlar oluşmaktadır (Tokgözlü ve Özkan, 2018). Sıcaklık faktörü ise yağışın kar, dolu veya yağmur şeklinde oluşması üzerinde etkilidir ayrıca özellikle ilkbahar aylarında ani şekilde eriyen kar ve buz sularının sel ve taşkın afetine sebep olması sıcaklığın normalden fazla boyutlarda artış göstermesiyle doğrudan ilişkilidir (Tanrıverdi, 2019).

Havza içerisindeki kayaçların geçirgenlik açısından türleri, toprağın doygunluğu ve yapısı, eğimin fazla ya da az olması, bakı özellikleri, drenaj alanının şekli gibi etmenler havzanın sel ve taşkına karşı duyarlılığını belirlemektedir (Toprak, 2015; Hu vd., 2017; Kabenge vd., 2017; Özkan, 2018;; Hammami vd., 2019; Tanrıverdi 2019;)

Kentleşme sırasında yağmur suyunu tutacak olan toprağın yerini beton ve asfalt yüzeyler almaktadır. Bunun sonucunda normalde toprak tarafından yer altına geçirilecek yağışın büyük bölümü direk olarak akışa geçmektedir (Tanrıverdi, 2019).

#### **1.4. Afet Yönetimi ve Aşamaları**

Afet Yönetimi, toplumun normal standartlarda yaşamasını engelleyen sürecin öncesinden başlayarak planlama, denetim ve yönetim evrelerinin bütünüdür (Karaman ve Altay, 2016). Bu açıdan bütünlük afet yönetimi, zarar azaltma ve hazırlık aşamalarından oluşan risk yönetimi ile müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşan kriz yönetimini kapsamaktadır (Kadıoğlu ve Özdamar, 2008). Risk yönetimi aşaması afetlerden önceki aşamadır. Burada temel amaç afet kaynaklı oluşabilecek zararların en aza indirilmesidir (Ertürkmen, 2006). Kriz yönetimi ise afet anında arama kurtarma çalışmaları, ilk yardım, teknik danışmanlık ve benzeri adımlardan oluşan müdahale aşaması ve afet sonrasında yaşamın normal standartlara dönmesi için yapılacak tüm adımları kapsayan iyileştirme aşamalarını içerir (Önder ve Yaman, 2017).

### **1.5. Uzaktan algılama**

Uzaktan algılama nesne ile fiziksel bir temas olmadan nesneden yayılan ve yansıyan elektromanyetik enerjinin ölçümleri ile nesne hakkında bilgi elde edilmesidir (Aliyazıcıoğlu, 2019). Uzaktan algılama yer, hava ve uzay ortamında yapılabilir (Arca, 2012). UA haritacılık, hidroloji, tarım, jeoloji, çevre ve şehir düzenleme, ormancılık gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (Kavzoğlu ve Çölkesen,2010).

UA süreci temelde “veri elde etme” ve “veri işleme” olmak üzere iki aşama içerir. Veri elde etme aşamasında hedef nesneden algılayıcıya enerji geçişi atmosferdeki etkileşim ve iletişim sayesinde gerçekleşir. Algılayıcı tarafından kaydedilen enerji genellikle elektronik ortamda verilerin bir görüntü olarak işlendiği alıcı ve işleme istasyonuna iletilir ve veri işleme aşaması başlar. Veri işleme sürecinin temel amaçları bazı yeni bilgiler ortaya çıkarmak veya belirli bir problemin çözümüne yardımcı olmaktır. Bunun için nesne hakkında dijital, elektronik veya gözle görülebilir bilgiler ortaya konur (Raney, 2013).

### **1.6. Coğrafi Bilgi Sistemleri**

Coğrafi bilgi sistemleri, belirli bir hedef için yeryüzüne dair bilgilerin toplanması, depolanması, analizi ve görüntülenmesine imkân sağlayan donanım ve yazılımların bütünüdür (Tecim, 1999). Bu tanıma göre, CBS'ye veri girişi, veri görüntüleme, veri yönetimi, erişim ve bilgi analizi olmak üzere beş işlevi vardır (Houessou-dossou vd., 2019).

CBS kavramının terminolojik olarak ortaya çıkışı, 1963 yılına dayanmaktadır. 1963 yılında Roger Tomlinson öncülüğünde başlatılan ve Kanada'da özelliklerine göre ulusal arazilerinin tespiti amacıyla yapılan Kanada CBS projesiyle ortaya çıkmıştır (Yomralıoğlu, 2002; Yiğit vd., 2011). 1990'lı yıllara doğru CBS Türkiye'de tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. CBS'yi Türkiye'de ilk olarak 1986 yılında Harita Genel Komutanlığı (HGK) kurumu 1/25,000 ve 1/125,000 ölçekli haritaları sayısallaştırarak kullanmaya başlamıştır (Yiğit vd., 2011).

## **1.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Afet Yönetimi**

Afet yönetimi aşamalarında güvenilir, hızlı ve pratik olması bakımından CBS günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir (Aydınöğlü vd., 2009). Bir doğal afet sonucunda meydana gelebilecek yıkıcı etkinin kontrolü ile yıkımın azaltılması, afet öncesinde alınacak önlemlerin etkili bir şekilde belirlenebilmesi CBS'nin afet yönetiminde kullanılma nedenlerinin başlıcalarıdır (Arca, 2012).

Toplumun ve doğal çevrenin analizine imkan tanıyarak sorunlara cevap üretebilen CBS; afet yönetiminde de daha ayrıntılı araştırmaların daha kısa sürede yapılmasına olanak sağlamaktadır (Yiğit vd., 2011). Bilgisayar destekli sistemler topluluğu olan CBS sayesinde mevcut arazinin nasıl düzenleneceği ve bu araziden nasıl faydalanılacağı daha kısa sürede ayrıntılı bir biçimde planlanmaktadır bununla birlikte arazinin zamana bağlı değişimleri sayısal olarak ifade edilerek somut verilerde elde edilebilmektedir (Turoğlu, 2000). Dünya genelinde afet yönetiminde CBS uygulamalarına geçilmesinde CBS'nin sahip olduğu avantajlar büyük rol oynamaktadır. Bunlar; aynı formatta farklı bilgilerin toplanabilmesi, bilgilerin güncellenebilmesi, elde edilmiş her verinin farklı tabaklar halinde sistemde tutulması sayesinde hızlı veri analizi yapılabilmesi, harita tablo veya grafik şeklinde ihtiyaca yönelik görselleştirme imkânı yapılabilmesi olarak sıralanabilir (Arca, 2012).

## **1.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY)**

Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKVY), bir probleme neden olan iki ya da daha fazla etkenin çok sayıda kriter kullanılarak, önceliklendirme, seçilme, sıralanma veya elenme amacıyla değerlendirilmesidir (Yoon ve Hwang, 1995; Akar ve Maktav, 2008). ÇKKVY'de hangi amaçla kullanılacağına göre problemlerin çözümünde pek çok yöntem kullanılmaktadır. ÇKKVY iki sınıfta ele alınabilir; bulanık mantık temelli ve klasik yöntemler (Uludağ ve Doğan, 2016). Uygulamada sıklıkla kullanılan ÇKKVY; AHP (Analytical hierarchy process), MAUT (Multi attribute utility theory), ANP (Analytical Network Process), PROMETHEE (The preference ranking organization method for enrichment evaluation), ELECTRE (ELimination and Choice Expressing REality Enrichment), TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal) olarak sıralanabilir (Ishizaka ve Nemery, 2013; Yıldırım ve Önder, 2014; Uludağ ve Doğan,

2016). Yukarıda bahsedilen yöntemler arasında AHS, kolay anlaşılabilir olması ve uygulamadaki pratikliği açısından, araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir (Uludağ ve Doğan, 2016).

### **1.8.1. Analitik Hiyerarşi Süreci**

AHS 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen, mevcut problemlerin analizi ve organizasyonu için matematik ve psikolojiyi kullanan bir karar verme yöntemidir (Ömürbek ve Şimşek, 2015). AHS'de karar verme süreci ikili karşılaştırmalar yoluyla temelde üç aşamada gerçekleşir. İlk aşamada değerlendirme ölçütleri ve bu ölçütlere etki eden faktörler belirlenir (Yaralıoğlu, 2001). İlk aşamadan sonra karşılaştırma yapılarak alt düzeydeki veriler ilk veri arasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Karşılaştırmalar belirli bir özniteliğe göre bir etkenin diğerine göre ne kadar baskın olduğunu temsil eden bir ölçek aracılığıyla yapılır (Saaty, 2008). Son aşama olan sentez aşamasında öncelikler tümevarım ile belirlenir (Saat, 2000).

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ulusal ve uluslararası literatürde AHS perspektifinde, UA ve CBS'nin entegre kullanımı ile gerçekleştirilen, doğal afetlerin incelenmesi ve riskli alanların belirlenmesi (sel ve taşkın, kuraklık, fırtına vb.), ulaşım, haberleşme, çevre ve şehir düzenleme gibi pek çok çalışma mevcuttur (Benek ve Şahap., 2016; Gülersoy., 2013; Özyavuz., 2011). Doğal afetler içerisinde sel ve taşkın incelemesi ve riskli alanların belirlenmesi için ÇKKVY perspektifinde CBS ve uzaktan algılamanın beraber kullanımı ile yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Akar ve Maktav (2008) tarafından gerçekleştirilen “Taşkın Araştırmalarında Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Hidrolojik Modellemelerin Uzaktan Algılama ve Cbs Entegrasyonu ile Karşılaştırılması” adlı çalışmada iki farklı yöntem uygulanmıştır. İlkinde; üretilen veriler HEC-GeoRAS ve HEC-RAS kullanılarak değerlendirilmiştir. İkinci yöntemde ise riskli alanlar belirlenirken ÇKKVY ile parametreler tek tek ele alınmıştır. Çalışma sonucunda iki yöntem birbirine benzer sonuçları ortaya koymasına rağmen hidrolojik modellemenin daha güvenilir olduğu görülmüştür.

Kourgialas ve Karatzas tarafından (2011) gerçekleştirilen “Flood Management And A GIS Modelling Method To Assess Flood-Hazard Areas—A Case Study” isimli çalışmada temel amaç sel ve taşkın riski altındaki bölgelerin belirlenerek meydana gelebilecek hasarın en aza indirilmesidir. Çalışma bölgesi olarak seçilen Koiliaris nehri havzasının arazi kullanımı ve jeolojik haritaları belirlenirken uzaktan algılama yöntemleri ve saha keşif haritaları kullanılmıştır. Üretilen raster haritaları 400 m<sup>2</sup> alanı taramıştır. Yıllık yağış değerleri çalışma bölgesi ve çevresindeki 7 bölgeyi içermektedir. Yağış şiddeti haritası değiştirilmiş Fournier endeksi kullanılarak oluşturulmuştur ve her alandaki bölgesel etkisi Spline Enterpolasyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Birikme, eğim, yükseklik, yağış yoğunluğu, arazi kullanımı ve jeoloji olmak üzere altı veri katmanı kullanılmıştır. Her faktör 5 farklı tehlike seviyesi altında haritalanmıştır. Bu altı faktörün tehlike seviyelerine göre sınıflandırılması; Çok yüksek 10, yüksek 8, orta 5, düşük 2, çok düşük 1 şeklindedir. Elde edilen altı harita CBS ortamında ağırlıklı doğrusal bir kombinasyon yaklaşımı kullanılarak birleştirilmiştir. Bu tekniğe göre her faktör kendi yüzdesi ağırlığı ile çarpılmış



ve tüm faktörlerin toplamı tehlikeli alanların sonuç haritası oluşturmuştur. Önerilen yaklaşım Koiliaris Nehri havzasına taşkın tehlikesi olan alanları ve yerleşim yerlerini belirlemek için uygulanmıştır.

Özelkan, Uça Avcı ve Karaman (2011) tarafından gerçekleştirilen “Investigation on draining of the Lake Amik and the related environmental changes, by using remote sensing technology” adlı çalışmada Türkiye'nin Hatay il sınırları içerisinde bulunan ve sıtma iddialarıyla kurutulan Amik Gölü'nün taşkın risk haritası çıkarılmıştır. Çok kriterli analiz için eğim, baki, akış birikimi ve yağış haritaları kullanılmıştır. Ek olarak, AKÖ haritasının çıktısı için Landsat görüntüsü sınıflandırılmıştır. Bu çalışma sonucunda bölgede meydana gelen değişiklik sonucunda bölgenin coğrafi, ekolojik ve ekonomik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler gözlemlenmiştir. Sonuç olarak göl ovasının drene edilen alanının yüksek sel riski taşıdığı görülmüştür. Çevrede insan yapımı değişikliklerin ciddi olumsuz etkilere yol açabileceği sonucuna varılmıştır.

Batur ve Maktav'ın (2012) gerçekleştirdiği “Floodplain Assessment With the İntegration of Remote Sensing and Gıs: Meriç River Case Study” adlı çalışmada 16 Şubat 2010'da Meriç Nehri'nde gerçekleşen taşkın afeti; afet öncesi, sırası ve sonrasına ait Landsat 5 Tm (Thematic Mapper) ve IKONOS uydu görüntüleri ile incelenmiştir. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk kısımda, Meriç, Tunca ve Arda Nehirleri'nin Edirne ili kuzeyinde birleştikleri noktadan başlayıp güneyde Meriç Nehri'nin Ege Denizi'ne döküldüğü noktaya kadar olan yaklaşık 535.000 ha'lık bölge ele alınmıştır. İkinci kısımda ise Edirne il merkezi ve yakın çevresini kapsayan yaklaşık 14.500 ha'lık alan incelenmiştir. Elde edilen uydu görüntülerine eğitilmiş ve eğitimsiz sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Sonuç olarak gerçekleştirilen çalışmada, UA ve CBS'nin beraber kullanımı ile taşkınların oluşmasında etkili olan faktörlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda afet öncesi ve sonrası yapılacak olan planlamaların daha hızlı ve güvenilir olabileceği görülmüştür.

Avcı ve Sunkar (2015) tarafından gerçekleştirilen “Giresun'da Sel Ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı Ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri” adlı çalışmada, Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan, Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfometrik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada SYM verilerinden faydalanılmıştır. Havza morfometrisine yönelik olarak yapılan analizlerde temel veri ASTER DEM verileri şeklinde ele alınmıştır. Aksu Çayı ve Batlama Deresi

havzalarının akış yönleri, DEM üzerinde Arc-GIS 10.1 programı, Hydrology Tool ile belirlenmiş bunun sonucunda havzalar çıkarılmıştır. Bu işlem sonucunda havzalardaki akarsu ağı elde edilmiştir. Düzeltmeler sayısal işlemlerle oluşturulan akarsu ağı ile 1/250.000 ve 1/25.000 ölçekli topografya haritaları karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Son olarak elde edilen veriler ve DEM verileri ele alınarak Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının alansal ve rölyef morfometrik özellikleri tespit edilmiştir. Tespit edilen morfometrik özellikler kapsamında drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havza şekli, uzunluk oranı ve gravelius indeks analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının birçok özelliğinin aynı olmasına rağmen, havza morfometrilerinin farklı olması sebebiyle, farklı taşkın özellikleri gösterdiği tespit edilmiştir.

Dölek (2015) tarafından gerçekleştirilen “Sungu Beldesi ve Yakın Çevresinde (Muş) Sel ve Taşkına Duyarlı Alanların Belirlenmesi” adlı çalışmada, Sungu beldesi ve yakın çevresinde sel ve taşkın afetine karşı hassas alanların belirlenmesi için duyarlılık haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılacak harita 2011, 2012 yıllarında meydana gelen sel ve taşkınlardan etkilenen bölgelerin arazi keşifleri sonucunda GPS ile elde edilen koordinatların sayısallaştırılarak bir haritaya işlenmesi sonucunda elde edilmiştir. Çalışmada yükselti, bakı, eğim, toprak grupları, bitki örtüsü veri seti olarak kullanılmıştır. Kullanılan veri setinde hereleman ayrı ayrı haritalandırılmış ve bu haritalar için her bir veri alt kategorilere ayrılmıştır. Her bir alt kategori kendi içerisinde 1 çok az, 5 çok yüksek olmak üzere 5 değer arasında ağırlıklandırılmıştır. Son olarak her veri için oluşturulan haritalar ArcGIS programı ile çakıştırılarak duyarlılık haritaları elde edilmiştir.

Rahmati ve arkadaşları (2015) tarafından gerçekleştirilen “Flood Hazard Zoning in Yasooj Region, Iran, using GIS And Multi-Criteria Decision Analysis” adlı çalışmada her bir faktörün AHS metoduna göre ağırlığını belirlemek için 8 uzmana anket yapılmıştır. Her bir faktör CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Nehirlere uzaklık haritası ArcGIS 10.2 yazılımındaki tampon aracı kullanılarak üretilmiş ve 100; 100-200; 200-300; 300-400 ve 400-500 m olarak beş tampon kategorisi yapılmıştır ve beş arazi kullanımı sınıfı tanımlanmıştır: yerleşim alanları ve yollar, orman, nehir bölgesi, ekili alan ve çıplak araziler. Sel tehlikesi potansiyel indeksini (FHPI) tahmin etmek için ağırlıklı doğrusal kombinasyon (WLC) yöntemi kullanılmıştır. Diğer bir deyişle, her piksel için FHPI elde edilmiş ve üretilen harita, eşit aralık yöntemine göre <0.1 (düşük), 0.1-0.2 (orta), 0.2-0.3

(yüksek) ve  $> 0.3$  (çok yüksek) olarak sınıflandırıldı. Hidrolik simülasyon için hecras kullanılmıştır.

Toprak'ın (2015) gerçekleştirdiği “Solhan Deresi Havzasının (Bingöl) Sel Ve Taşkın Analizi” çalışmasında Solhan Deresi Havzasındaki iki dere için risk analizi çalışmaları CBS ve UA ile ArcGIS 10.2.1 yazılımı kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKVY) ve havza morfometrisi yöntemleri kullanılarak Solhan Deresi Havzasının sel ve taşkın analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ilk olarak alana ait paftalar sayısallaştırıldıktan sonra Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) elde edilmiştir. Üretilen SYM verisi ile alana ait coğrafi parametreler belirlenmiş böylelikle havzanın genel fiziki özellikleri üzerinde durulmuştur. Dahasonra 1960-2013 yılları arasında alanda gerçekleşen sel ve taşkınların belirlenmesi yapılmıştır. Çalışma alanındaki yağış akış ilişkisi 1975-2013 yılları arası akım gözlem istasyonundan (AGİ) elde edilen veriler ile ortaya konmuş ve sel ve taşkın oluşumunu doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen beşeri ve doğal faktörler ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Çalışma alanına ait uydu görüntülerinden NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) arazi kullanımı, filtrelemeler gibi ana faktörler elde edilmiştir. Sonuç olarak ÇKKVY ve havza morfometrisi kullanılarak riskli alanlar belirlenirken eğim, baki, jeoloji, toprak özellikleri, bitki örtüsü, arazi kullanımı, havza rölyefi, engebelik değeri gibi her veri tek tek ele alınmış ve alanın sel ve taşkın risk analizi ile çalışma tamamlanmıştır.

Chen ve arkadaşları (2016) tarafından gerçekleştirilen “Flood Damage Assessment of an Urban Area in Taiwan” adlı Tayvan'daki Taichung şehri için olası sel ve taşkın hasarlarını değerlendirdikleri çalışmada AHS yöntemini kullanmışlardır. Uydu görüntüsü analiz edilerek ArcGis yazılımında arazi kullanım haritası oluşturulmuştur. Kamu, özel ve yollar olmak üzere alt faktörlerle birlikte toplam 12 faktörün değerlendirildiği çalışmada faktörlere atanacak ağırlık değerleri 33 uzman görüşü ile belirlenmiştir. Son olarak bütün faktörlerin alan yüzdeleri hesaplanmış, faktör ağırlıkları ile çarpılmış ve CBS ortamında sunulmuştur.

Franci ve arkadaşları (2016) tarafından gerçekleştirilen “Satellite Remote Sensing And Gis-Based Multi- Criteria Analysis For Flood Hazard Mapping” adlı çalışmada veri seti olarak eğim, kanallara uzaklık, drenaj, jeoloji ve arazi örtüsü seçilmiş yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve AHS kullanılmıştır. Gerekli bilgikatanı VHR GeoEye-1 görüntüsü ve DEM işlenerek elde edilmiştir. Çalışma sonucunda tehlike değerlendirmesi

ile ilgili hızlı ve uygun maliyetli bilgiler sağlamak için ÇKKVA yöntemleri ile birlikte uzaktan algılama verilerinin kullanımının faydası ortaya konmuştur.

Selçuk ve arkadaşları (2016) tarafından gerçekleştirilen “CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) Kullanılarak, Van İli Merkez İlçelerinin Kentsel Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, Van / Türkiye” adlı çalışmada İmar paftalarından kriging interpolasyon yöntemi ile DEM verisi elde edilmiştir. DEM kullanılarak eğim, bakı ve yükseklik katmanları oluşturulmuştur. İmar paftaları ve sondaj verilerinden litoloji, yeraltı su seviyesi ve alan kullanımı gibi diğer katmanları üretilmiştir. CBS ortamında hazırlanan her faktör için AHS yöntemi ile ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Aktif kanal mesafesi, litoloji, eğim, su tablası derinliği, yükseklik, alan kullanımı haritaları oluşturulmuştur. Modelde bölgelerinin sınır ağırlık değerleri belirlenirken, doğal kesiklik sınıflaması (Natural Breaks Classification) yöntemi kullanılmıştır.

Hu ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen “GIS-Based Flood Risk Assessment in Suburban Areas: A Case Study of The Fangshan District, Beijing” adlı çalışmada Fangshan Bölgesi'nin banliyö alanlarında sel riski değerlendirme için CBS ve AHS yöntemini entegre olarak kullanmışlardır. Veri seti olarak yağmurfırtınası yoğunluğu, yağmur fırtınası sıklığı, yükseklik, eğim, nehir ağı yoğunluğu, karayolu ağı yoğunluğu, geçirimsiz yüzey oranı, nüfus ve sabit kıymetler olmak üzere 9 faktör belirlenmiş olup Landsat 8 TM, DEM verisi ve yağış verileri kullanılmıştır. Her bir faktörün ağırlık değeri AHS yöntemi kullanılarak uzman değerlendirmeleri sonucunda belirlenmiştir. Çalışma sonunda doğrulamada 2012 tarihinde Pekin sel felaketinin yaralı dağılım haritası kullanılmıştır. Çalışma sonucunda sonuçlar, önerilen yöntemin güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini doğrulayan sel felaket dağılımlarının geçmiş kayıtları ile tutarlı bulunmuştur.

Kabenge ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen “Characterizing Flood Hazard Risk in Data-Scarce Areas, using a Remote Sensing and GIS-Based Flood Hazard Index” adlı çalışmada CBS tabanlı sel tehlike indeksi kullanarak sel ve taşkın duyarlılık haritaları geliştirmiştir. Sel tehlike indeksi AHS kullanılarak oluşturulmuş ve veri seti olarak eğim, akış birikimi, drenaj kanalından uzaklık, drenaj ağı yoğunluğu, arazi kullanımı ve örtüsü, jeoloji ve yağış yoğunluğu belirlenmiştir. Veri seti literatür taraması sonucunda seçilmiştir. DEM verisi kullanılarak eğim, akış birikimi, drenaj kanalından uzaklık ve drenaj ağı yoğunluğu katmanları elde edilmiştir. Drenaj kanallarından uzaklık, drenaj ağı boyunca

200, 500, 1000, 2000 ve 3000 m eşiklerinde tampon bölgeler uygulanarak hesaplanmıştır. Arazi kullanımı Landsat-8 OLI-TIRS uydu görüntüsünden oluşturulmuştur ve tarım arazisi, çıplak toprak, inşa edilmiş arazi, ormanlar, otlaklar, açık su ve sulak alanlar olmak üzere yedi arazi kullanım / örtü sınıfına verilmiştir. Tek parametrelilik duyarlılık analizi kullanılmıştır.

Yılmaz ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen “Çorum İli Taşkın Tehlikesinin Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi” adlı çalışmada Çorum ilinin sel ve taşkın riski ÇKKVY’den AHS ile incelenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, kullanılacak veri seti yağış, AKÖ, jeoloji, yükseklik, eğim, bakı, akarsulara uzaklık, alt havzaların büyüklüğü, alt havza şekli olarak belirlenmiştir. Belirlenen veri seti içerisinde her veri ikili karşılaştırma ile gruplandırılmış ve ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları 1 çok yüksek 5 çok düşük olmak üzere beş sınıfta gruplandırılmıştır. Oluşturulan tehlike haritasının doğruluğu geçmiş taşkınlarla karşılaştırılarak ispatlanmıştır. Bunun sonucunda tehlike haritasının oluşabilecek sel ve taşkınlardan etkilenebilecek alanlar hakkında gerçekçi bir yaklaşım sunduğu düşüncesine ulaşılmıştır.

Romdani ve arkadaşları (2018) tarafından gerçekleştirilen “Development Of Flash Flood Hazard Map in Bima City (Ntb) Using Analytical Hierarchy Process” adlı çalışmada ÇKKVY yöntemlerinden biri olan AHS metodu kullanılarak bir sel tehlike haritası oluşturmaya yöneliktir. Bu yöntemde ele alınan 4 parametreye ve alt katmanlarına ağırlık değerleri atanmıştır. Risk haritası ağırlıklı doğrusal kombinasyonlardaki faktörleri birleştiren bir algoritma kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca bölgenin yağış faktörü de duyarlılık analizi ile analiz edilerek taşkın indeksiyle birleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan veriler DEM, topografya, yağış, arazi örtüsü ve havza haritasıdır. Çalışma sonucunda Bima şehrine ait sel tehlike haritası üretilmiştir.

Taş (2018) tarafından gerçekleştirilen “CBS Kullanılarak Taşkın Risk Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Çay Deresi Havzası” adlı çalışmada Afyonkarahisar Çay Deresi Havzasının taşkın risk potansiyelinin değerlendirilmesi CBS yöntemleri ile ArcGIS 10.3 yazılımında ağırlıklı karşılaştırma/bindirme analizi kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan veriler yükseklik, eğim, bakı, alt havza durumu, yağış, toprak tipi, arazi örtüsü, yeraltı suyu seviyesi (YASS), nehir ağına yakınlık, drenaj ve nüfus yoğunluğudur. Harita Genel Komutanlığından alınan 1/25000 ölçekli, çözünürlüğü yaklaşık 10 m olan harita ile sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılmıştır. SYM üzerinde havza çıkış

noktası Eber gölü olacak şekilde havza sınırı belirlenmiştir. SYM havza sınırı ile kestirilerek nehir ağı elde edilmiş ve alt hazlar çizdirilmiştir. Oluşturulan bütün katmanlar çay deresi havza sınırı ile sınırlandırılmıştır. Raster yüzey analizleri ile çalışma alanının solar radyasyon ve kar erime miktarı açısından eğim bakı durumu SYM verisinden türetilmiştir. Yüzeysel akış açısından arazi örtüsü katmanı Avrupa Çevre Ajansı (EEA) CORINE 2006 veri tabanından alınmıştır. Çay deresi havzası alansal yağış katmanı oluşturulurken, ortalama yıllık toplam yağış verileri Akarçay havzası ve sınırı civarındaki 26 yağış gözlem istasyonunun Spline enterpolasyon yöntemi ile kullanılmıştır. Yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Devlet Su İşleri'nden (DSİ) alınmıştır. Hidrolojik toprak grubu (HTG) toprak tipi katmanı olarak çalışma alanında sızmanın modele dâhil edilmesi için kullanılmıştır. Bu katman, zemin türü ve sızma miktarına göre oluşturulurken USDA Soil Conservation Service (1986) raporu göz önüne alınmıştır. SoilGrids veri tabanından Zemine ait kil, kum ve silt oranları alınmıştır. Sondaj ve kuyu verilerinin enterpolasyonu ile noktasal arazi verisi elde edilmiş YASS katmanı, DSİ'nden elde edilmiştir. YASS zeminden 10 m ve daha az derinlikte olanlar dikkate alınmıştır. Nehir ağına yakınlık katmanı 0,25; 0,5; 1; 2 ve 5 km mesafeleri için oluşturulmuştur. Kernel yoğunluk fonksiyonu kullanılarak drenaj yoğunluğu katmanı türetilmiştir. Nüfus yoğunluğu oluşturulurken Çay ilçe merkezi sınırları dikkate alınmıştır ve 2017 yılına ait Türkiye İstatistik Kurumundan elde edilen nüfus verileri kullanılmıştır. Çalışmanın son kısmında girdi katmanlarının CBS ortamında ağırlıklı çakıştırma analizi yöntemi ile işlenmesi ve çözümlemesi sonucunda taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda sel ve taşkın için yüksek risk taşıyan bölgelerin mansap kısmındaki düz araziler, akarsu kollarının birleşim kısımları ve akarsuyun büyük açılarla yön değiştirdiği bölümler olduğu belirlenmiştir.

Tokgözlü ve Özkan (2018) tarafından gerçekleştirilen “Taşkın Risk Haritalarında AHS Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği” adlı çalışmada havzanın ASTER Global v2'ye ait 30 m mekansal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri ile taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Harita Genel Komutanlığı'ndan alınan 1/25.000 ölçeğindeki 68 adet pafta sayısallaştırılmıştır. Çalışma alanına ait yersel veriler aralarında resmi kuruluşlarında bulunduğu anonim kaynaklardan elde edilmiştir. ArcGIS programının, ArcMap, ArcCatalog ve ArcHydro ara yüzleri kullanılarak elde edilen verilerin sayısallaştırma, analiz ve haritalama işlemleri yapılmıştır. Veri seti olarak yağış, eğim,

akarsuya mesafe, litoloji, toprak, arazi kullanımı-bitki örtüsü kullanılmış ve kullanılan faktörlerin etki dereceleri AHS ile belirlenmiştir. Elde edilen katsayı sonuçları ve önem dereceleri ayrı olarak değerlendirilip ArcGIS 10.4 programının ArcMap öznetelik veri tabanına işlenmiştir. Son olarak taşkın risk haritası “Spatial Analysis- Map Algebra Tools” kullanılarak elde edilen değerlerin çakıştırılması ile elde edilmiştir. Çalışma sonucunda riskli alanlar tespit edilerek öneriler sunulmuştur.

Lin ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen “Urban Food Susceptibility Analysis using a GIS-Based Multi-Criteria Analysis Framework” adlı çalışmada araştırmacılar taşkın risk haritasını CBS mekânsal analiz araçları ve AHS metodu kullanarak oluşturmuşlardır. Veri seti olarak coğrafi veriler ve istatistik verileri kullanılmıştır. AHS metodu CBS ortamında haritalama için normalleştirme yöntemiyle her bir parametrenin ağırlığını hesaplamak için kullanılmıştır. Faktörlerin ağırlık değerleri literatür, 12 kişilik uzman görüşü ve tarihi veri kullanımı ile belirlenmiştir. Yapılan tutarlılık analizlerinde sonuç 0,053 ile tutarlı bulunmuştur. Yağış parametresinin uzamsal dağılımı kriging enterpolasyon tekniği kullanılarak işlendikten sonra tüm katmanlar CBS ortamında görselleştirilmiştir.

Talha ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen “Prediction of Flash Flood Susceptibility using Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) Algorithms And GIS: A Study Case of Guelmim Region in Southwestern of Morocco” adlı çalışmada bulanık analitik hiyerarşi süreci algoritmaları ve CBS kullanarak sel ve taşkın duyarlılığını incelemiştir. Veri seti; eğim, toprak, drenaj yoğunluğu, yükseklik, toprak nemi indeksi, arazi kullanımı ve yağış olmak üzere 7 faktörden oluşmaktadır. CBS ortamında Landsat 8 OLI ve DEM verileri kullanılmıştır. İlk olarak ArcGIS ortamında faktörlere ait haritalar oluşturulmuş. AHS kullanılarak faktörlere ağırlık değerleri atanmış ve 0'dan 1'e kadar faktörler bulanık AHS ölçeğine dönüştürülmüştür. Bulanık kriterler ile AHS değerleri çarpılarak sel ve taşkın duyarlılık haritaları üretilmiştir.

Tanrıverdi (2019) yılında gerçekleştirdiği “CBS tabanlı ÇKKVY ile Şanlıurfa İl Merkezi'nin Taşkın Alanlarının Belirlenmesi” adlı çalışmada CBS ve AHS kullanarak Şanlıurfa il merkezinin taşkın risk alanlarını belirlenmiştir. AHS'de parametrelerin ölçütleri literatür araştırmaları sonucunda belirlenmiştir. Yağış haritası IDW ile oluşturulmuştur. Arazi kullanım haritası olarak 2012 CORINE haritası kullanılmıştır ve harita üzerinde gerekli güncellemeler yapılmıştır. DEM verisi kullanılarak eğim, yükseklik ve bakı

haritaları oluşturulmuştur. Drenaj ağları ArcHydro modülü ile oluşturulmuştur. Bütün kriterlerin birlikte analiz edilebilmesi için doğrusal ölçek dönüşümü ile normalleştirme işlemi yapılmıştır. Normalleştirme işleminden sonra ArcGIS'te çakıştırma (overlay) analizi yapılmıştır. Sonuç haritasının daha anlaşılır hale getirilmesi için ArcGIS ortamında eşit aralıklı sınıflandırma (equal interval) yapılmıştır.

Toosia ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen “River Basin-Scale Flood Hazard Assessment using a Modified Multi-Criteria Decision Analysis Approach: A Case Study” adlı çalışmada İran'ın kuzeydoğusundaki bir havza için ayrıntılı sel riski haritası sunulmaktadır. Veri seti olarak 7 faktör seçilmiştir. Sel potansiyeli bölgelerini tanımlamak için, tüm tematik katmanlar ve normalize edilmiş ağırlıkları ArcGIS yazılımı kullanılarak entegre edilmiştir. Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (WLC) kullanılarak, farklı özelliklerin toplam normalleştirilmiş ağırlıkları, entegre raster katmanına yerleştirilmiştir. Taşkın tehlike haritasını üretmek için AHS kullanılmıştır. Taşkın eğilimli alanı tanımlamak için SWAT'a dayalı bir taşkın risk endeksi kullanılmıştır.

Umar ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen “A Multi-Criteria Decision Support System in the Analysis Of Flood Risk and Vulnerability Mapping in Suleja, Niger State, Nigeria” adlı çalışmada taşkın duyarlılık haritası oluşturmak için ÇKKVY'den AHS metodu CBS ile entegre olarak kullanılmıştır. Yağış haritası krikling enterpolasyon ile elde edilmiştir. Veri seti olarak yağış, drenaj yoğunluğu, toprak, yükseklik, eğim, arazi kullanımı olmak üzere 6 faktör belirlenmiş ve her biri ArcGIS ortamında haritalandırılmıştır. Her veri katmanı aynı piksel boyutuna sahip raster veriye dönüştürüldükten sonra AHS ağırlıkları referans alınarak çakıştırılmış ve taşkın risk haritası ortaya konmuştur.



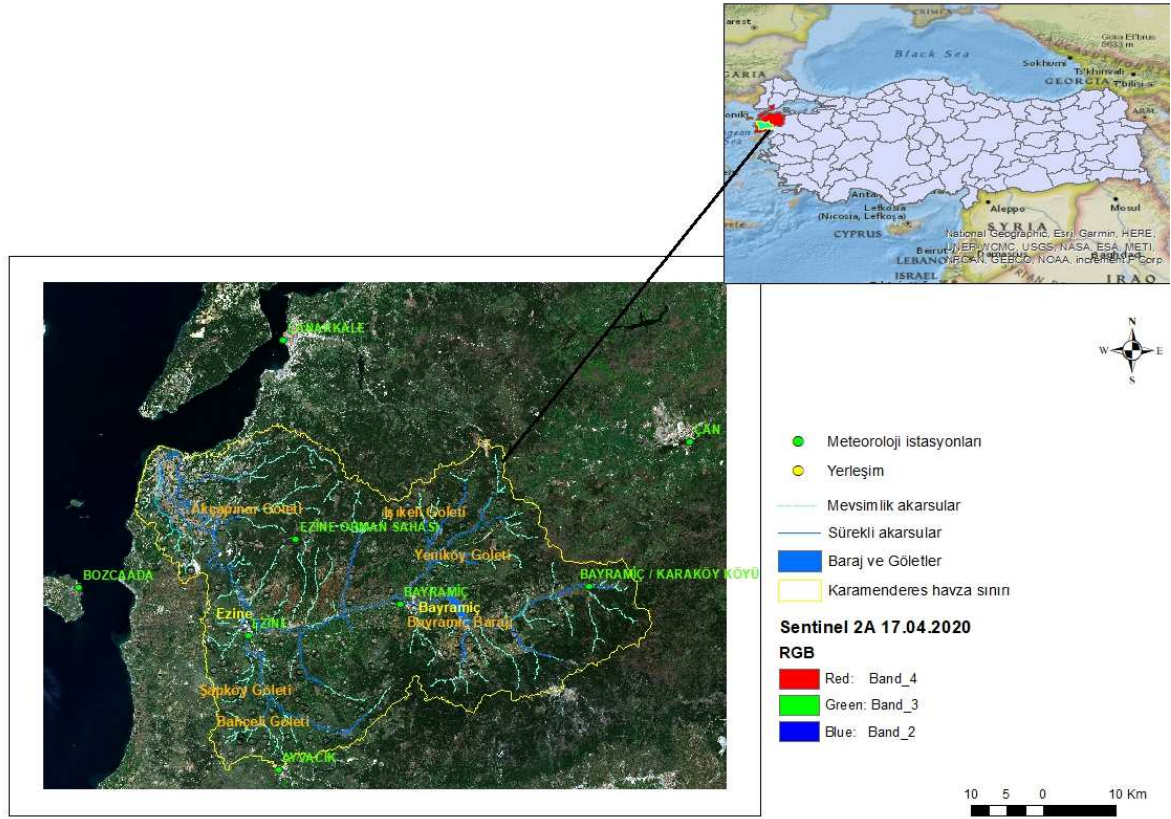
## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan materyaller ve yöntem detaylı biçimde ele alınmıştır. Çalışmada meteorolojik ve jeolojik veriler, uzaktan algılama verileri kullanılmıştır. Kullanılan verilerden elde edilen kriterler; yağış, geçirimsizlik, eğim, bakı, yükseklik, akarsuya mesafe ve AKÖ'dür. Kriterler ve her kritere ait alt kriterler AHS ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu elde edilen ağırlık değerleri ile CBS ortamında aylık ve genel sel ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur.

#### 3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Şekil 1 de gösterilen Çanakkale ili Karamenderes Havzası olup coğrafi konum bakımından  $26^{\circ}11'39.68''$  -  $26^{\circ}35'06.43''$  doğu meridyenleri ve  $40^{\circ}00'05.72''$  -  $39^{\circ}48'26.44''$  kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Karaman vd., 2018). Karamenderes Havzası Çanakkale Merkezin güneybatı kısımları ile Bayramiç ve Ezine ilçelerinin çoğunu ve Ayvacık ilçesinin kuzey kısımlarını kapsamaktadır. Çalışma alanı yüzölçümü olarak  $1991 \text{ km}^2$  alanı kaplamaktadır (Akbulak, 2010).



Şekil 1. Çalışma alanı, Çanakkale ili Karamenderes Havzası

Havza, az eğimli ve çok yüksek olmayan bir arazi olmasına rağmen güneydoğusunda eğimli ve yüksek alanlar bulunmaktadır (Karaman vd., 2018). Havzanın tarımsal faaliyet için kullanılan alanı %39,8'lik bir alanı kapsamaktadır (Çetinkaya ve Sümer, 2013; Akbulak vd., 2011). Havza içerisinde; Akçın Göleti, Bayramiç Barajı, Örenli Gölet'i, Işıkeli Göleti, Dümrek Göleti (Civler), Bayramiç Yeniceköy Köylüçay Göleti, Bayramiç Çırpılar Göleti, Bahçeli (Arasanlı) Göleti, Yeniköy Baraj Göleti, Şapköy ve Yassıbağ göletleri bulunmaktadır (DSİ, 2018).

Çalışma alanında Karadeniz ikliminden Akdeniz iklimine bir geçiş iklimi olarak bilinen Marmara İklimi yaşanmaktadır (Şensoy vd., 2008; Karaman vd., 2018).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) uzun yıllar verilerine göre hava sıcaklığının en yüksek olduğu dönem yaklaşık 26°C ile Temmuz ve Ağustos aylarında, en soğuk dönem ise 6°C ile Ocak ayında yaşanmaktadır. En yağışlı dönem yaklaşık 88 mm ile Ocak ayında

yaşanırken, en kurak dönem ise yaklaşık 8 mm aylık toplam yağış ile Ağustos ayında yaşanmaktadır.

Çalışma alanında geçmiş dönemlerde tahribat etkisi yüksek sel ve taşkınlar meydana gelmiştir. Bu doğrultuda web ortamında geçmiş tarihli haberler taranmış ve meydana gelen sel ve taşkınlar kronolojik olarak Tablo 2’de gösterilmiştir. Bölgede tarihsel olarak 2010 Şubat ve Mart, 2012 Mart ve Aralık, 2013 Ocak, 2015 Ağustos, 2016 Ocak, 2017 Temmuz ve 2018 Şubat’ta yıkıcı etkisi fazla sel ve taşkınlar olmuştur.

Havza sınırlarında bulunan sulama, içme suyu ve taşkın önleme amaçları ile kullanılan Bayramiç baraj gölünün maksimum alanı yaklaşık 6,1 km<sup>2</sup> ve ortalama derinliği 8-10 metredir (Akbulut vd., 2006; Çolakoğlu ve Akyurt, 2013). Göle su girişi Karamenderes, Çavuşoğlu ve Ayazma Çayları ile olmaktadır. Baraj gölünün kıyı kesimlerinde sazlık, çalı ve ot gibi bitki örtüsü bulunurken etrafında tarım arazileri mevcuttur (Çolakoğlu ve Akyurt, 2013). Bayramiç barajının temel özellikleri Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Bayramiç Baraj Gölü Temel Özellikleri (Akbulut vd., 2006)

Bayramiç Barajı	Özellikler
Aktif Hacim	83 hm <sup>3</sup>
Toplam Gövde Hacmi	4,0 hm <sup>3</sup>
Yıllık Ortalama Su	460 m <sup>3</sup> /yıl
Tipi	Zonlu Toprak Dolgu
Yağış Alanı	435 km <sup>2</sup>
Toplam Depolama Hacmi	86,5 hm <sup>3</sup>
Yüksekliği (Temelden)	55,5 m
Kret Uzunluğu	685 m
Yüksekliği (Talvegten)	61 m
Dolu Savak Debisi	880 m <sup>3</sup> /sn

Tablo 2. Geçmiş dönem taşkın tarihleri

Taşkın	Akarsu Adı	Erişim Adresi
10.02.201	Atikhisar	<a href="https://www.canakkaleicinde.com/atikhisar-ve-bayramic-">https://www.canakkaleicinde.com/atikhisar-ve-bayramic-</a>
27.02.201	Göveren	<a href="https://www.dunyabulteni.net/arsiv/canakkalede-sel-">https://www.dunyabulteni.net/arsiv/canakkalede-sel-</a>
12.3.2012	Çamlık	<a href="http://www.comuhaber.com/2012/12/03/yagmur-yagdi-">http://www.comuhaber.com/2012/12/03/yagmur-yagdi-</a>
02.12.201	Karamendere	<a href="https://www.trthaber.com/haber/turkiye/canakkalede-sel-">https://www.trthaber.com/haber/turkiye/canakkalede-sel-</a>
19.01.201	Tabaklar	<a href="http://www.halkinhabercisi.com/canakkaleyi-sel-ve-lodos-">http://www.halkinhabercisi.com/canakkaleyi-sel-ve-lodos-</a>
07.08.201	Karamendere	<a href="https://www.mynet.com/bayramici-yaz-yagmuru-vurdu-">https://www.mynet.com/bayramici-yaz-yagmuru-vurdu-</a>
17.01.201	Karamendere	<a href="https://www.sondakika.com/haber/haber-kazdaglari-ndan-">https://www.sondakika.com/haber/haber-kazdaglari-ndan-</a>
18.07.201	Akçin Çayı	<a href="https://canakkalegundem.net/2017/07/18/canakkale-">https://canakkalegundem.net/2017/07/18/canakkale-</a>
28.02.201	Koçeli Köyü	<a href="https://www.yeniasir.com.tr/ege/canakkale/2018/02/28/ezi">https://www.yeniasir.com.tr/ege/canakkale/2018/02/28/ezi</a>
02.02.202	Bayramiç	<a href="https://www.trthaber.com/haber/turkiye/canakkalede-">https://www.trthaber.com/haber/turkiye/canakkalede-</a>

### 3.2 Uzaktan Algılama Verileri ve İşlenmesi

Çalışmada havzaya ait SYM, Harita Genel Komutanlığı (HGK)'ndan temin edilen 1/25000 ölçekli 10 m'de bir sayısallaştırılan topografik haritaların eşyüksekti eğrilerinden üretilen 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip verilerinden üretilmiştir. Üretilen SYM verisinden CBS ortamında bölgenin topografik özellikleri (eğim, bakı, yükseklik) ve akarsuya mesafe katmanı oluşturulmuştur.

Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) web veri dağıtım ortamından (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>) temin edilen, teknik özellikleri Tablo 3'te verilen Sentinel 2A uydu görüntüleri arazi kullanımı ve örtüsü haritasının oluşturulması için kullanılmıştır. Kullanılan uydu görüntüleri bulutluluk durumuna göre tahribat etkisi yüksek sel ve taşkınların olduğu tarihlerin öncesi ve sonrasında seçilmiştir. Arazi örtüsü ve kullanımı haritasını oluşturmak için 17 Nisan 2020 tarihli Sentinel 2-A uydu görüntüsü kullanılmıştır. Sel ve taşkın risk haritalarının doğrulaması için 2 Temmuz 2017, 22 Temmuz 2017, 7 Şubat 2018, 4 Mart 2018 Sentinel 2-A uydu görüntülerinden elde edilen NDWI görüntüleri kullanılmıştır.

Sentinel 2-A görüntüsünün, 20 metre mekânsal çözünürlükteki kırmızı kenar ve Kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve 60 metre çözünürlüğe sahip 3 atmosferik bandının mekânsal çözünürlüğünün 10 m'ye yükseltilmesi için füzyon yöntemi uygulanmıştır. Numerik yöntemlerden NNDiffuse (Nearest Neighbor Diffusion Based Pansharpening) pankeskinleştirme yöntemi görüntü füzyonunda uygulanmıştır.

SYM'den elde edilen Karamenderes havza sınırı vektör verisi kullanılarak Sentinel 2-A uydu görüntüsü havza sınırına göre kesilerek alansal olarak yeniden boyutlandırılmıştır. Kullanılan Sentinel 2-A görüntülerinin geometrik düzeltmeleri görüntülerin sağlayıcısı ESA tarafından yapılmaktadır (Özelkan vd., 2018).

Ayrıntılı arazi kullanımı ve örtüsü, 17 Nisan 2020 tarihli Sentinel 2-A uydu görüntüsü kullanılarak Destek Vektör Makinaları (DVM) eğitilmiş sınıflandırma tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden biri olan DVM sınıflandırma ve örüntü tanıma problemlerinin çözümünde kullanılır (Cortes ve Vapnik, 1995; Ayhan ve Erdoğan, 2014). Vapnik tarafından geliştirilen DVM yapısal risk minimizasyonu prensibine dayanmaktadır (Bulut ve Günlü, 2016). Çalışma alanı su, tarım alanı, orman, çayır-çimen, boş arazi, yapay alanlar ve toprak yol olmak üzere toplam 7 sınıfa ayrılmıştır. 210 adet yer kontrol noktası uydu görüntülerinden homojen dağılımlı ve rastgele olacak şekilde belirlenmiştir. Arazi kullanımına ait sınıflandırmanın doğruluğu sırasıyla Kappa katsayısı ve genel doğruluk ölçekleri ile değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Sentinel 2-A teknik özellikleri (<https://blog.esri.com.tr/?s=sentinel+2a>)

Bant	Bant Adı	Merkezi Dalga Boyu (nm)	Bant Geniřliđi (nm)	Konumsal Çözünürlük (m)
1	Mavi- Aerosol tespiti	443	20	60
2	Mavi	490	65	10
3	Yeşil	560	35	10
4	Kırmızı	665	30	10
5	NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	705	15	20
6	NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	740	15	20
7	NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	783	20	20
8	NIR	842	115	10
8A	NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	865	20	20
9	NIR - SWIR – Su Buharı	945	20	60
10	SWIR - Sirüs	1375	30	60
11	Kar/Buz/Bulut Ayrımı	1610	90	20
12	<u>SWIR-Kar/Buz/Bulut Ayrımı</u>	190	180	20

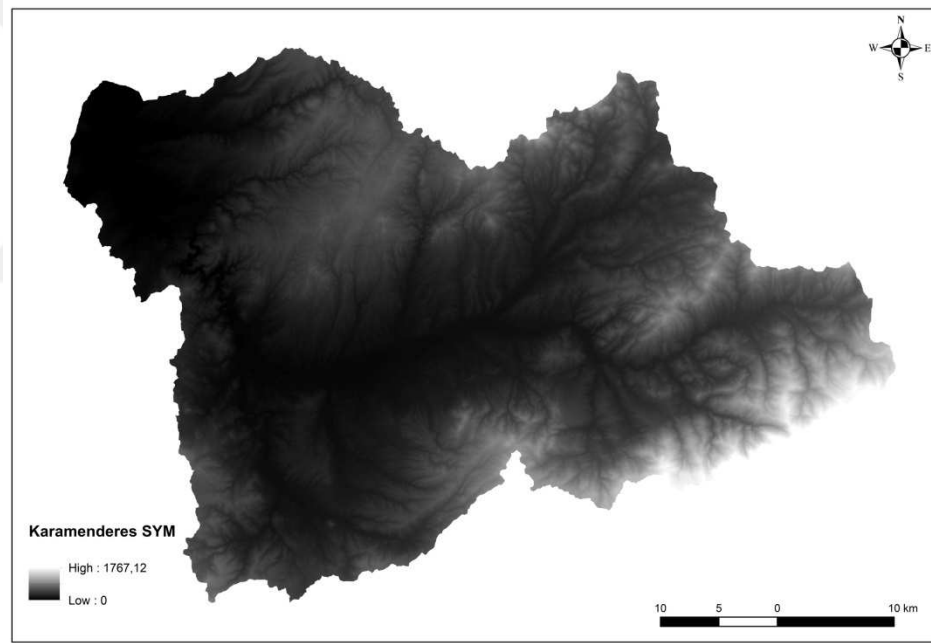
Normalleştirilmiş fark su indeksi (NDWI) uydu görüntülerinden elde edilen ve yüzey suyu haritalaması ve görüntülemesinde kullanılan bir yöntemdir (Özelkan, 2020; Rad vd., 2021). Literatürde NDWI hesaplamaları için iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. 1996’da McFeeters yeşil ve yakın kızılötesi (NIR) spektral bantlarındaki farkı kullanarak su piksellerini belirleyen bir yaklaşım önerirken 2006’da Xu yeşil ve kısa dalga kızılötesi (SWIR) bantlarını kullanan modifiye NDWI (MNDWI) yaklaşımını önerdi. Bu çalışmada

Mcfeters tarafından ortaya konan yaklaşım kullanılmıştır. Bu yöntemle göre NDWI denklemi (1) Sentinel 2 verileri için bant 3 ve bant 8 kullanılmaktadır (Li vd., 2013)

$$NDWI_{(Yeşil, NIR)} = (Yeşil - NIR)/(Yeşil + NIR) \quad (1)$$

### 3.3. Topografik Veri ve İşlenmesi

Karamenderes Havzasına ait 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip SYM elde edilirken, Harita Genel Komutanlığı (HGK)'na ait 1/25000 ölçekli, 10 m'de bir sayısallaştırılmış topografik haritalar temin edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çanakkale Karamenderes Havzası SYM

Oluşturulan SYM üzerinden bölgeye ait akarsuya mesafe ve eğim, baki, yükseklik haritaları CBS ortamında oluşturulmuştur. Ayrıca oluşturulan SYM, çalışma alanının drenaj ağı, akış yönleri, akış birikimi, alt havza sınırlarının ve akarsu havza sınırının oluşturulmasında kullanılmıştır.

SYM'den elde edilen akarsu ağının doğru olması için ilk önce çukur ve tepe hatalarının giderilmesi gerekmektedir (Özalp, 2009) SYM hataları; kaynağı, referans noktaları, referans alınan verinin ölçeği ve çözünürlüğü, ölçü kalitesi vb. sebeplerden kaynaklanır ve SYM'nin kalitesini etkiler (Erdoğan ve Toz, 2009; Özalp, 2009). Akarsu ağının doğru olması için mevcut hatalar SYM iyileştirme işlemi yapılarak giderilmiştir.

SYM iyileştirme yapıldıktan sonra akış yönleri belirlenmiştir. Bu işlem için ArcGIS yazılımının spatial analysis modülünün flow direction (Akış yönü) aracı kullanılmıştır. Bu araç D8 algoritması ile çalışmaktadır (Barbosa vd., 2019). D8 algoritmasına göre akışın gerçekleşebileceği 8 komşu hücre ile ilgili 8 çıkış yönü vardır ve akış bu yönlerden yalnızca birine doğru gerçekleşir (Jenson ve Domingue, 1988; Öztürk ve Kılıç, 2013). ArcGIS yazılımında bu yönler 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 sayıları ile gösterilir (Özalp, 2009).

Akış yönlerinin belirlenmesinden sonra akış toplamı hesaplanmıştır. Her hücre için akış birikimi o hücreden kaç hücre aktığına göre hesaplanır (Reis ve Dindaroğlu, 2020). Akış birikimi değeri büyük olan alanlar “vadi” olarak tanımlanır ve bu alanların yüzey akışını oluşturmak daha kolaydır. 0 değeri hücrenin daha yüksek bir konumda olduğunu belirtir ve “sırt” olarak tanımlanır (Demirkesen, 2003). Bu işlemde girdi verisi olarak akış yönü işleminin çıktı haritası kullanılmıştır. Son işlem olan stream order (Akış sırası) uygulaması ile akarsu ağındaki bütün kollara sayısal bir sıra verilmiştir. Bu işlem Strahler yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Strahler tarafından geliştirilen sisteme göre, birinci dereceden nehirler en dıştaki kollardır. Aynı sıradaki iki akış birleşirse, ortaya çıkan akışa bir yüksek olan sayı verilir ve farklı akış sıralarına sahip iki nehir birleşirse, ortaya çıkan akışa iki sayıdan en yüksek olanı verilir (Uyar ve Öztürk, 2018).

Akarsu ağı oluşturulduktan sonra akarsuların etrafında belirli aralıklarla tampon bölgeler oluşturulmuştur. Bu işlem için çoklu halka tampon (multiple ring buffer) analizi kullanılmıştır. Tampon bölgeler nehir yatağının maksimum genişliğinin ortalaması alınarak 50, 100, 200, 500, 1000 m olarak sınıflandırılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, nehir yatağının en geniş sınırlarına yerleşim ve tarım arazilerinin mesafesi göz önüne alınarak tampon bölgelerin sınıflandırması yapılmıştır (Franci vd., 2016; Kabange vd., 2017)



### 3.4. Meteorolojik Veriler ve İşlenmesi

Çalışma alanı ve çevresine ait günlük toplam yağış, aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık, günlük ortalama sıcaklık ve günlük maksimum rüzgâr yönü ve hızı verileri T.C. Orman ve Su İşler Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) elde edilmiştir. Çalışmada veri alınan meteoroloji istasyonları havzayı kaplayacak şekilde seçilmiş olup Bayramiç, Ezine, Ayvacık, Çanakkale, Bozcaada, Yenice, Çan olmak üzere toplam 7 adettir. Kullanılan meteoroloji istasyonlarının konum bilgileri Tablo 4'te belirtilmiştir. Kullanılan meteoroloji istasyonlarının harita üzerinde gösterimi çalışma alanı bölümünde bulunan Şekil 1'de yapılmıştır.

Tablo 4. Kullanılan İstasyonlar ve Koordinat Bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (derece)	Boylam (derece)	Rakım (m)	Veri alınan yıl aralığı	Toplam veri alınan yıl
626 ve 18436	Bayramiç	39,8147	26,5906	92	1970-1986/1988-1992/2014-2020	29 yıl
3481 ve 17671	Ezine	39,7739	26,3456	73	1977-1986/1988-1994/2014-2020	22 yıl
3668 ve 18435	Ayvacık	39,6081	26,3958	431	1976-1993/2014-2020	25 yıl
17112	Çanakkale	40,141	26,3993	6	1970-2020	51 yıl
17111	Bozcaada	39,8326	26,0728	30	1970-2020	51 yıl
18085-3122	Yenice	39,9344	27,2661	252	2005-2020	16 yıl
18437-779	Çan	40,0161	27,0564	139	2013-2020	8 yıl

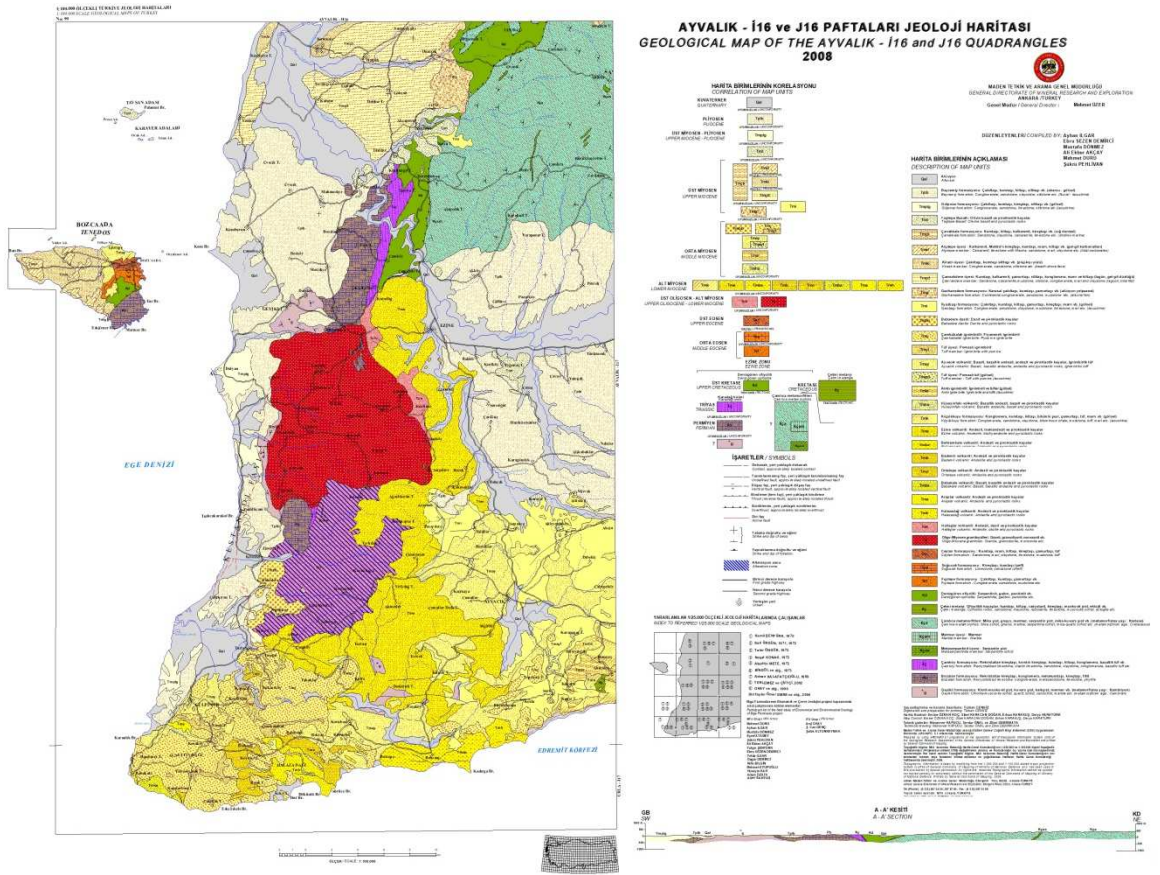
Yağış dağılım analizi yapılırken deterministik yaklaşımlardan radyal tabanlı fonksiyon (RBF) yöntemi kullanılmıştır. Mevcut çalışmalar çok boyutlu dağınık verilerin enterpolasyonu için kullanılan ve gerçek değerli bir fonksiyon olarak girdi ve sabit noktalar arasındaki mesafeye bağlı olarak çalışan RBF'nin meteorolojik verilerin enterpolasyonu

için uygun olduğu kanıtlanmıştır (Palaseanu vd., 2008; Fujisaki vd., 2010). Her ay için oluşturulan sel ve taşkın risk haritaları için kullanılan girdi verileri uzun yıllar ortalama aylık toplam yağış verileri olup veri alının yıllar Tablo 4’te belirtilmiştir. Yıllık sel ve taşkın risk haritası için uzun yıllar aylık toplam yağışın yıllık ortalama verisi kullanılmıştır.

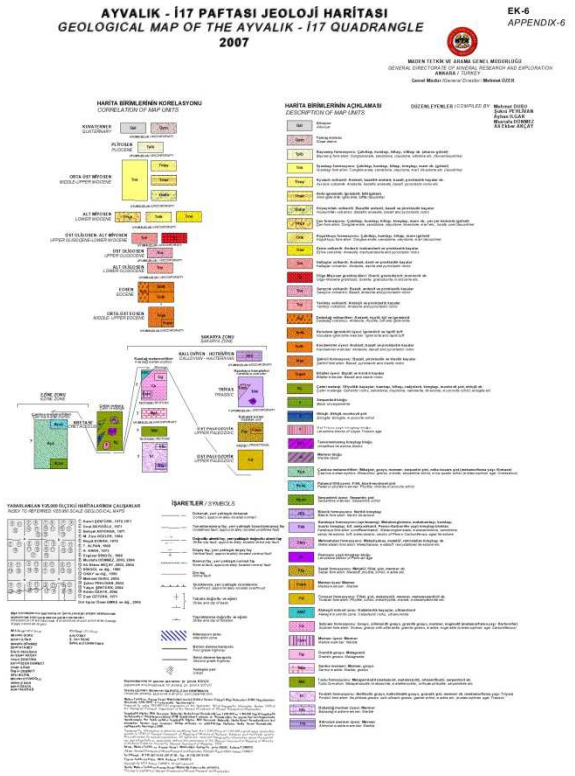
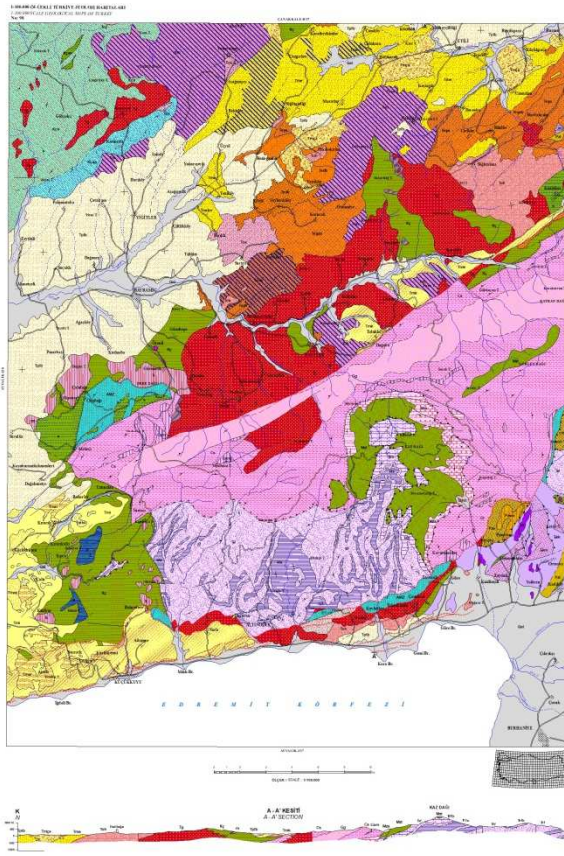
Taşkın dönemlerine ait risk haritalarının oluşturulmasında kullanılan girdi verileri taşkın gününe kadar aylık toplam yağış verileri olup tarihleri sırasıyla Ocak 2016, Temmuz 2017 ve Şubat 2018’dir.

### **3.5. Jeolojik Veriler ve İşlenmesi**

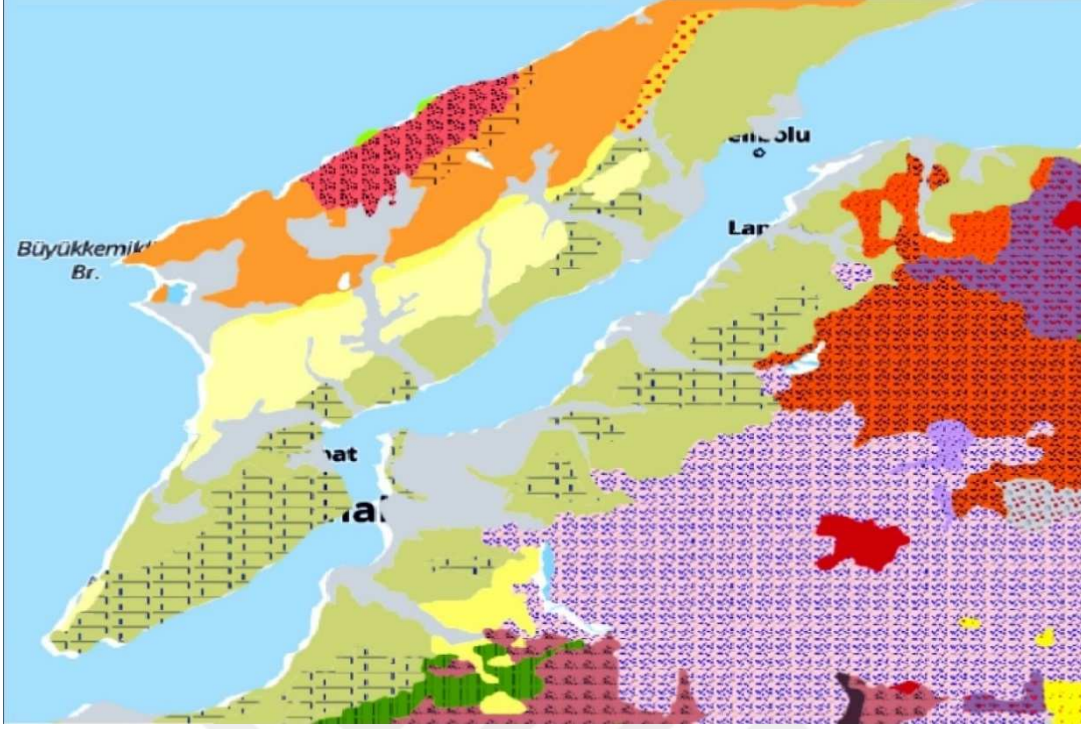
Havza içerisindeki litolojik birimlerin geçirimsizlik özelliklerine göre hidrojeolojik durumlarının belirlenmesinde ve geçirimsizlik haritası oluşturulmasında kullanılmak üzere Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nden (MTA) elde edilen 1/100.000 ölçekli vektör jeoloji haritasının I16, I17, H16 ve H17 paftaları kullanılmıştır. Şekil 3’te I16 ve J16 paftaları, Şekil 4’te I17 gösterilmektedir. Şekil 5 ‘te gösterilen H16 ve H17 paftaları MTA.gov.tr online sayfasından alınarak CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Kullanılan paftalar sonrasında CBS ortamında mozaik yapılmıştır.



Şekil 3. Ayvalık I16 ve J16 paftaları jeoloji haritası



Şekil 4. Ayvalık I17 paftası jeoloji haritası



Şekil 5. Jeoloji H16, H17 paftaları

### 3.6. Analitik Hiyerarşi Süreci

AHS, Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen karar verme problemlerinde var olan problemi temel hedef ve çok sayıda alt ölçüt ile hiyerarşik bir düzen içerisinde çözümlen ÇKKVY'den biridir (Malczewski, 1999; Tokgözlü ve Özkan, 2018). Bu yöntem uygulama kolaylığı ve yorumlayıcı yaklaşımı ile pek çok karar verme aşamasında tercih edilmektedir (Saaty, 1988; Tanrıverdi, 2019). Temel olarak aşağıda belirtilen 4 aşamadan oluşur (Ünal, 2012);

1. Problem ait değerlendirme ölçütleri ve alternatiflerin belirlenmesi
2. Karşılaştırma ve önceliklerin belirlenmesi
3. Sentez
4. Doğruluk analizleri

İlk aşamada değerlendirme ölçütleri ve alternatifler, diğer bir deyişle karar noktaları ve bu noktaları etkileyen faktörler belirlenir (Yaralıoğlu, 2001).

İkinci aşamada karşılaştırma yapılarak, ilk unsur ile karar parametrelerinin ikili karşılaştırmasının yapılabilmesi için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 2000). Bu matris oluşturulurken, Tablo 5'te belirtilen ve Saaty tarafından önerilen ikili karşılaştırma ölçeği kullanılır. AHS'de çoklu ikili karşılaştırmalar, dokuz seviyeli standartlaştırılmış bir karşılaştırma ölçeğine dayanmaktadır (Saaty, 1997).

Tablo 5. AHS hiyerarşi tablosu (Saaty, 1977; Tokgözlü ve Özkan, 2018)

Önem değerleri	Değer tanımları
1	İki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. Faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. Faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. Faktörden çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. Faktöre göre mutlak üstün olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

İkili karşılaştırma matrisinde 1. özelliğin 2. Özelliğe üstünlüğü  $a_{12}$  değeri ile 2. özelliğin 1. özelliğe üstünlüğü olan  $a_{21}$  için  $1/a_{12}$  eşitliği ile gösterilir. Bu özelliğe, karşılık olma özelliği (1) denir. (Dağdeviren vd., 2004)

$$A=(a_{ij})_{n*n} \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Üçüncü aşamada normalize edilmiş matris, karar matrisindeki her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesi (2) ile elde edilir (Dağdeviren vd., 2004).

$$\begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & \cdots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dördüncü aşamada amaç öncelik vektörünün elde edilmesidir. Bunun için normalize edilmiş matristeki her bir satırın aritmetik ortalaması alınır (Ustasüleyman ve Perçin, 2007). Çıkarılacak sonuçlarda toplamın 1 olması gerekmektedir (Ömürbek ve Şimşek, 2014).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3)$$

$a_{ij}$  = Her bir değer

$\sum_{i=1}^n a_{ij}$  = sütun toplamı

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (4)$$

Son aşamada karar verici karşılaştırma matrisini oluştururken tutarlı olup olmadığını ölçmektedir (Ömürbek ve Şimşek, 2014). Formül (5) uygulanarak yapılan hesaplamaların sonucu 0,10'dan küçük ise karşılaştırma matrisi tutarlıdır (Dağdeviren vd., 2004; Shi ve Zhou, 2009).

$$\text{Uyum oranı(CR)} = \frac{CI(\text{uyum indeksi})}{RI(\text{rastgele indeks})} \quad (5)$$

Formüle göre Uyum indeksinin (CI) hesaplanmasında formül (6) kullanılır (Shi ve Zhou, 2009).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (6)$$

Burada 'n' kriter sayısını ifade ederken 'λ' lamda değeridir.

Lamda değeri hesaplanırken öncelikle karşılaştırma matrisindeki (A) değerler ile öncelik vektöründeki (w) değerler çarpılarak 'd' sütun vektörü' elde edilir (Güngör ve İşler, 2005). Elde edilen d sütun vektörü aşağıdaki formüllerde kullanılarak lamda değeri elde edilir (Ömürbek ve Şimşek, 2014).

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (8)$$

RI değeri kriter sayısına göre değişmektedir ve değerleri Tablo 6'da gösterilmektedir (Karaçannidi vd., 2010).

Tablo 6. RI değerleri (Ömürbek ve Şimşek, 2014)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57	1.59

Son aşama olan sentez aşamasında ise tüme varım ile öncelikler belirlenir (Saat., 2000).

Çalışmada her parametreye ait ağırlık değeri ve önem sıralaması geçmiş sel ve taşkınlar ve literatür araştırmaları ile belirlenmiştir.

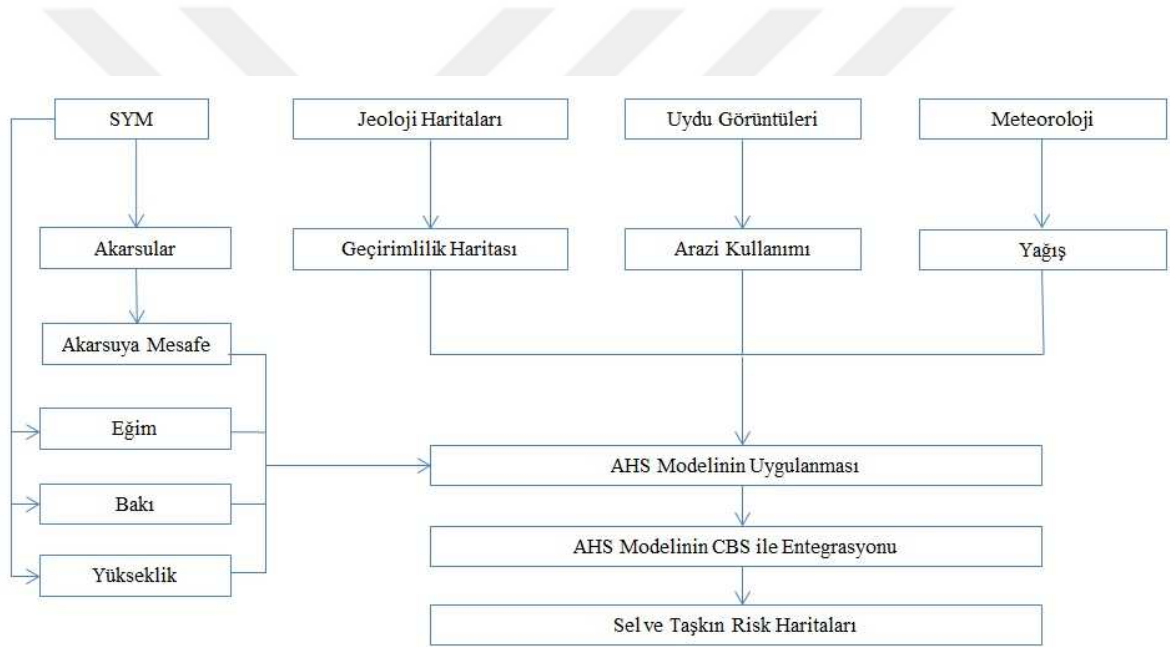
### 3.7. Tez İş Akışı

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHS ile CBS ortamında sel ve taşkın risk haritalarının oluşturulduğu bu çalışmadaki iş akış diyagramı Şekil 6'da verilen aşağıdaki adımlar uygulanmıştır;

1. Uzaktan algılama verilerinin işlenmesi.



2. AKÖ haritası oluşturulması ve doğruluk kontrollerinin yapılması.
3. SYM'den topografik özelliklerinin (eğim, bakı, yükseklik) elde edilmesi.
4. SYM'den akarsu drenaj ağının çıkarılması ve tampon analizi gerçekleştirilmesi.
5. Yağışın havza içindeki alansal dağılım haritalarının oluşturulması.
6. Kriterlerin değerlendirilmesi ve AHS modelinin oluşturulması.
7. Sel ve Taşkın Haritalarının üretilmesi.
8. Doğruluk analizi ve tartışma.



Şekil 6. Çalışmada kullanılan veri, yöntem ve işlem basamakları

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **ARAŞTIRMA BULGULARI**

Bu tez çalışmasında Karamenderes Havzasının sel ve taşkın risk haritaları CBS ortamında AHS ile hazırlanmıştır. Bu bölümde çalışmada kullanılan kriterler ayrıntılarıyla ele alınmıştır. Çalışmada baskın parametrenin yağış olduğu belirlenmiş olup aylık yağış haritaları yorumlanmıştır. Oluşturulan risk haritalarının doğrulaması geçmiş tarihli taşkınlara ait risk haritaları ve NDWI görüntüleri ile hesaplanan nehir yatağındaki su varlığı değişimi ile yapılmıştır.

#### **4.1. Kriterlerin Değerlendirilmesi**

ÇKKVY ile sel ve taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulması için kullanılacak parametreler; yağış, litoloji, eğim, baki, yükseklik, akarsu ağına uzaklık, AKÖ olarak seçilmiştir. Seçilen parametrelerin ağırlık değerleri AHS’de ikili karşılaştırma yapılarak belirlenmiş ve kullanılan faktörler CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan değerler yine CBS ortamında çakıştırılarak sel ve taşkın duyarlılık haritaları ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada Karamenderes havzasına ait sel ve taşkın duyarlılık haritalarının oluşturulmasında ele alınan parametrelerin ağırlık değerleri belirlenirken geçmiş dönem sel ve taşkın olayları ve literatür araştırmaları göz önüne alınmıştır. AHS de ikili karşılaştırma ile belirlenen ağırlık değerleri her faktörü için CBS ortamına işlenmiştir.

##### **4.1.1. Yağış**

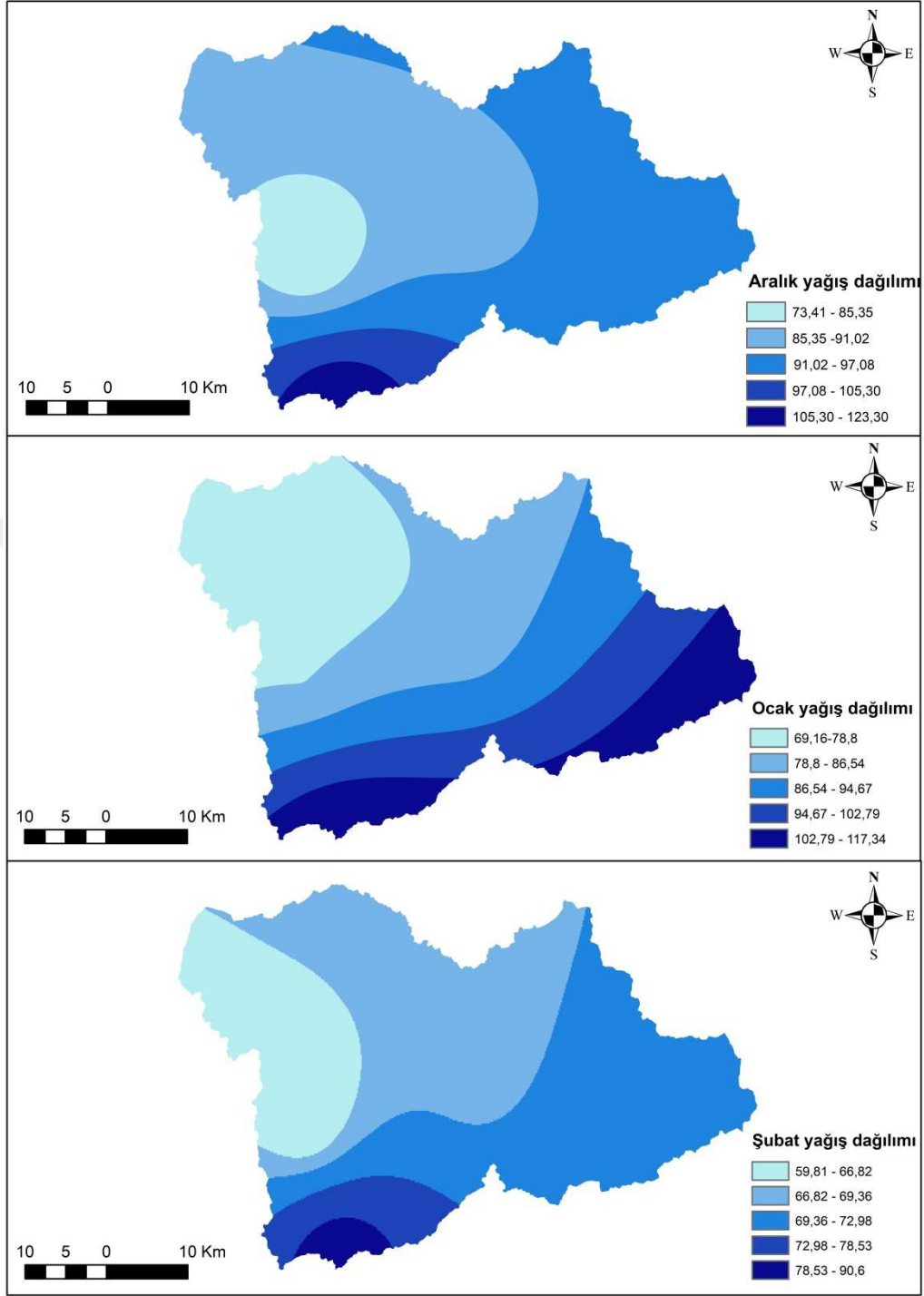
Meteorolojik faktörler sel ve taşkınların oluşumunu etkileyen doğal etmenlerin başında gelmektedir (Özşahin, 2013; Hoque vd., 2019). İklim değişikliğinin beraberinde getirdiği özellikle mevsim geçişlerinde ortaya çıkan ani basınç değişimleri, havanın büyük kütle hareketleri, sıcak soğuk havanın çarpıştığı durumlar, nemli havanın büyük değerlere ulaştığı durumlar düzensiz yağış rejimine sebep olur (Kabenge vd., 2017; Zelenakova vd.,2018; Hammami vd., 2019; Oğuz vd., 2016; Özkan ve Tarhan, 2012; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Toprak, 2015; Yahaya vd., 2010; Hu vd., 2017 Sel ve taşkın duyarlılık

haritaları oluşturulurken kullanılan parametreler nispeten sabit olsa da yağış değişkendir. RBF enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan yağış dağılım haritaları kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar ayları olmak üzere sırasıyla Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir. RBF'de kullanılan girdi verileri aylık toplamın yıllık ortalaması yağış değerleri olup detayları Tablo 7'de belirtilmiştir.

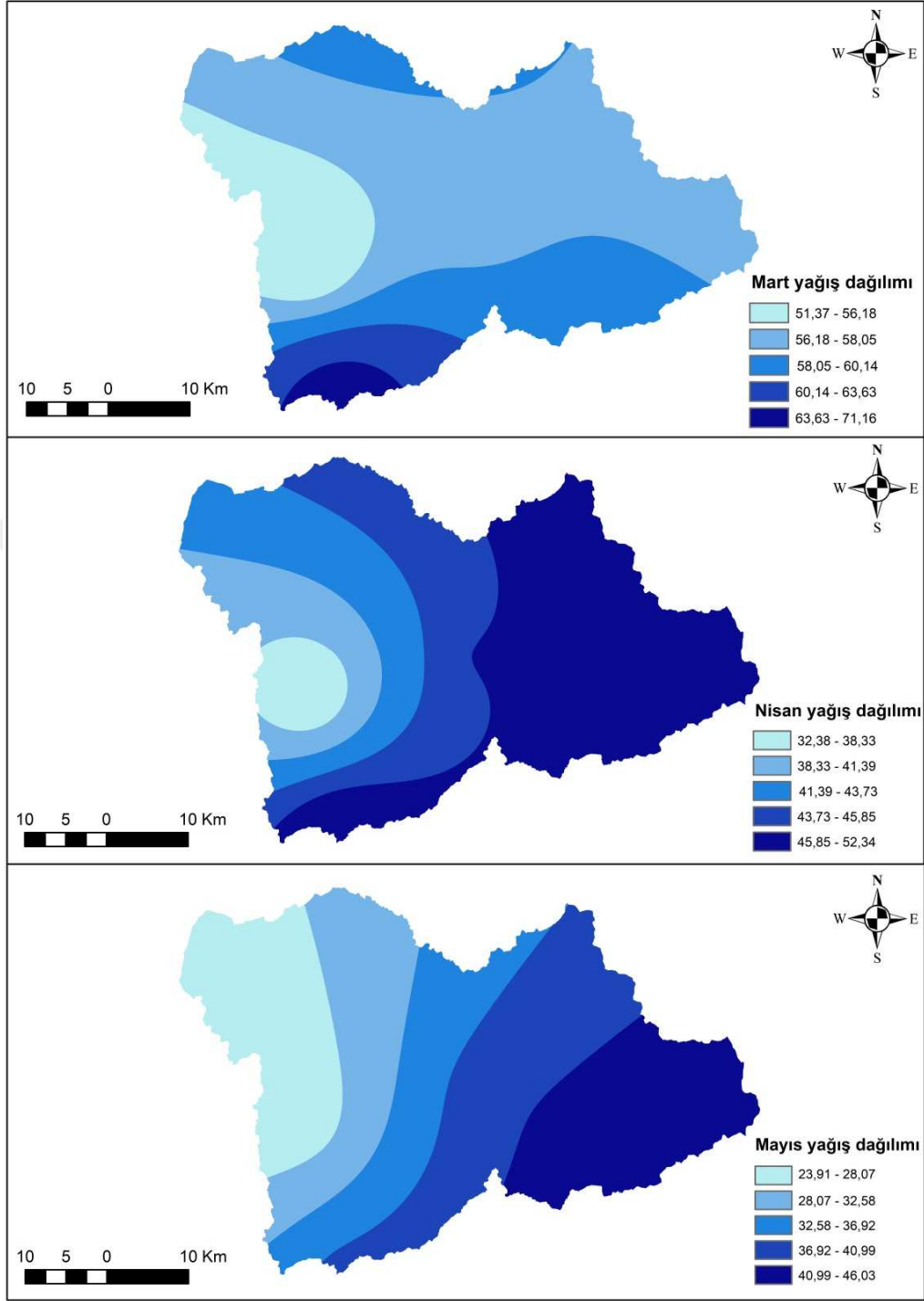
Havzada Çanakkale'nin cephesel özellikleri nedeniyle yağışların en yüksek değere kış aylarında ulaştığı görülmektedir. Aralıkta özellikle Ayvacık'ın da bulunduğu havzanın güney bölümünde yağış oranı fazladır. Bununla birlikte havzada en düşük yağış 73.43 mm ile Ezine bölgesindedir; bu durum havzaya ait yağış haritasında doğu bölgesini etkilemektedir. Ocakta Ayvacık ve Yenice bölgelerinde yüksek yağış meydana gelmiştir. Havzanın Güney ve Batı bölgelerini etkileyen yağışlar iç bölgelerden Kuzeybatıya doğru gidildikçe azalmaktadır. Şubat'ta yağışlar kış özelliği göstermeye devam ederek havzanın güney bölgesinde yoğun, batı bölgesinde düşük yoğunluğa sahiptir.

Kış mevsiminden yaza bağlantı durumunda olan ilkbahar aylarında yağış özellikle Yenice bölgesinde yoğunlaşarak havzanın batısında artış göstermektedir. Martta hâlâ kış özellikleri gösteren yağış, Nisan ve Mayıs'ta geçiş dönemine girerek batı bölgelerinde yoğunlaşmaktadır.

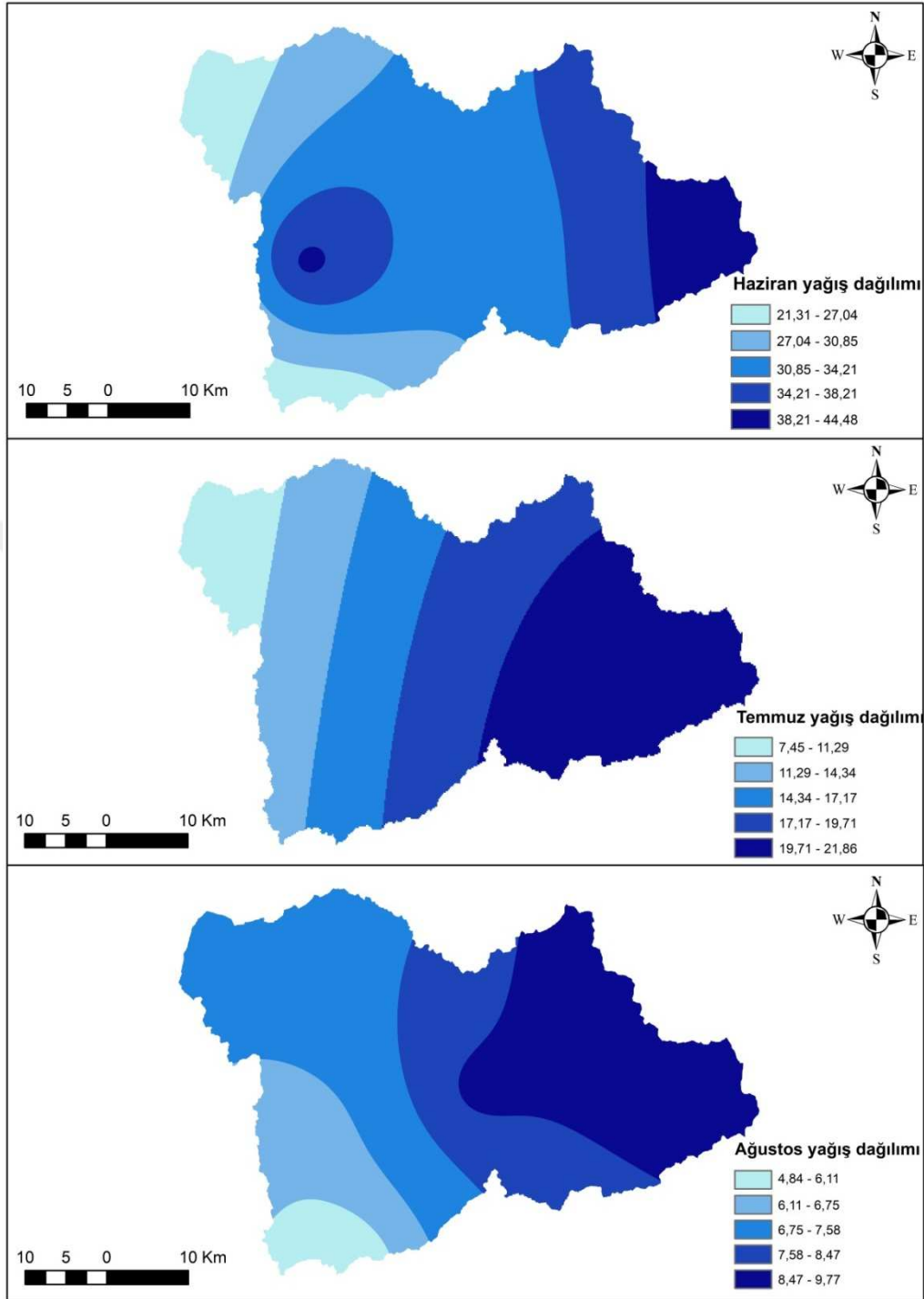
İlkbaharda batıya doğru artan yağış rejimi yaz boyunca batı bölgelerinde yoğun olarak görülmekte ve sonbaharın gelişiyile batıda güneye doğru taşınmaktadır. Bu durum havza içerisinde yağış rejiminin düzenli bir döngüde ilerlediğini göstermektedir.



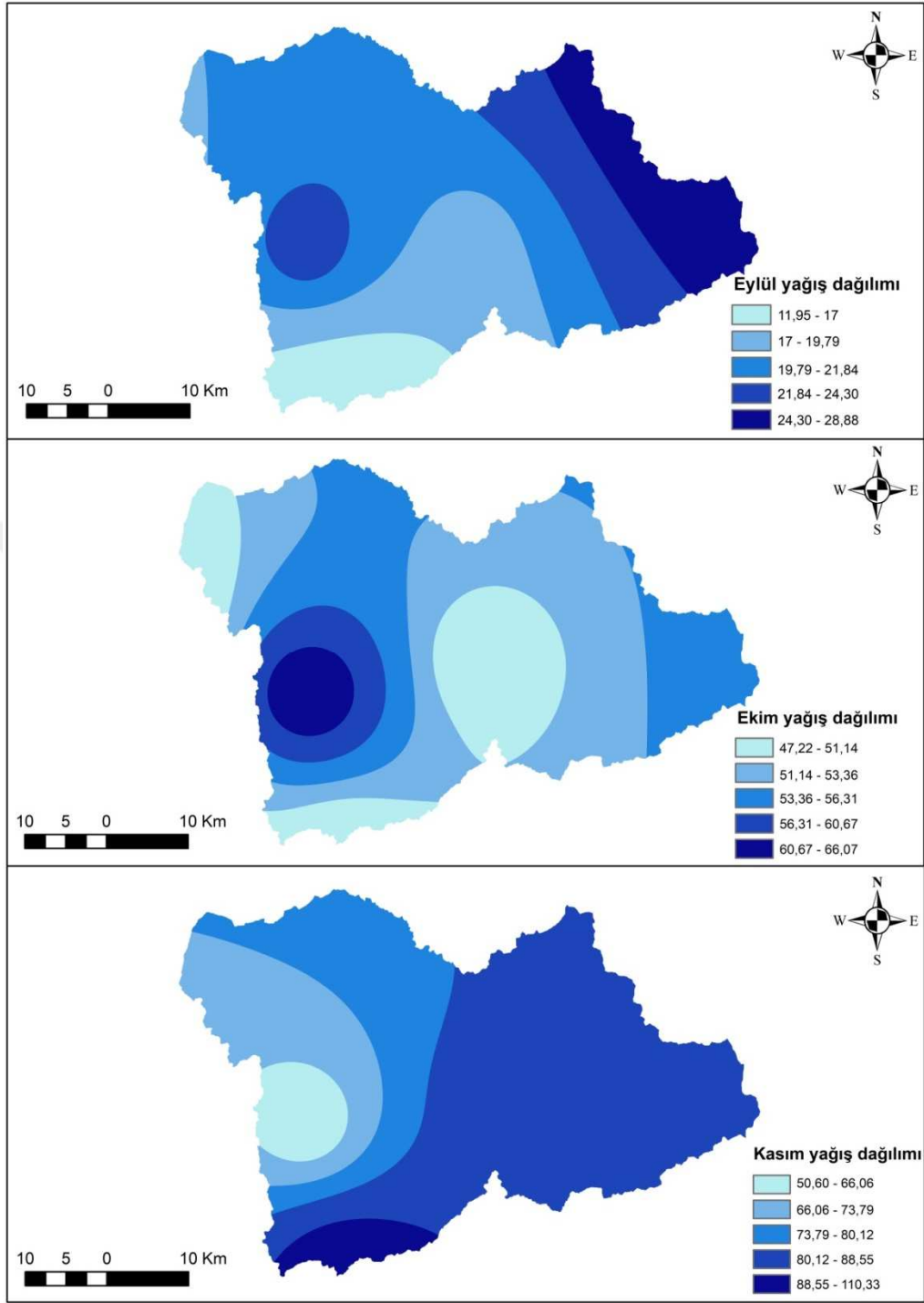
Şekil 7. Kış ayları yağış dağılım haritaları



Şekil 8. İlkbahar ayları yağış dağılım haritaları



Şekil 9. Yaz ayları yağış dağılım haritaları



Şekil 10. Sonbahar ayları yağış dağılım haritaları

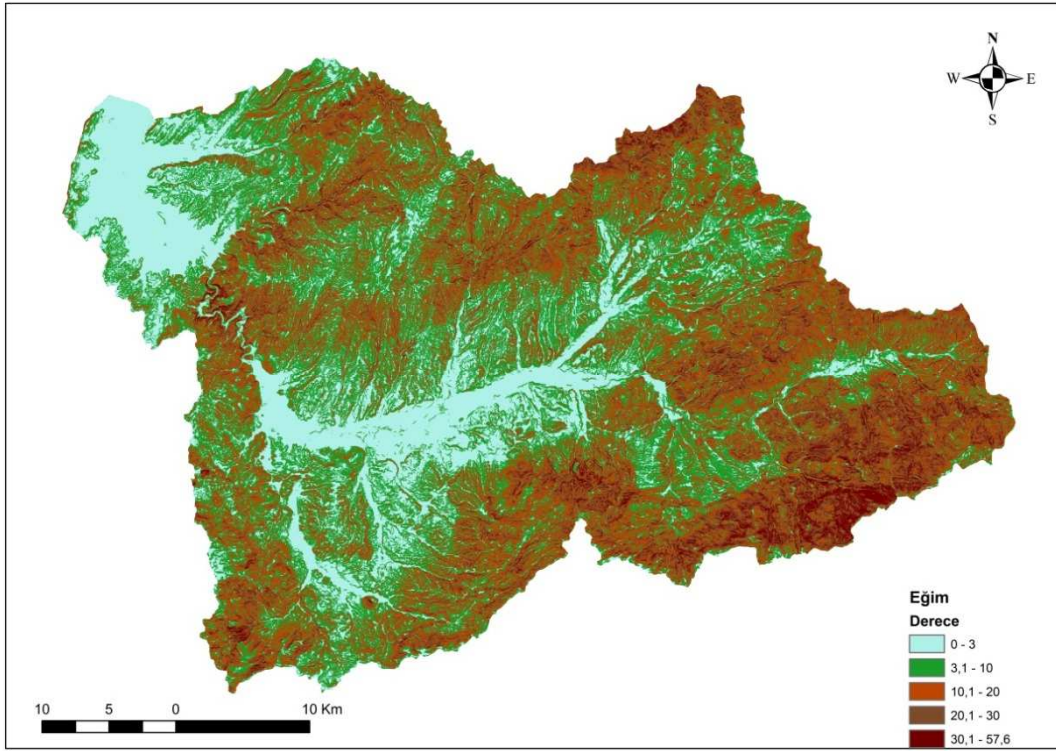
Tablo 7. İstasyonlara ait aylık toplamın yıllık ortalaması yağış verileri (mm)

	626 ve 18436 Bayramiç	779 ve 18437 Çan	3668 ve 18435 Ayvacık	17112 Çanakale	17111 Bozcaada	3481 ve 17671 Ezine	3122 ve 18085 Yenice
Ocak	82,87	95,00	117,77	84,01	65,87	79,50	141,06
Şubat	67,06	66,13	90,71	70,27	61,18	59,84	77,85
Mart	56,90	54,91	71,27	64,34	51,49	51,39	55,68
Nisan	46,07	52,68	52,44	48,78	37,88	32,39	45,40
Mayıs	39,39	40,47	38,99	30,26	22,76	24,85	52,50
Haziran	30,97	44,14	22,72	27,71	13,69	39,57	61,44
Temmuz	19,12	19,12	15,76	12,45	5,56	13,64	19,14
Ağustos	8,87	15,00	4,82	5,63	7,02	6,19	7,10
Eylül	18,79	37,51	11,92	19,94	17,38	22,78	30,56
Ekim	47,74	53,41	47,22	55,93	36,07	66,05	70,09
Kasım	87,07	86,35	110,63	84,15	65,07	50,62	69,10
Aralık	86,43	103,59	123,58	96,80	85,88	73,43	83,19

#### 4.1.2. Eğim, Bakı Yükseklik

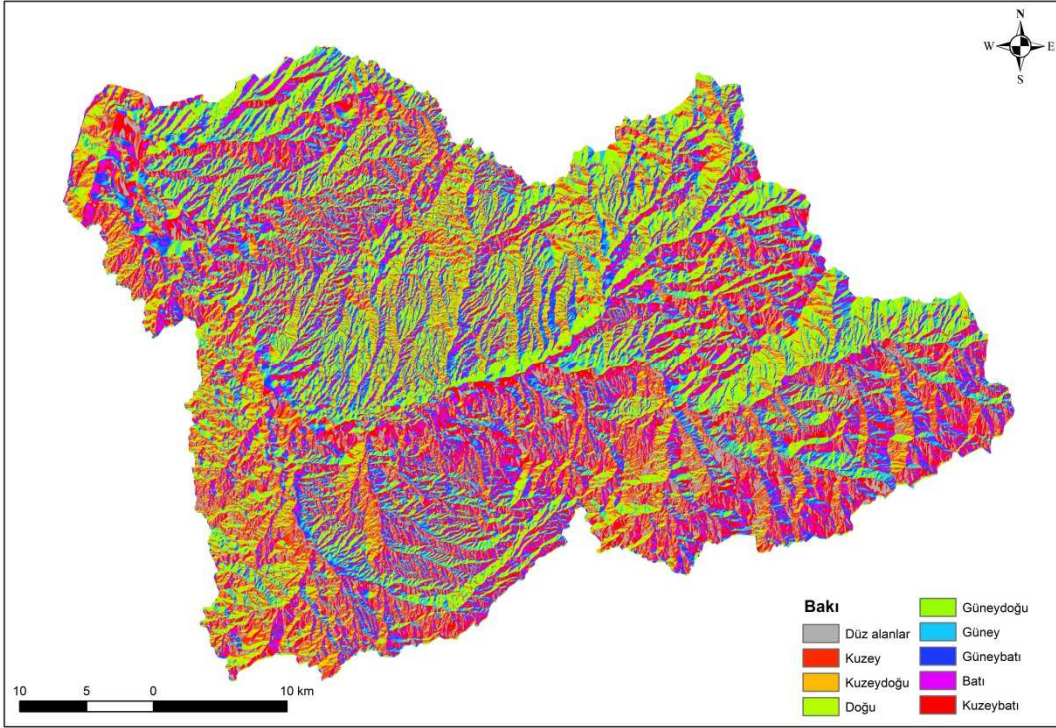
Eğim, sel ve taşkın oluşumunda, bölgedeki su birikimi ve akışını etkilemesi açısından kritik bir yere sahiptir (Tanrıverdi, 2019). Eğim sınıflarından düz ve düze yakın bölgelerde su birikimi, daha fazla olacağı için bu alanlar en yüksek riskli grup olarak sınıflandırılır (Ogato vd., 2020). Bu çalışmada eğim değerleri ve aralıkları literatür incelemeleri (El Magd vd., 2020; Ogato vd., 2020; Tanrıverdi, 2019; Tiryaki ve Karaca, 2018; Özşahin, 2013; Özkan ve Tarhan, 2012; Fernandez ve Lutz, 2010) ile belirlenmiştir. Havzaya ait eğim haritası Şekil 11 ile gösterilmiştir. Eğim faktörü kendi içerisinde, çok düşük riskten başlayarak çok yüksek riske kadar beş sınıfa ayrılmıştır ve oluşturulan eğim haritası 0-3, 3-10, 10-25, 25-50, >50 aralıklarını içermektedir. Eğim haritasına göre eğimin düşük olduğu yerlerde tarım arazileri ve nehir yatağı bulunurken eğimin daha yüksek olduğu yerler ormanlık alanları içermektedir.





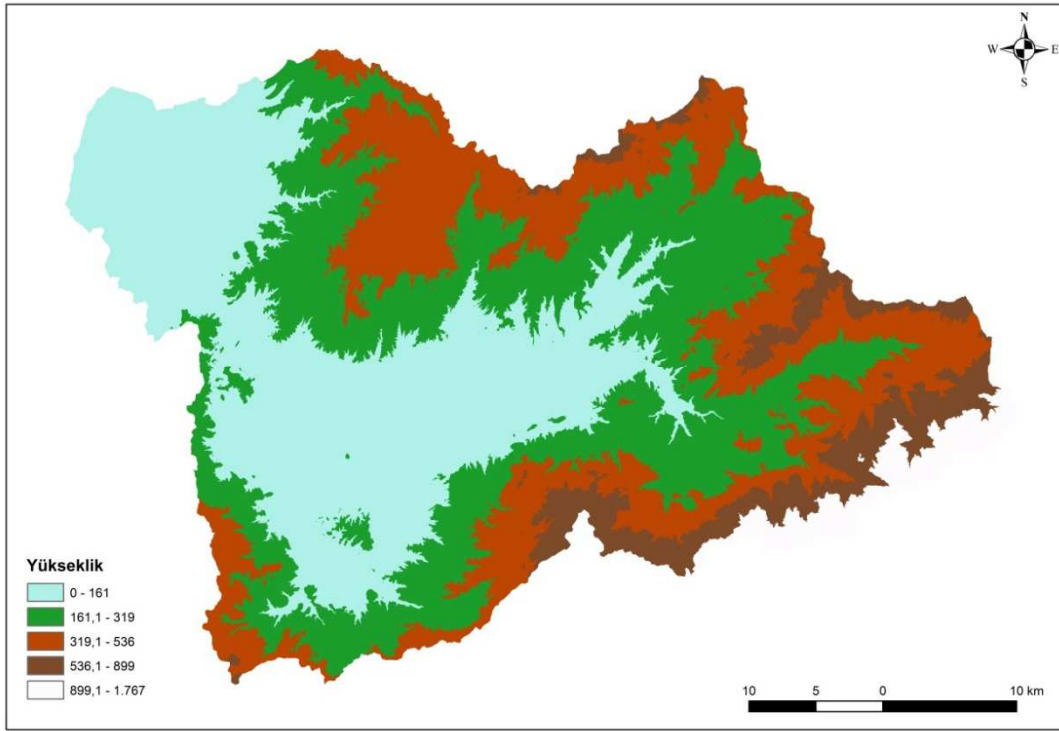
Şekil 11. Karamenderes Havzası eğim haritası

Bakı, güneşten alınan ısı enerjisi miktarını etkilemesi sebebi ile buharlaşma, yağışma, tutulan veya kaybolan su miktarını etkiler (Tiryaki ve Karaca, 2018). Güneye bakan yamaçlarda evapotranspirasyon oranının fazla olması bu bölgelerde bitki örtüsünün seyrek görünmesine sebep olmaktadır (Oğuz vd., 2016). Seyrek bitki örtüsü içeren güneye bakan yamaçlarda yüzeysel akış daha fazladır. Ek olarak düz ve düze yakın olan yerler eriyen kar suları ve yağmur sularının birikmesi nedeniyle sel ve taşkınafeti bakımından daha riskli kabul edilmektedir (Dölek, 2015). Çalışmada bakı faktörü düz ve düze yakın alanlar, doğu-batı, kuzeyli bakılar ve güneyli bakılar olmak üzere 4 sınıfta incelenmiştir (Mind'je vd., 2019; Tiryaki ve Karaca, 2018; Yılmaz vd., 2017; Oğuz vd., 2016; Toprak, 2015; Dölek, 2013; Özşahin, 2013; Akar ve Maktav, 2008). Çalışma alanının bakı haritası Şekil 12'de gösterilmiştir. Havzanın kuzey batısında tarım arazileri ve yerleşimler yoğun miktarda bulunmaktadır. Doğu ve batı bölgeleri genellikle ormanlık alanlar ile kaplıyken havzanın güneyinde çayır çimen sınıfı daha fazla alan kaplamaktadır



Şekil 12. Karamenderes Havzası bakı haritası

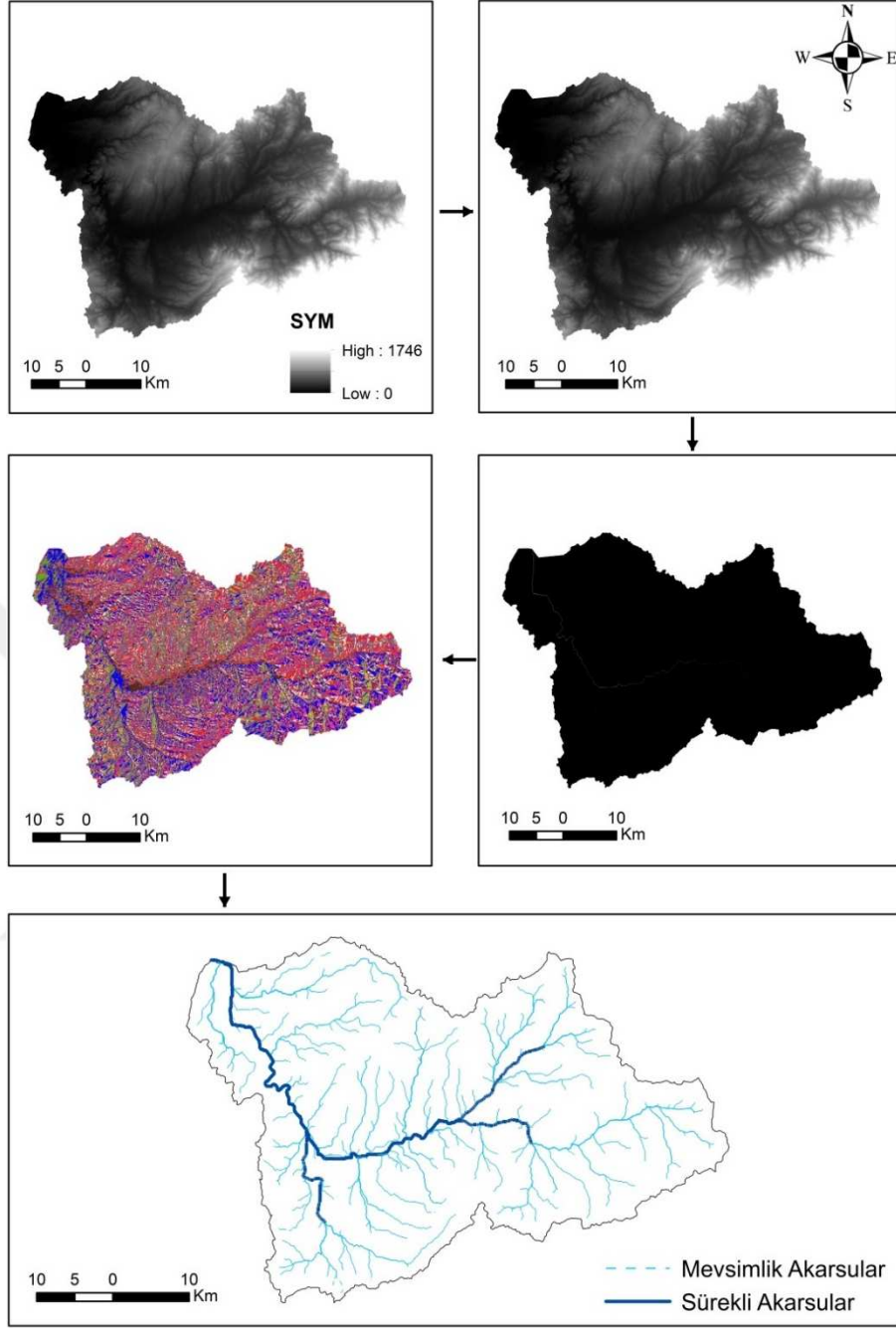
Yükseklik faktörü yağışların belli alanlarda toplanması açısından sel ve taşkınların oluşumunda kritik rol oynamaktadır (Rahmati vd., 2015; Görçelioğlu, 2003). Çalışma içerisinde yükseklik değerleri ve aralıkları literatür incelemeleri (Tanrıverdi, 2019; Selçuk vd., 2016; Rahmati vd., 2015; Ogato vd., 2020; Msabi ve Makonyo, 2021) dikkate alınarak 0-161, 161-319, 319-536, 536-899 ve 899-1767 metre olacak şekilde sınıflandırılmıştır ve Şekil 13 ile gösterilmiştir.



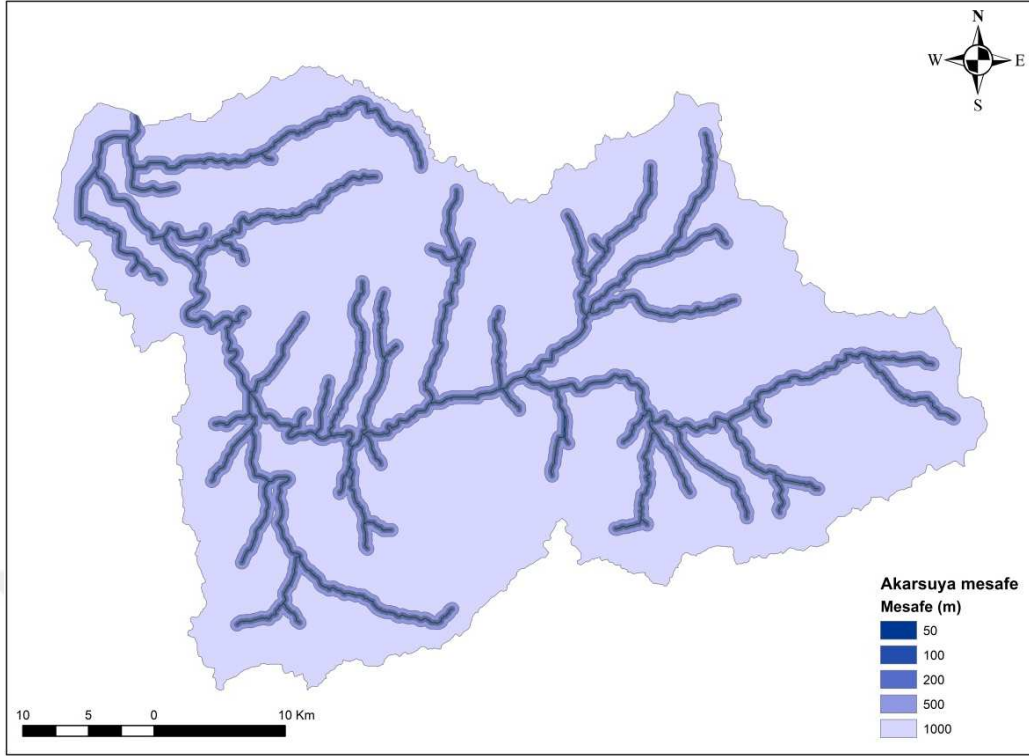
Şekil 13. Karamenderes Havzası yükseklik haritası

#### 4.1.3. Akarsuya Mesafe

Sel ve taşkınların etkileyeceği bölgelerde akarsuya mesafe faktörü kritik rol oynamaktadır (Rahmati vd., 2016). Literatüre göre (Hoque vd., 2019; Romdani vd., 2018; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Kabange vd., 2017; Franci vd., 2016; Rahmati vd., 2016; Selçuk vd., 2016). Akarsuya yakın bölgelerde sel ve taşkınların yıkıcı etkileri çok daha fazla görülmektedir. Bununla birlikte sınırların hareketi yüksek basınçtan alçak basınca doğrudur. Düşük basınç olan alanlara gelince sınırların akışında hızlanma gerçekleşir bu nedenle akarsu kollarının birleştiği yerlerde birden fazla kol aynı akımda birleştiği için sel ve taşkın riski artar (Dernek, 2012). Çalışmada kullanılan akarsuya mesafe katmanının elde edilmesi için öncelikle SYM kullanılarak akarsular belirlenmiş ve Şekil 14 ile bu aşamaları gösterilmiştir. Akarsu yatağı ortalama 50 m olarak hesaplanmıştır. Bu sebeple çalışmada kullanılan ve Şekil 15'te belirtilen akarsuya uzaklık haritası 50, 100, 200, 500 ve 1000 metre aralıklarını içermektedir. İlk sınıf olan 50 m'de, tampon bölge nehir yatağının orta noktasından başladığı için 25 m'lik alan aslında nehir yatağı içerisinde kalmaktadır.



Şekil 14. Çalışma alanına ait akarsuların çıkarılması, akış sırası

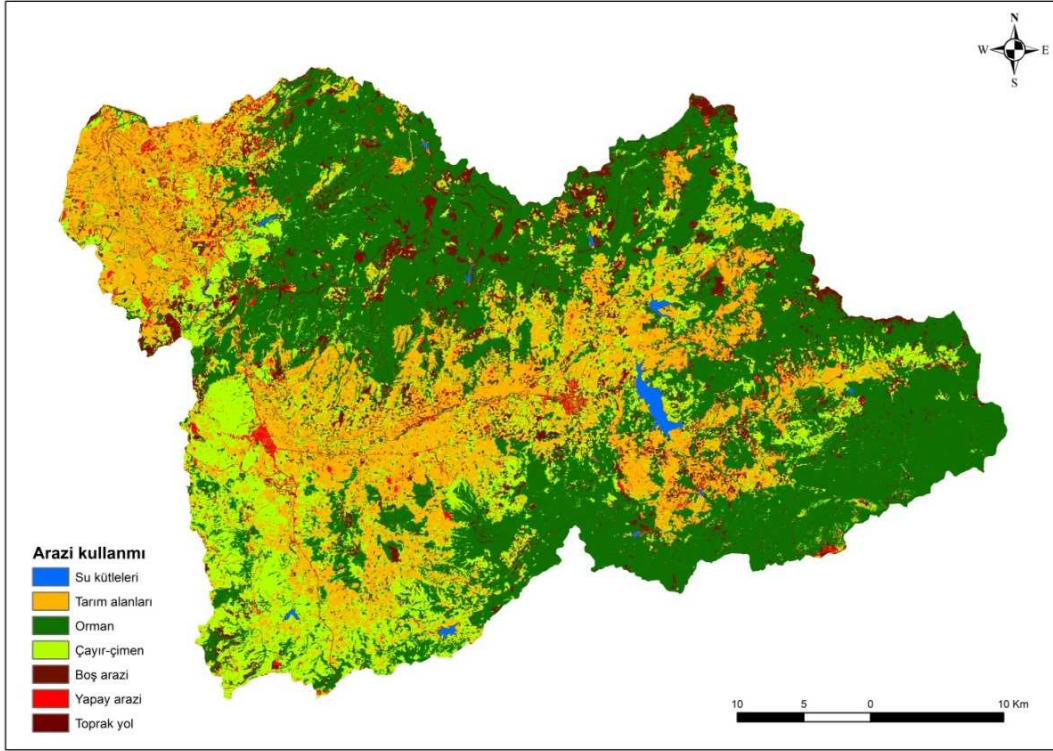


Şekil 15. Karamenderes Havzası akarsuya mesafe haritası

#### 4.1.4. Arazi kullanımı ve Örtüsü

Arazi kullanımı ve örtüsü, suyun yüzeyel akışı açısından sel ve taşkın oluşumunu dolaylı olarak etkiler (Tanrıverdi, 2019). Beton ve asfaltlanmış alanlar suyun yer altına sızma miktarını büyük ölçüde etkileyeceği için sel ve taşkınların oluşumu ve yıkıcı etkileri açısından yapay alanlar yüksek riskli kabul edilmektedir (Hammami vd., 2019). Ormanlık alanlarda ağaçların toprakta kanallar açması ve yağışların açılan bu kanallara işleyerek akiferlerde birikmesi sonucunda yağışların belli bir miktarı yeraltı suyuna karıştığı için akışa geçen su miktarı azalır bu durum sel ve taşkınların oluşumu açısından riski düşürür (Önsoy, 2008). Tarım bitkilerinin ise ağaçlar ile kıyaslanınca köklerinin zayıf ve daha çok toprağın üst tabakasında kalması sel ve taşkınlar açısından riski artırmaktadır (Tonbul ve Sunkar, 2011). Çalışmada ayrıntılı AKÖ, 17 Nisan 2020 tarihli Sentinel 2-A uydu görüntüsü kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden Destek Vektör Makinaları eğitilmiş sınıflandırma tekniği ile oluşturulmuştur. Çalışma alanı su, tarım alanı, orman, çayır-çimen, boş arazi, yapay alanlar ve toprak yol olmak üzere toplam 7 sınıfta incelenmiş olup Şekil 16 ile gösterilmiştir (Msabi ve Makonya, 2021; Hammami vd., 2019;

Lintang ve Pandianga, 2019; Tanrıverdi, 2019; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Franci vd., 2016; Özşahin, 2013).



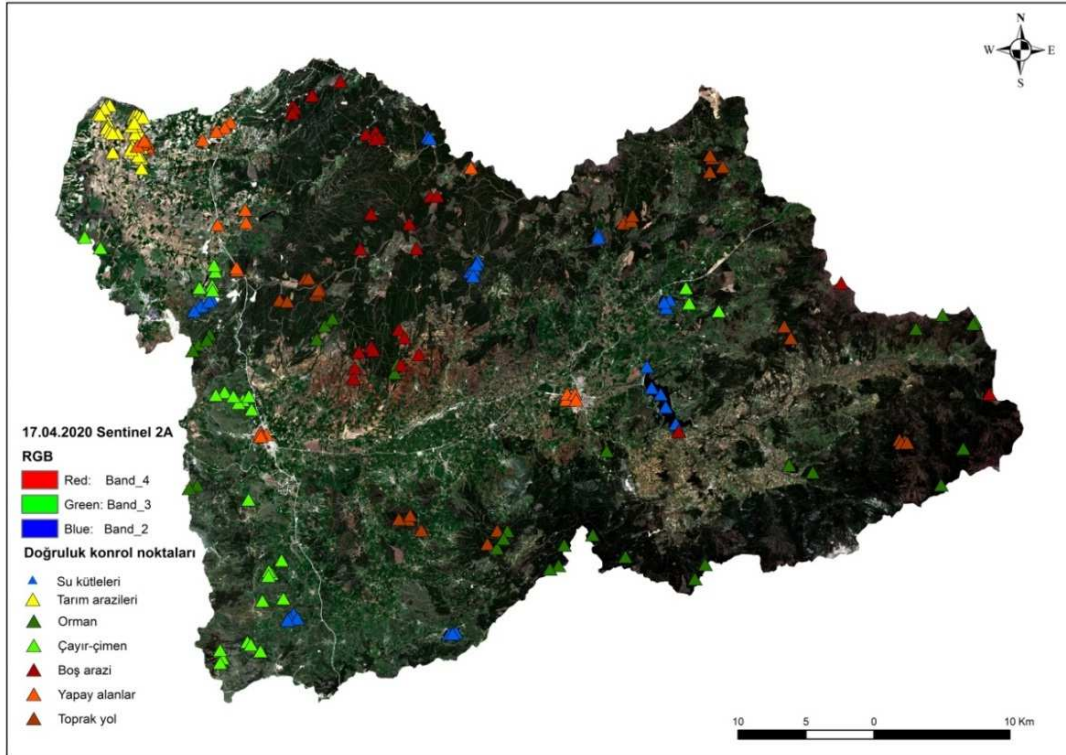
Şekil 16. Çalışma alanının ayrıntılı AKÖ haritası

AKÖ haritasına göre çalışma bölgesinde en geniş alanı %44,59 ile ormanlar kaplamaktadır. AKÖ'nün ikinci grubu %21,50 ile çayır çimen alanlarıdır. Taşkın riski bakımından en yüksek riske sahip arazi sınıfı olan tarım arazileri havzanın %20,68'ini kaplamaktadır. Çalışma alanının %9,61'i boş arazidir. Çalışma alanının geriye kalan sınıfları sırasıyla, yapay alanlar %2,64 su %0,49 ve toprak alanlar %0,49'dur. Oransal dağılımı verilen AKÖ sınıflarının Tablo 8'de havzadaki alansal dağılımı verilmiştir.

Tablo 8. AKÖ sınıflarının havzadaki alansal dağılımı

AKÖ sınıfları	AKÖ sınıfları havzadaki alansal dağılımı (ha)
Orman	89296,52
Çayır çimen	43055,67
Tarım alanları	41402,44
Boş arazi	19236
Yapay alanlar	5291,02
Su	988,27
Toprak alanlar	981,69

Sınıflandırma görüntüsünün doğruluğunda 210 adet yer kontrol noktası kullanılmıştır. Yüksekçözünürlüklü uydu görüntülerinden rastgele ve homojen bir dağılım içerisinde seçilen doğruluk kontrol noktaları 17.04.2020 tarihli Sentinel 2-A uydu görüntüsü üzerinde Şekil 19’da gösterilmiştir. Arazi kullanımına ait sınıflandırmanın doğruluğu sırasıyla Kappa katsayısı ve genel doğruluk istatistiksel metrikleri ile değerlendirilmiştir. Sınıflandırmaya ait genel doğruluk %90, Kappa katsayısı 0,88’dir. Arazi örtüsü sınıfları ve doğruluk değerlendirmesi amacıyla oluşturulan ve bu sınıflara karşılık gelen yer kontrol noktalarından elde edilen hata matrisi Tablo 14’de verilmiştir.



Şekil 17. AKÖ Doğruluk kontrol noktaları

Tablo 14. 17/04/2020 Sentinel 2-A görüntüsü doğruluk analizi sonuçları(a,b)

(a)

Sınıflar	Su	Tarım	Orman	Çayır çimen	Boş arazi	Yapay Alanlar	Toprak yol	Toplam
Su	30							30
Tarım		30						30
Orman			30					30
Çayır-		2	1	27				30
Boş arazi		6		2	2	20		30
Yapay				2	1	27		30
Toprak yol			6		1		23	30
Toplam	30	38	37	31	24	27	23	210

(b)

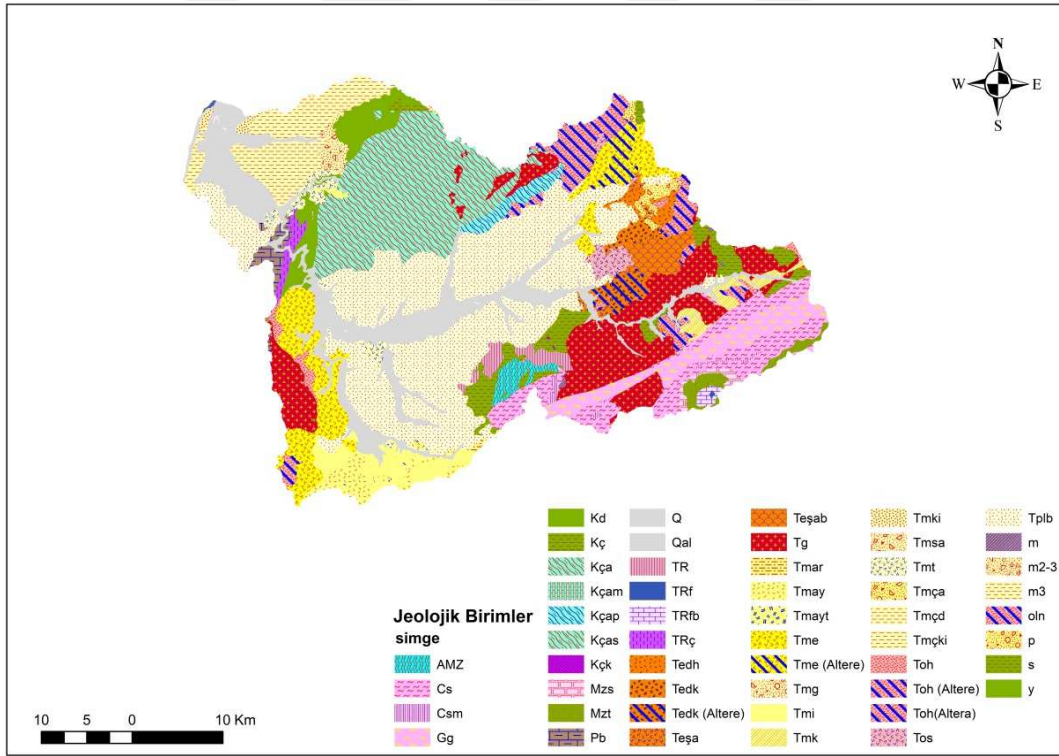
Sınıflar	Üretici doğruluğu	Kullanıcı doğruluğu
Su kütleleri	100	100
Tarım	78,94	100
Orman	81,08	100
Çayır-çimen	87,09	90
Boş arazi	91,66	73,33
Yapay alanlar	100	90
Toprak yol	100	76,66
	Kappa katsayısı	0,88
	Toplam Doğruluk (%)	90



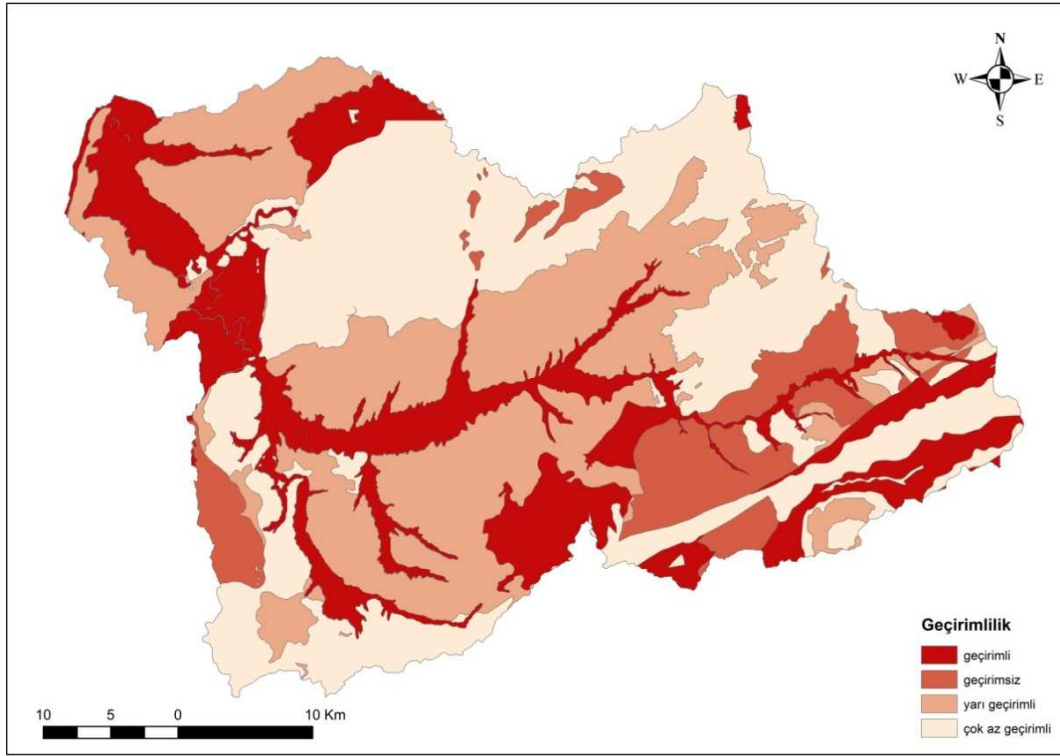
#### 4.1.5. Jeolojik Geçirimsizlik

Litoloji, sel ve taşkınların ortaya çıkmasında yüzeysel akışı etkilemesi sebebi dolaylı bir etkiye sahiptir (Selçuk vd., 2016). Çalışmada bölgeye ait jeolojik birimlerin sınıflandırılmasında jeoloji raporları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bölge geçirimsizlik durumuna göre, geçirimli, yarı geçirimli, çok az geçirimli ve geçirimsiz olmak üzere 4 sınıfta incelenmiştir ve harita gösterimi Şekil 17 ile yapılmıştır.

Geçirimsizlik haritasının oluşturulmasında kullanılan, MTA elde edilen 1/100.000 ölçekli vektör jeoloji haritasının I16, I17, H16 ve H17 paftaları birleştirilmiş ve havza sınırına göre kesilmiştir. Oluşturulan jeoloji haritası Şekil 17 ile gösterilmiştir. Jeoloji haritası ve jeoloji raporları kullanılarak oluşturulan geçirimsizlik haritası Şekil 18 ile gösterilmiştir.



Şekil 18. Karamenderes Havzası jeoloji haritası



Şekil 19. Karamenderes havzası geçirimsizlik haritası

#### 4.2.Kriterlerin Ağırlıklarının Değerlendirilmesi

Çalışmada parametrelerin ağırlık değerleri geçmiş sel ve taşkın olaylarının incelenmesi ve literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Ölçüt katmanlarına uygulanan AHS’de ölçüt katmanlarının ağırlık değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir. Süreç içerisinde normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü Tablo 10 ile gösterilmiştir. Tutarlılık işlemlerini yapılabilmesi için D sütun vektörü elde edilmiştir (Tablo 11). Lamda değeri D sütun vektörünün öncelik vektörüne oranının ortalaması alınarak hesaplanmış olup Tablo 12 ile gösterilmiştir. Her bir faktörün iç tutarlılığı yine AHS ile belirlenmiş ve faktörler kendi içinde tutarlı bulunmuştur. Yapılan tutarlılık hesaplamaları sonucunda verilen ağırlık değerlerinin tutarlılığı CI 0,061’dir. Saaty (1980)’e göre hesaplama sonucu 0,10’dan küçük ise karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Bu durum çalışmada kullanılan parametrelerin ağırlık değerlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Ölçüt katmanlarının ağırlık değerleri

Kriter	Yağış	Eğim	Arazi Kullanımı	Yükseklik	Bakı	Akarsuya Uzaklık	Litoloji
Yağış	1	3	5	4	7	2	6
Eğim	1/3	1	4	2	5	1/4	4
Arazi Kullanımı	1/5	1/4	1	1/3	4	1/5	2
Yükseklik	1/4	1/2	3	1	4	1/5	2
Bakı	1/7	1/5	1/4	1/4	1	1/7	1/3
Akarsuya Uzaklık	1/2	4	5	5	7	1	6
Litoloji	1/6	1/4	1/2	1/2	3	1/6	1

Tablo 10. Normalize edilmiş matris ve öncelik vektörü

	Yağış	Eğim	Arazi Kullanımı	Yükseklik	Bakı	Akarsuya Uzaklık	Litoloji	Öncelik Vektörü
Yağış	0.39	0.33	0.27	0.31	0.23	0.51	0.28	0.33
Eğim	0.13	0.11	0.21	0.15	0.16	0.06	0.19	0.15
Arazi Kullanımı	0.08	0.03	0.05	0.02	0.13	0.05	0.09	0.06
Yükseklik	0.10	0.05	0.16	0.08	0.13	0.05	0.09	0.09
Bakı	0.05	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03
Akarsuya Uzaklık	0.19	0.43	0.27	0.38	0.23	0.25	0.28	0.29
Litoloji	0.06	0.03	0.03	0.04	0.10	0.04	0.05	0.05

Tablo 11. D sütun vektörünün elde edilmesi

	Yağış	Eğim	Arazi Kullanımı	Yükseklik	Bakı	Akarsuya Uzaklık	Litoloji	Öncelik Vektörü	D Sütun Vektörü
Yağış	1	3	5	4	7	2	6	0.33	2.53
Eğim	1/3	1	4	2	5	1/4	4	0.15	1.11
Arazi kullanımı	1/5	1/4	1	1/3	4	1/5	2	0.06	0.46
Yükseklik	1/4	1/2	3	1	4	1/5	2	0.09	0.71
Bakı	1/7	1/5	1/4	1/4	1	1/7	1/3	0.03	0.20
Akarsuya uzaklık	1/2	4	5	5	7	1	6	0.29	2.32
Litoloji	1/6	1/4	1/2	1/2	3	1/6	1	0.05	0.35

Tablo 12. Lamda değerinin elde edilmesi ( $a/b=c$  ,  $C_{ortalama}=Lamda$ )

D Sütun Vektörü (a)	Öncelik Vektörü (b)		Ei (c)
2.53	0.33		7.72
1.11	0.15		7.64
0.46	0.06		7.11
0.71	0.09		7.52
0.20	0.03		7.29
2.32	0.29		7.96
0.35	0.05		7.17
		Lamda	7.48

Yapılan son işlem tutarlılık işlemi olup verilen değerler  $CI=0.061$  tutarlılık sonucu ile tutarlı bulunmuştur.

#### 4.2.1. Alt Kriterlerin Ağırlıklandırılması ve Sıralanması

Sel ve taşkın risk analizi için ele alınan her bir faktörün önem derecesi belirlenirken literatür araştırılarak tarihi taşkınlar incelendikten sonra AHS yöntemine başvurulmuştur. Ana faktörlerin önem derecesi çıkarılmadan önce ele alınan her faktörün alt unsurlarının

kendi içinde iç tutarlılığı hesaplanmış ve ağırlık değeri önerilmiştir (Tablo 13). Alt kriter ağırlık değeri hesaplanırken önce her kriterin alt kriterlerine AHS uygulanmıştır buradan elde edilen 0 ve 1 arasında bulunan ağırlık değerlerinin 10'luk sistemdeki karşılıkları alt unsurların önerilen ağırlık değeri olarak kullanılmıştır (Tablo 13). Ağırlık değerleri onluk puanlamaya aktarılırken her kriter için kendi içerisinde en riskli sınıfına 10 ağırlık değeri verilerek diğer değerler için oran orantı yapılmıştır.



Tablo 13. Parametrelerin alt unsurlarının ağırlık değerleri

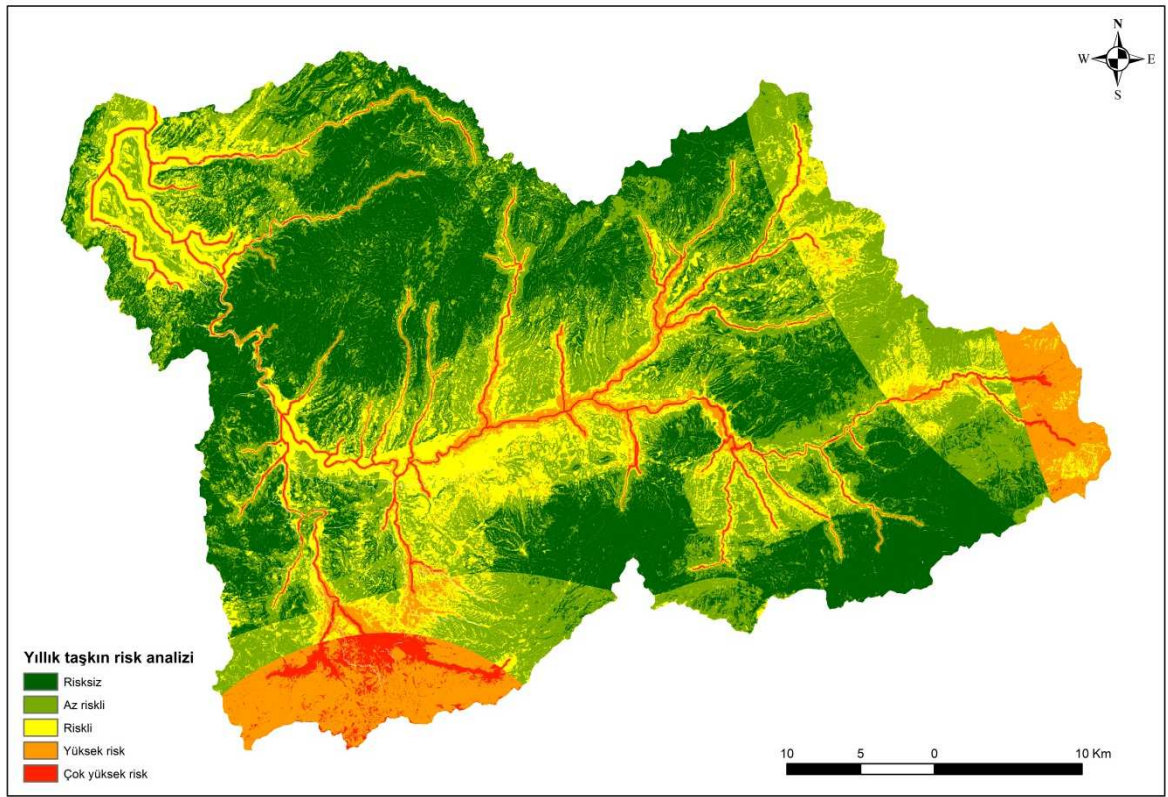
Faktör	Etki alanı	Önerilen ağırlık	Oran
Yağış	Çok yoğun	10	0,33
	Yoğun	5	
	Orta	3	
	Düşük	2	
	Çok düşük	1	
Akarsu mesafe	250	10	0,29
	500	5	
	1000	3	
	1500	2	
	2000	1	
Eğim	3	10	0,15
	10	5	
	20	3	
	30	2	
	57,6	1	
Yükseklik	0-161	10	0,09
	161-319	5	
	319-536	3	
	536-899	2	
	899-1746	1	
Arazi kullanımı	Su	10	0,06
	Yapay alanlar	7	
	Tarım	4	
	Boş arazi	3	
	Toprak yol	2	
	Orman	2	
	Çayır çimen	1	
Litoloji	Geçirimsiz	10	0,05
	Çok az geçirimli	5	
	Yarı geçirimli	2	
	Geçirimli	1	
Bakı	Düz	10	0,03
	Güney, Güneydoğu, Güneybatı	5	
	Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı	2	
	Doğu-Batı	1	

#### 4.3. Yıllık Sel ve Taşkın Risk Analizi

AHS sonucu belirlenen ağırlık değerlerinin CBS ortamında kullanılmasıyla elde edilen sel ve taşkın risk haritasında havzanın güney ve batı bölgeleri ile akarsuya yakın alanlarında yüksek risk bulunduğu tespit edilmiştir. Elde edilen genel risk haritasında yağış

kriteri uzun yıllar aylık toplamın yıllık ortalaması verilerinin RBF yöntemi uygulanarak elde edilmiştir (Şekil 20). Risk dağılımı AHS sonucu en yüksek ağırlık değeri yağış kriterinde olduğu için ağırlıklı olarak yağışa göre şekillenmiştir.

Havzanın güney ve batı kesimleri litolojik olarak çok az geçirimlidir. Bu bölgelerde eğim nispeten fazla olmasına rağmen Kazdağları'ndan akışa geçen yağmur ve eriyen kar suları sebebiyle risk altında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yağışların yıl içerisinde Yenice bölgesinde fazla olması topografyası çanak şeklinde olan havzanın batısında riski artırmaktadır.



Şekil 20. Yıllık sel ve taşkın risk haritası

#### 4.4. Aylık Sel ve Taşkın Risk Analizi

Risk haritalarında kış aylarında (Şekil 21) bölgenin güney kesimlerinin yüksek risk içerdiği görülmektedir. Bunun en büyük sebebi olarak havzanın bu bölgesinin düşük yüksekliğe sahip olması ve bu aylarda Ayvacık bölgesinde artan yağışların bu bölgede toplanması olarak gösterilebilir. Ayrıca Kazdağları'ndan akışa geçen yağmur sularının çok

az geçirimli litolojik yapıda olan Güneybatıda toplanması sebebi ile havzanın bu bölgesi Ocak'ta riskli bulunmuştur.

İlkbaharın başında, yağışlar kış özelliği göstermeye devam ederek havzanın güneyinde yoğun miktarda gerçekleşmiştir (Şekil 22). Bu durum Mart'ta havzanın güneyinin yüksek risk altında olmasına sebep olmuştur. Nisan ve Mayıs'ta özellikle Yenice'deki yağışların artışına bağlı olarak riskin batı bölgelerine geçtiği görülmektedir. Mayısta havaların ısınmasıyla beraber yağışların iç bölgelere taşınması sonucunda Bayramiç bölgesinde riskin yüksek olduğu görülmektedir.

Sonbaharda (Şekil 24) yağışların düzensizliğinden kaynaklı olarak risk belirli alanlarda olmaktan ziyade havza içinde dağılım göstermektedir. Aynı zamanda yağışların kış özelliklerine geçiş yapmasından dolayı riskin güneye doğru kaydığı görülmektedir

Yaz aylarına (Şekil 23) bakıldığında bölgenin özellikle batı kesimleri yüksek risk altındadır. Bunun en önemli sebebi o bölgede topografyanın çanak şeklinde olması ve geçirimsizliğin düşük olmasıdır. Ayrıca denizden gelen nemli havanın karaların neden olduğu sürtünmeden dolayı ve yükseltinin artmasından dolayı diklemesine bulut oluşumu ve yağışlar sel ve taşkın riskini arttırmaktadır.

Çalışma alanına ait sel ve taşkın risk haritaları incelendiğinde, her ay için ortak olarak çok yüksek risk içeren alanların akarsuya yakın bölgeler olduğu görülmektedir. Havzayı boydan boya kaplayan Karamenderes Nehir yatağı havzanın en düşük eğime sahip bölgesinde bulunmaktadır. Nehir yatağı etrafında yoğun tarım arazisi ile birlikte beton ve asfaltla kaplı yapay alanlar bulunmaktadır ve bu da riski arttırmaktadır.

Oluşturulan haritalarda her ay için riskin alansal (ha) dağılımı Tablo 15'te gösterilmiş olup grafiksel gösterimi Şekil 25 ile belirtilmiştir. Buna göre çok yüksek risk en az Ocak'ta en fazla Temmuz'da; yüksek risk en çok Ocak'ta görülmektedir.

Çok yüksek riskli alanlar kış aylarından yazın ortasına Temmuz ayına kadar artış göstermektedir. Temmuz en fazla çok yüksek risk alanına sahiptir. Ardında Ağustos ayı ile beraber çok yüksek risk azalmaktadır yağışlı dönemin başlaması ile birlikte tekrar artış göstermektedir. Yüksek risk sınıfı ise Ocak ayında en fazladır. Ardından ani bir azalma ve Temmuz ayına kadar tekrar yüksek risk sınıfı alanlarında artış olur. Sonrasında çok yüksek riskli alanlardaki davranış tekrar eder.

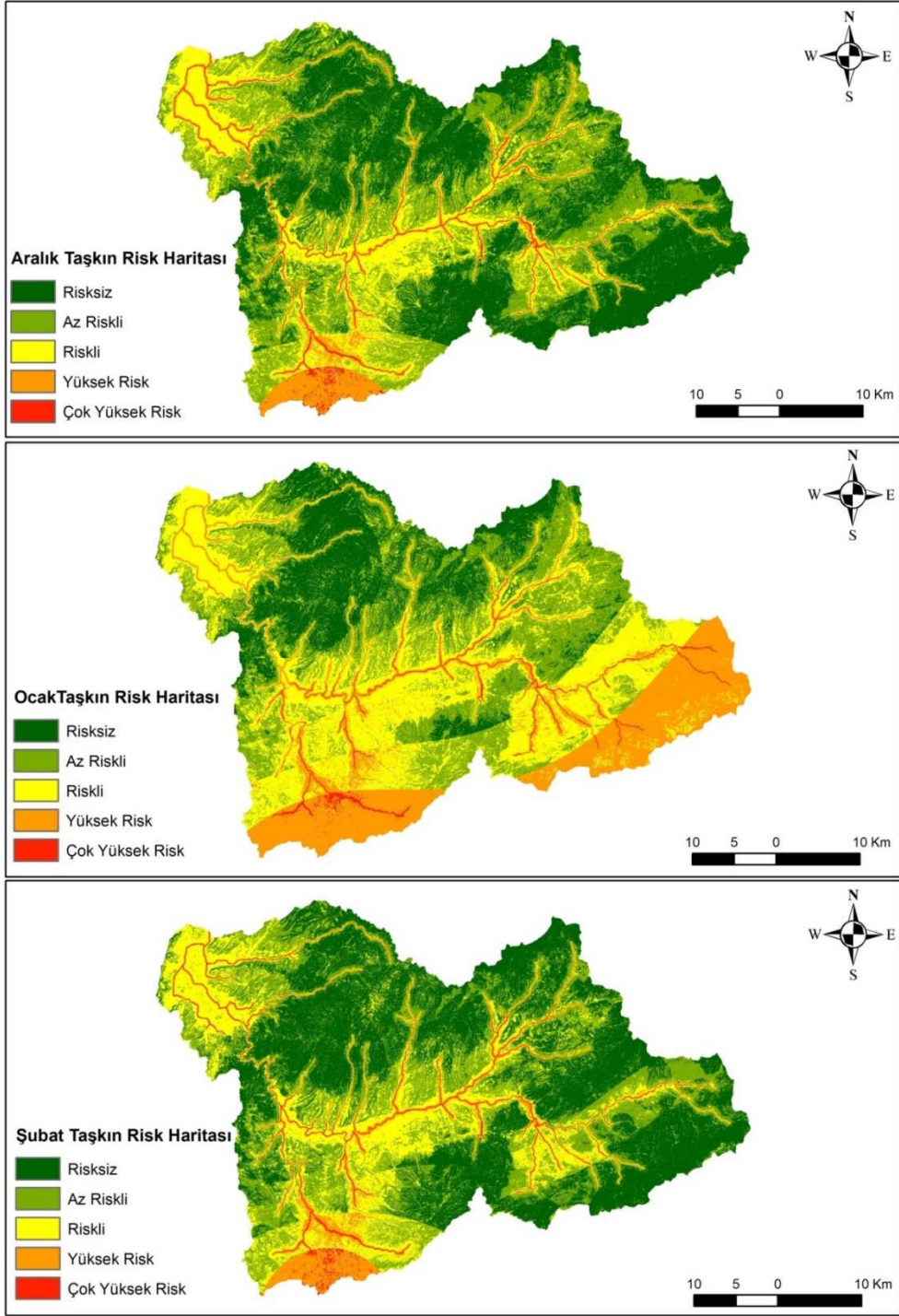


Riskli alanlar Mayıs'tan sonra artış göstererek yaz sonuna kadar fazla alan kaplamaktadır. Sonbahar kış aylarında yağışlı dönem ile birlikte riskli alanlar yerini yüksek ve çok yüksek riske bırakmaktadır.

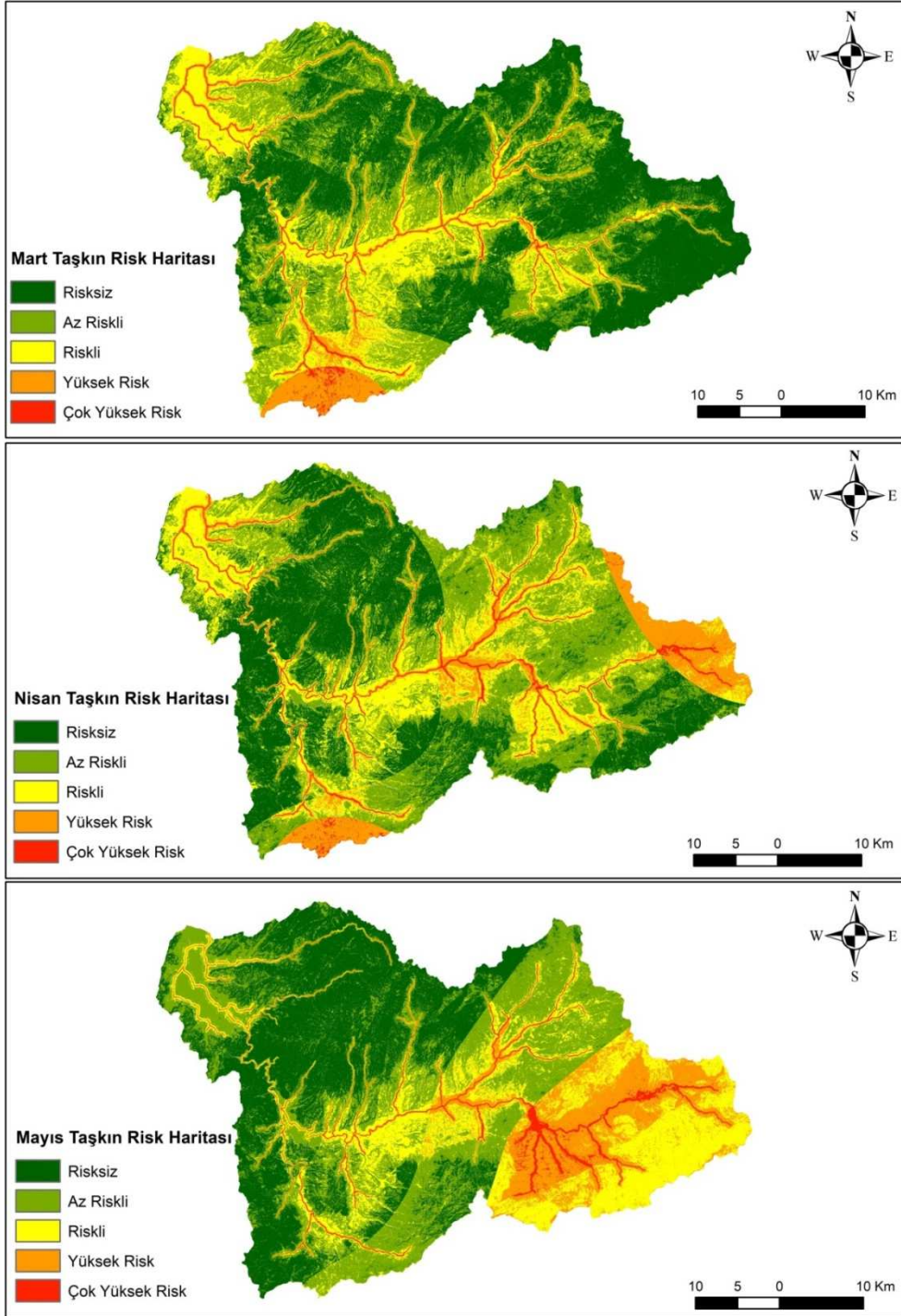
Az riskli alanlar kışın başlangıcında artış gösterirken ortalarında ve yaza doğru yerini daha çok risksiz sınıfa bırakmaktadır.

Risksiz alanlar Şubat ve Mart'ta en geniş alanı kaplarken Ocak ve Temmuz'da riskli alanlar artmaktadır.

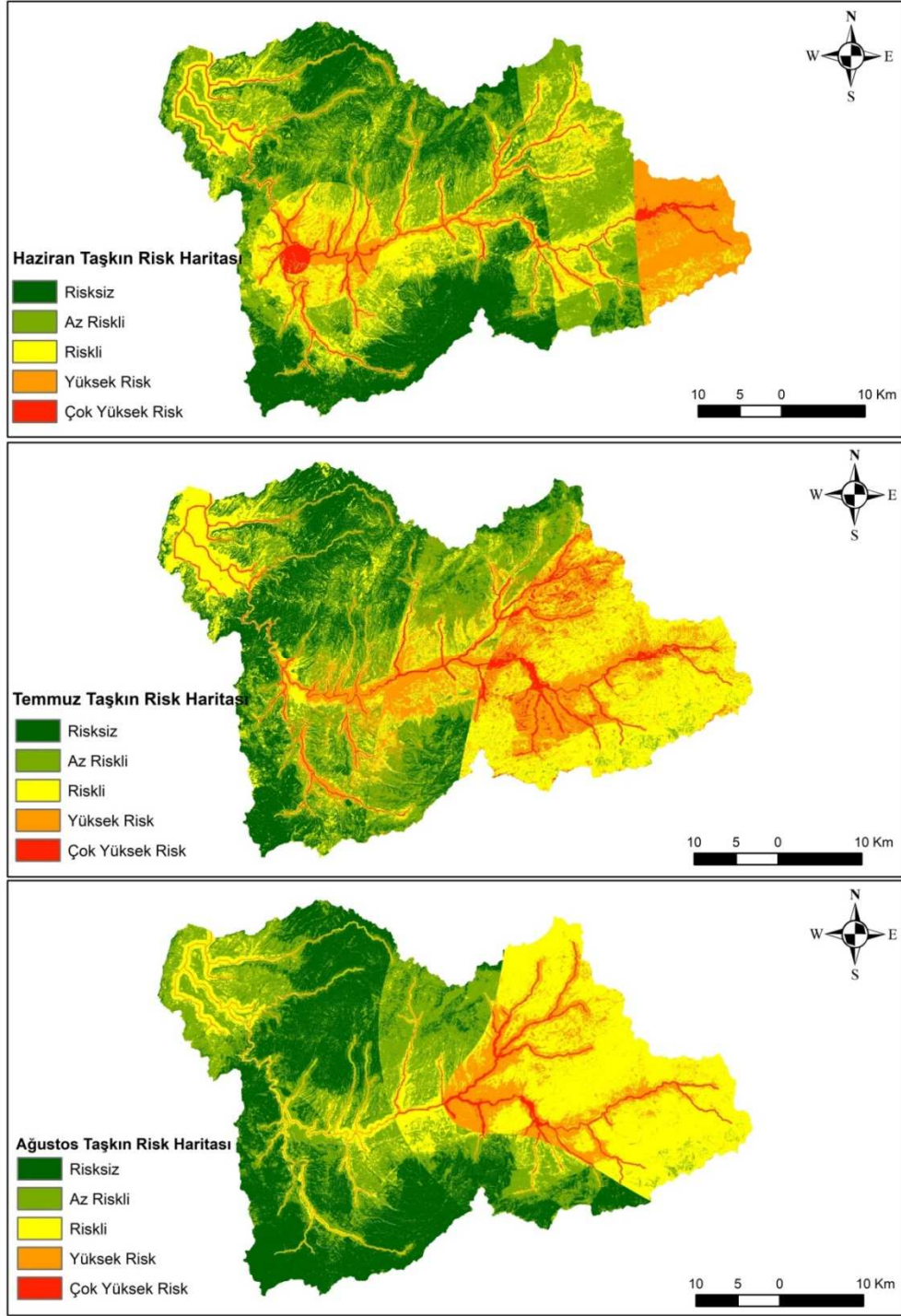
Genel olarak değerlendirildiğinde kış aylarından yaza doğru ani ve yüksek yağışların etkisi ile riskin artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca sonbahar ile başlayan yağışlı dönem ve mevsim geçişlerindeki ani ve şiddetli yağışlar sel ve taşkın riskini arttırmaktadır.



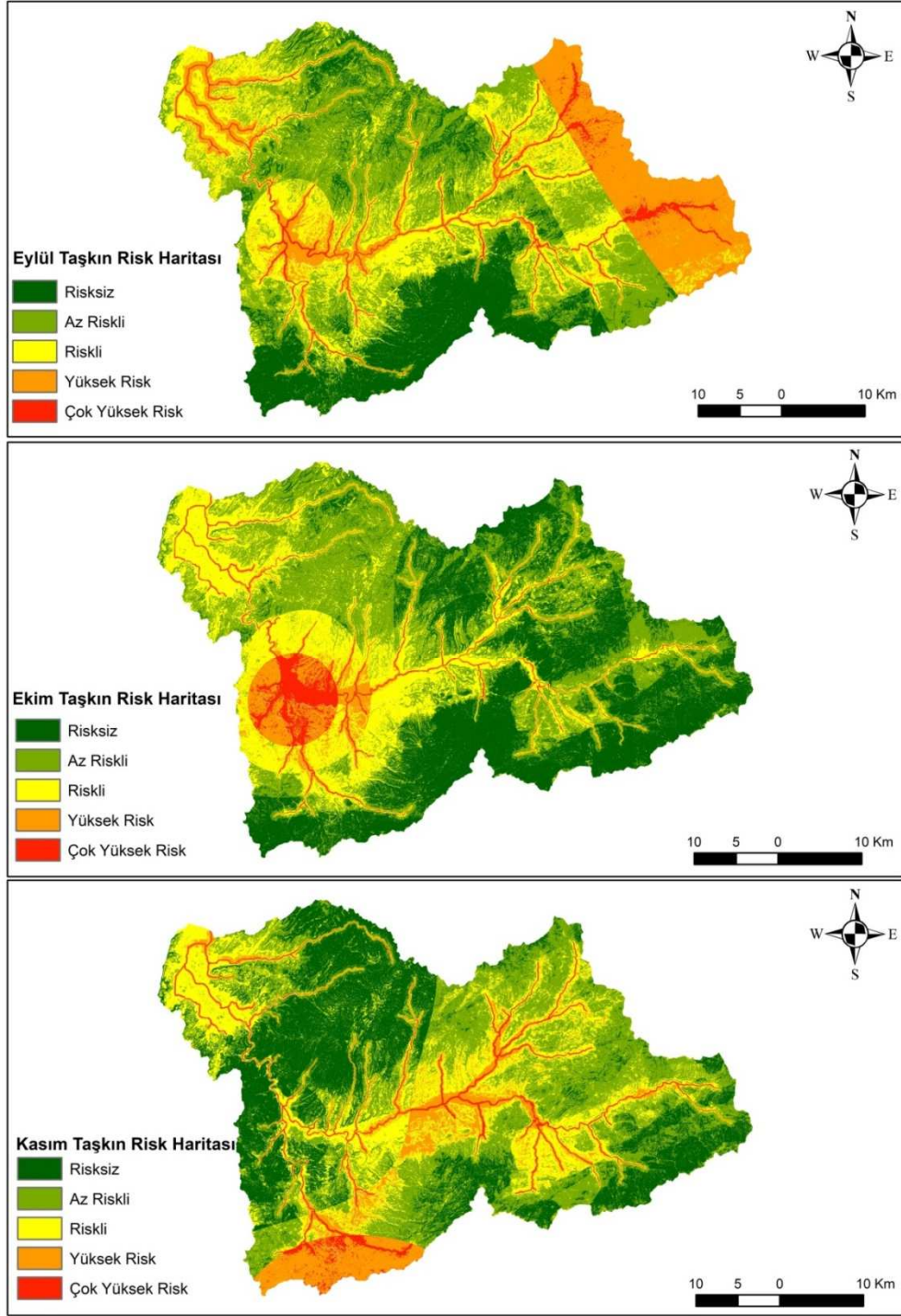
Şekil 21. Kış ayları sel ve taşkın risk haritaları



Şekil 22. İlkbahar ayları sel ve taşkın risk haritaları



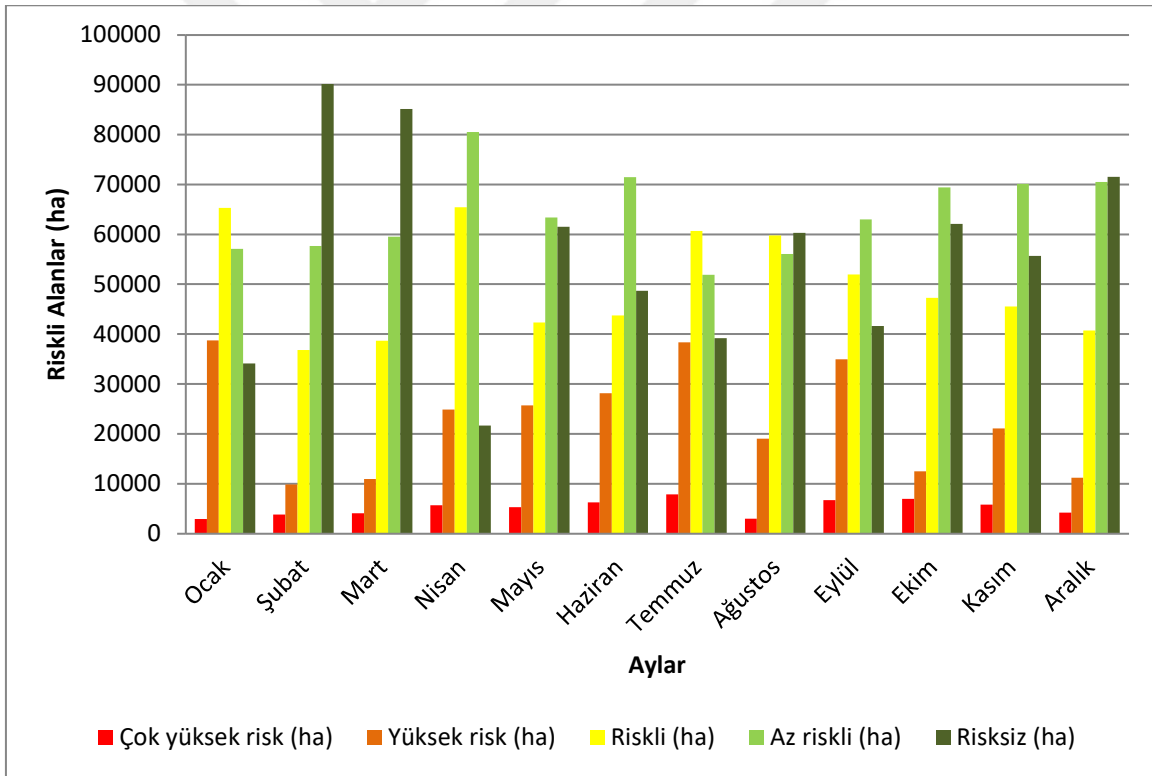
Şekil 23. Yaz ayları sel ve taşkın risk haritaları



Şekil 24. Sonbahar ayları sel ve taşkın risk haritaları

Tablo 14. Sel ve taşkın riskinin alansal dağılımı

	Çok yüksek risk (ha)	Yüksek risk (ha)	Riskli (ha)	Az riskli (ha)	Risksiz (ha)
Ocak	2916,63	38761,18	65334,61	57101,19	34126,39
Şubat	3822,74	9826,4	36783,6	57648,2	90124,4
Mart	4090,086	10972,34	38678,19	59536,42	85130,42
Nisan	5681,81	24884,01	65447,71	80530,99	21682,69
Mayıs	5272,68	25677,83	42350,91	63407,22	61518,4
Haziran	6230,9	28167,16	43721,26	71454,13	48653,69
Temmuz	7830,9	38340,76	60658,15	51910,7	39165,18
Ağustos	3007,48	19018,33	59791,47	56083,05	60327,7
Eylül	6695,4	34951,74	51959,53	62989,65	41631,7
Ekim	6946,66	12510,27	47260,19	69437,53	62073,13
Kasım	5785,9	21115,02	45526,73	70116,26	55682,6
Aralık	4201,47	11219,67	40727,21	70517,63	71560,88



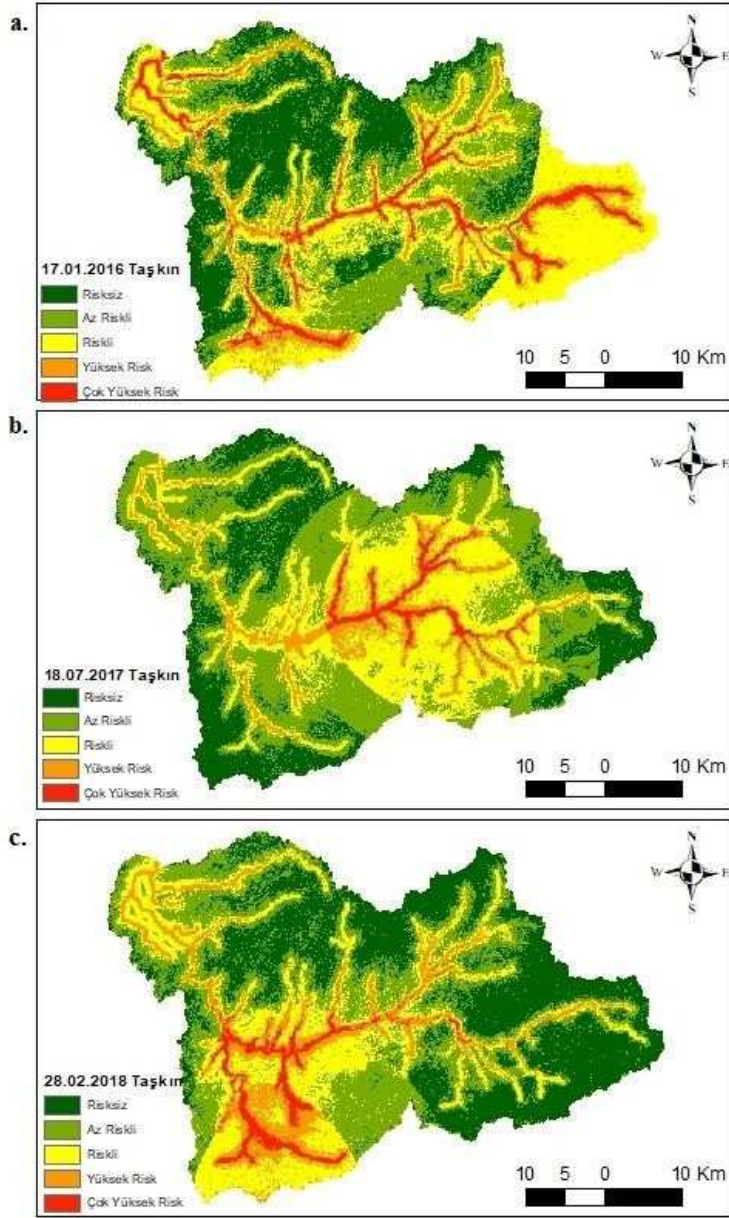
Şekil 25. Aylık sel ve taşkın risk dağılımı

#### 4.6. Geçmiş Taşkımlarla Doğruluk Analizi

Çalışma sonucunda; Ocak 2016 taşkın döneminde (Şekil 26 (a)) Karamenderes Havzasının %30,37'si (60209,89 ha) az riskli, %28,88'i (57244,99 ha) riskli, %24,03'ü (47643,3 ha) risksiz, %11,04'ü (21892,9 ha) yüksek riskli ve %5,67'si (11248,1 ha) çok yüksek riskli bulunmuştur. Meydana gelen taşkında yerel basından edilen bilgiye göre (URL 1), havzanın Güneydoğusunda bulunan Evciler karayolu, Serhat Köyü ve Yassıbağ Köyü arasındaki yol sular altında kalmıştır.

Temmuz 2017 taşkın döneminde (Şekil 26 (b)) Karamenderes havzasının %39,11'i (77520,41 ha) az riskli, %27,06'sı (53633,65 ha) riskli, %21,76'sı (43141,77 ha) risksiz, %9,67 (19178,58 ha) yüksek riskli ve %2,40'ı (4755,258 ha) çok yüksek riskli bulunmuştur. Yerel basına göre (URL 2), Bayramiç'te meydana gelen yağışlar ilçede sele neden olmuştur.

Şubat 2018'de meydana gelmiş olan taşkında (Şekil 26 (c)) Karamenderes Havzasının %33,3'ü (66075,04 ha) risksiz, %31,21'i (61865,59 ha) az riskli, %20,60'ı (40845,07 ha) riskli, %11,63'ü (23059,57 ha) yüksek riskli ve %3,22'si (6384,171 ha) çok yüksek riskli bulunmuştur. Çalışma sonucunda CBS ortamında üretilen, Çanakkale Karamenderes Havzasının Ocak 2016, Temmuz 2017 ve Şubat 2018 taşkın dönemi risk haritalarının, yerel basına (URL 3), göre taşkından etkilenen bölgeler ile örtüştüğü görülmektedir. Sel ve taşkın duyarlılık haritaları incelendiğinde, riskin alansal değişiminde baskın olan faktörün yağış olduğu görülmektedir.



Şekil 26. Ocak 2016 taşkın risk haritası (a), Temmuz 2017 taşkın risk haritası (b), Şubat2018 taşkın risk haritası (c)

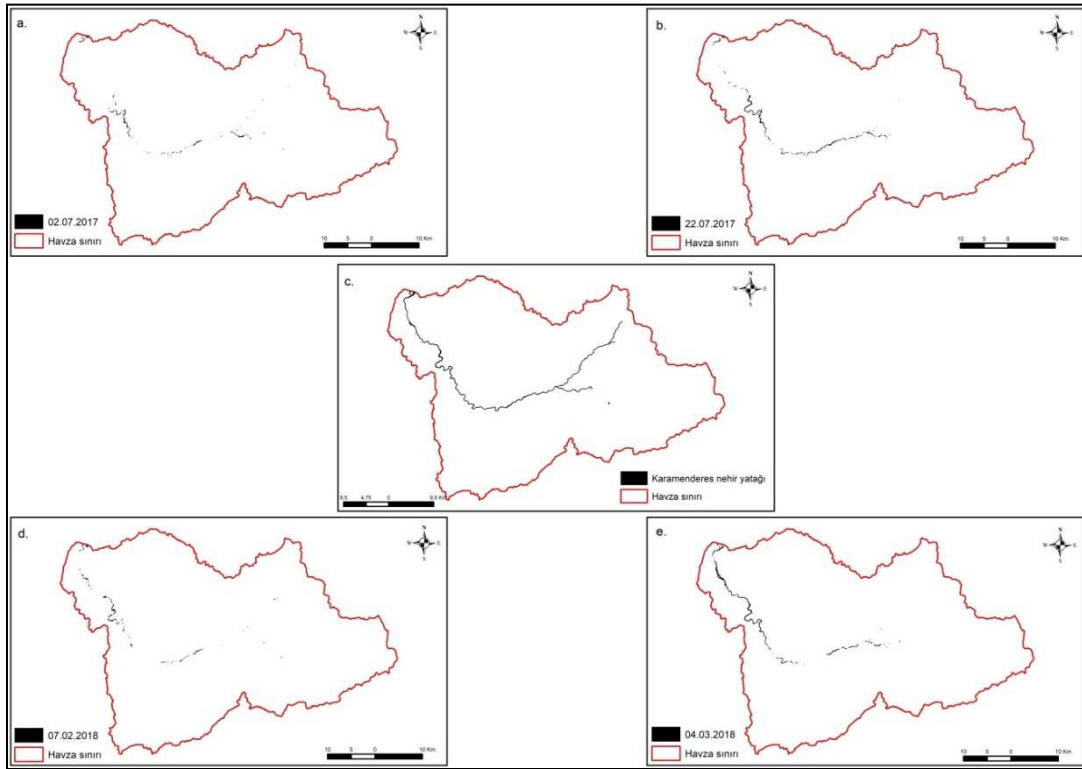
#### 4.7. Nehir Yatağındaki Su Varlığının Değişimi

Çalışmanın bu bölümünde gösterilen iki taşkın öncesi ve sonrası NDWI görüntülerinden nehir yatağındaki su varlığı ortaya konmuştur. Oluşturulan NDWI görüntüleri ve Karamenderes nehir yatağının sayısallaştırılan en geniş sınırları Şekil 27 de gösterilmiştir. Karamenderes nehir yatağı en geniş sınırlarında 3,368724 km<sup>2</sup>'dir. 18.07.2017 tarihinde meydana gelen taşkın öncesi 2.07.2017 tarihine ait NDWI görüntüsü



kullanılmış ve nehir yatağındaki su 0,299685 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Taşkın sonrası nehir yatağındaki su varlığını hesaplamak için 22.07.2017 tarihli NDWI görüntüsü kullanılmış ve 0,821869 km<sup>2</sup> alan su ile kaplı bulunmuştur. 2017 yılında meydana gelmiş taşkın sonrasında nehirdeki su varlığında %63,53 bir artış gözlenmiştir.

28.02.2018 tarihinde gerçekleşen taşkın öncesi 7.02.2018, taşkın sonrası 4.03.2018 tarihli NDWI görüntüleri kullanılmıştır. Hesaplanan verilere göre taşkın öncesinde 0,524631 km<sup>2</sup> olan su varlığı taşkın sonrasında 1,418612 km<sup>2</sup> ye yükselerek %63,01 artış göstermiştir. Nehir yatağındaki su varlığı alansal olarak Tablo 16’da belirtilmiştir.



Şekil 27. 2017 taşkın öncesi (a) nehir yatağı, 2017 taşkın sonrası (b) nehir yatağı, Karamenderes nehir yatağı (c), 2018 taşkın öncesi (d) nehir yatağı, 2018 taşkın sonrası (e) nehir yatağı

Tablo 15. Taşkın öncesi ve sonrası nehir yatağı alanı

Tarih	Alan (km <sup>2</sup> )
2.07.2017	0,299685
22.07.2017	0,821869
7.02.2018	0,524631
4.03.2018	1,418612

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Meteorolojik kökenli doğal afetlerden biri olan sel ve taşkınlar, iklim değişikliği, düzensiz kentleşme ve yeterli olmayan altyapı nedeniyle son yıllarda artış göstermektedir. Bu çalışmada Çanakkale ili sınırlarında bulunan Karamenderes Havzasındaki sel ve taşkın tehlikesi altında olan bölgelerin tespiti için ÇKKVY'den biri olan AHS kullanılmıştır. AHS'de kullanılan parametreler; litoloji, yağış, eğim, bakı, yükseklik, akarsu ağına uzaklık, AKÖ olarak belirlenmiştir. Uygulama CBS ortamında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Sel ve taşkın riski bakımından düşük duyarlılığa sahip alanlar yoğunlukla ormanlık bölgeler olmakla birlikte riskli alanlarda tarım arazileri ve yapay alanlar olduğu görülmektedir. Ancak çalışmada birden çok faktöre göre risk haritalaması yapıldığı göz önünde bulundurulursa ormanlık alanların yoğun miktarda bulunduğu havzanın güneybatı bölgesi topografyanın çanak şeklide olması ve geçirimsizliğin düşük olması sebebiyle genel olarak riskli bulunmuştur.
- Havzanın güney ve batı bölgelerinde çok az geçirimli litolojik yapı bulunması ayrıca yağışların yıl içerisinde özellikle kış aylarında Ayvacık ve Yenice bölgelerinde yoğun miktarda gerçekleşmesi bu bölgelerde sel ve taşkın riskinin artmasının en temel sebeplerinden biridir.
- Çalışma alanında yağış rejimi düzenli olup riskli alanlar kış aylarından başlayarak düzenli değişim göstermektedir. Kış aylarında yoğunlukla güneyde olan risk yaza doğru batıya kaymakta ve daha sonra tekrar güneye doğru dönmektedir. Sel ve taşkın riski genel olarak kış ortasında sistem yağışları ile yüksek, bahar sonu ve yaz aylarında risk ani ve şiddetli yapılarla yüksek ve yağışlı döneme geçiş olan sonbaharda tekrar yüksek olduğu görülmektedir.
- Havzayı boydan boya kaplayan Karamenderes nehrinin birçok mevsimlik akarsu koluna sahiptir. Nehir yatağı etrafında ve akarsu kollarının birleştiği noktalarda sel ve taşkın duyarlılığının yüksek olduğu görülmektedir.

- NDWI görüntüleri ile yapılan doğruluk analizine ve geçmiş taşkın analizine göre yağışlar sel ve taşkın oluşumunda en belirleyici parametredir.

- Çalışma alanı taşkın riski bakımından duyarlı bir bölge olmakla beraber meydana gelen taşkınlardan tarım alanları ve yerleşimler önemli ölçüde etkilenebilmektedir. Özellikle riskin yüksek olduğu Karamenderes Nehri etrafında yoğun miktarda tarım arazisi bulunmaktadır. Bu bölgelerde meydana gelen taşmalar sonucunda tarım alanlarının sular altında kalmış olduğu bilinmektedir. İleride meydana gelebilecek sel ve taşkınlarda yine zarar görebileceği çalışma sonucunda ortaya konulmuştur. Nehir yatağı etrafında alınacak önlemlerin oluşabilecek zararı en aza indirmesi beklenilebilmektedir.

CBS ortamında gerçekleştirilen uzaktan algılama, meteoroloji, jeoloji gibi farklı kaynaklardan verilerin bir arada değerlendirildiği bir ÇKKVY uygulamasını içeren bu çalışma ve türevleri sel ve taşkın afetinin yaşandığı bölgeler için ekonomi, zaman ve işgücünden tasarruf sağlamaktadır. Yapılan çalışma ile Çanakkale Karamenderes Havzası'nda sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu belirlenmiştir ve geçmiş olaylarla da doğrulanmıştır. Sel ve taşkın afetine karşı hazırlık aşaması kapsamında bu çalışmada oluşturulan sel ve taşkın duyarlılık haritaları ilgili kurumlar tarafından kullanılabilir. Aynı zamanda Risk haritaları planlamada ve müdahalede zamandan kazandırıp ve iş yükünün hafifletilmesine olanak sağlayacaktır. Risk haritaları ile yapılacak doğru ve etkili müdahale sonucu daha az insanın sel ve taşkın afetinden direkt veya dolaylı olarak zarar görmesi engellenebilir. Ayrıca şehir ve bölge planlama açısından riskli alanlarda bulunan yerleşim yerlerinin, tesislerin ve tarım arazilerinin belirlenmesi ve planlamaya yönelik öneriler sunulması olası zararları azaltacak ve sosyoekonomik açıdan katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

Adil, Ö., Günay, T. ve Güzel, B. (2008). “Öğretmen adaylarının öğrenciye yönelik tutumları ile öğrenci başarısı”, *V. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi*, 3-5 Haziran 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale. 115-120.

AGI. (1991). GIS Dictionary. Ver. 1.1, Association for Geographical Information Standarts Comittee Publication, UK.

Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile yukarı kara menderes havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(2), 557-576.

Aliyazıcıoğlu, P. (2019). *Uydu görüntüleri üzerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi ile bitki deseninin belirlenmesi* (yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Anonim, 2008. Agriculture organization of the united nations classifications. Erişim adresi: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-standards>

Anonymous, (2001). Plant materials. Technical Notes. U.S. Department of Agriculture Naturel Resources Service, November. Montana.

Arca, D. (2012). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 53-61

Armocost, R. L.; Hosseini, J. C. (1994). Identification of determinant attributes using the analytic hierarchy process. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22(4), 383.

Ashkanay, G. (2012). Education system related to cultures. *Social Education*, 23 (2). Retrieved June 22, 2012, from [http://www.valueseducation.edu.au/verve/\\_resource/ve\\_acsa\\_paper.pdf](http://www.valueseducation.edu.au/verve/_resource/ve_acsa_paper.pdf).

Avrupa'nın Covid Korkusu. (2020, 22 Nisan). Akşam.

Ayhan, S.; Erdoğan, Ş. (2014). Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(1), 175-201.

- Bağdatlı, M.C., ve Albut, S., (2012). Taşkın kontrolü çalışmalarında cbs'nin kullanım etkinliğinin değerlendirilmesi: Tekirdağ Maymun Deresi Havzası pilot uygulaması. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Benek, S., Sahap, A. (2016). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak şehirselleşimin arazi kullanımına etkisinin incelenmesi: şanlıurfa şehri örneği. *Electronic Turkish Studies*, 11(8).
- Bulut, S.; Günlü, A. (2016). Arazi kullanım sınıfları için farklı kontrollü sınıflandırma algoritmalarının karşılaştırılması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 528-535.
- Cortes, C., Vapnik, V. (1995). Support vector networks, *Machine Learning*, 20(3),1-25.
- Çetinkaya, O.; Sümer A. (2013). Karamenderes Havzası topraklarının yarıyıllık mikro besin elementlerinin (Fe, Cu, Zn ve Mn) durumu, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 57-65.
- Dağdeviren, M., Akay, D., ve Kurt, M. (2004). İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138.
- Demirkesen, A. C. (2003). Sayısal yükseklik modellerinin analizi ve sel basman alanlarının belirlenmesi. *TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Poster Bildiri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, 24-25.
- Dereli, M. A. (2019). Sentinel-2A Uydu Görüntüleri ile Giresun İl Merkezi için Kısa Dönem Arazi Örtüsü Değişiminin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 361-368.
- DSİ. (2018). İşletmedeki Tesisler, <http://bolge25.dsi.gov.tr/isletmedekitesisler>
- Durgun, P. (2012). *Sosyo-ekolojik gelişmeler perspektifinde kırsal turizm algısının ölçülmesine yönelik bir araştırma* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Eagle, F. ve Gloomy, Y. (2005). Some Performance Indicators, *VI. International Agricultural Symposium*. October 04-07, Joharina, 1590-1596.

- ESA. (2013). "SENTINEL-2 User Handbook". Paris.
- Frost, A. (2001). Religion, Encyclopedia of religion. Daniel A. Stout (ed.). New York:Routledge.
- Fujisaki, I., Pearlstine, L. G., & Mazzotti, F. J. (2010). Validation of daily surface water depth model of the Greater Everglades based on real-time stage monitoring and aerial ground elevation survey. *Wetlands ecology and management*, 18(1), 17-26.
- Genç, M. (2015, 18 Aralık). Ekonomik Kalkınma, Çağ Gazetesi.
- Gerry, M. (2002). A Socio-psychological profile of subject perceptions of students (Doctoral dissertation). University of Wales, Bangor
- Görcelioğlu, E. (2003). Sel ve çığ kontrolü. *İÜ Yayınları, İstanbul*.
- Gülersoy, A. E. (2013). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: manisa merkez ilçesi örneği (1986-2010). *Electronic Turkish Studies*, 8(8).
- Gürbüz, Ç. (1999). Sosyal değişim. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 4 (2), 184-188.
- Hubbs, C. ve Blaxter, J. S. (2006). "Ninth larval fish conference: Development of sense organs and behaviour of Teleost larvae with special reference to feeding and predator avoidance". *Transactions of the American Fisheries Society*, 5(1), 98-114.
- Jenson, S. K., & Domingue, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 54(11), 1593-1600.
- Kabange, M., Elaru, J., Wang, H., Li, F., (2017). Characterizing flood hazard risk in data- scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Natural Hazards*, 89(3), 1369-1387.
- Karaman, M., Özelkan, E., Taşdelen, S. (2018). Dar Nehirlerin Sentinel 2-A Uydu Görüntüleri ile Belirlenebilirliğinde Havza Hidrojeolojisinin Etkisi: Karamenderes (Çanakkale) Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2): 140-155.

- Keskin, C. (1993). Yapay Zeka. İstanbul ansiklopedisi (C 2, 147-149). İstanbul: Bilişim Yayınları.
- Khaleghi, S., & Mahmoodi, M. (2017). Assessment of flood hazard zonation in a mountainous area based on GIS and analytical hierarchy process. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 12(1), 311-322.
- Korkanç, S. Y., & Korkanç, M. (2006). Sel ve taşkınların insan hayatı üzerindeki etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8(9), 42-50.
- Kourgialas, N. N. ve Karatzas, G. P. (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal—Journal des Sciences Hydrologiques*, 56(2), 212-225.
- Li, W., Du, Z., Ling, F., Zhou, D., Wang, H., Gui, Y., ... & Zhang, X. (2013). A comparison of land surface water mapping using the normalized difference water index from TM, ETM+ and ALI. *Remote Sensing*, 5(11), 5530-5549.
- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Maliene, V., Grigonis, V., Palevičius, V., Griffiths, S. (2011). Geographic information system: Old principles with new capabilities. *Urban Design International*. 16(1), 1-6.(2011). <https://doi.org/10.1057/udi.2010.25>
- MEB (2008). Karşılaştırmalı eğitim programları. Fen Lisesi öğretim programı (s. 209-239). Erişim: [adresi:http://dogm.meb.gov.tr/www/ogretim-programlari/icerik/14](http://dogm.meb.gov.tr/www/ogretim-programlari/icerik/14).
- Ömürbek, N.; Şimşek, A. (2014). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemleri ile online alışveriş site seçimi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12(22), 306-327.
- Önsoy, H. (2008). Kentleşmede hidrolojinin önemi, 5. *Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları: Sel, Taşkın ve Heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı*, 38-42.
- Özelkan, E. (2020). Water body detection analysis using NDWI indices derived from landsat-8 OLI. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1759-1769.

- Özelkan, E., Sağlık, A., Sümer, S. K., Bedir, M., Kelkit, A. (2018). Kentleşmenin tarım alanları üzerine etkisinin uzaktan algılama ile incelenmesi-Çanakkaleörneği. *COMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 123-135.
- Özyavuz, M. (2011). Tekirdağ kent merkezinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ile incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 65-73.
- Palaseanu, M., & Pearlstine, L. (2008). Estimation of water surface elevations for the Everglades, Florida. *Computers & Geosciences*, 34(7), 815-826.
- Rad, A. M., Kreitler, J. R., & Sadegh, M. (2021). Augmented normalized difference water index for improved monitoring of surface water. *Environmental Modeling and Software*, 140.
- Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M. (2015). Flood Hazard Zoning In Yasooj Region, Iran, Using GIS And Multi-Criteria Decision Analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7 (3): 1000-1017.
- Raney, R. K. (2013). Canada Centre for Remote Sensing. *Oceanography from Space*, 13, 497.
- Real, H. (2005). Socialization and enculturation. *Current Anthropology*. 5 (2). 105-125.
- Saaty, T. L. (1997). That is not the analytic hierarchy process: what the AHS is and what it is not. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6(6), 324-335.
- Saaty, T. L. (2000). Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process (Vol. 6). RWS publications.
- Selçuk, L., Selçuk, A. S., Kasapoğlu, D. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çokkriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi Van/Türkiye. *Yerbilimleri Dergisi*, 37(1), 1-18.
- Sensoy, S., Demircan, M., Ulupinar, Y.; Balta, I. (2008). Climate of turkey. *Turkish state meteorological service*, 401.
- Shi, J.; Zhou, S. (2009). Quality control and improvement for multistage systems: A survey. *Iie Transactions*, 41(9), 744-753.



- Tanrıverdi, M. (2019). *Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile Şanlıurfa İl Merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi* (yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- TCMB (2012). Yıllık rapor. Erişim adresi: <http://www.tcmb.gov.tr>.
- Tokgözlü, A.; Özkan E. (2018). Taşkın Risk Haritalarında AHS Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği. *Sdü Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 151-176
- Tonbul, S., Sunkar, M. (2011). Batman'da yaşanan Sel ve taşkın olaylarının (31 Ekim-1 Kasım 2006) Sebep ve Sonuçları. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları*, 237, 258.
- URL 1., 2016. <https://www.sondakika.com/haber/haber-kazdaglari-ndan-inen-sel-sularitaskina-neden-oldu-8071738/>
- URL 2., 2017. <https://canakkalegundem.net/2017/07/18/canakkale-yagmura-teslimoldu-2>
- URL 3., 2018. <https://www.yeniasir.com.tr/ege/canakkale/2018/02/28/ezinede-selfelaketi>
- Ustasüleyman, T.; Perçin, S. (2007). Analitik ağ süreci yaklaşımıyla kuruluş yeri seçimi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 37-55.
- Uşıkay S., Aksu S. (2002). Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler, *TMH- Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı* 420-421-422
- Uyar, A., Öztürk, D. (2018). Kızılırmak Havzası Drenaj Ağının ve Alt Havza Sınırlarının Uzaktan Algılama ve CBS İle Otomatik Çıkarımı. *2. International symposium on innovative approaches in scientific studies*, Kasım 30- Aralık 2, 2018, Samsun
- Yalçın, M. (2012). *Afet yönetimi-hazırlık bileşeni için konumsal veri altyapısı tasarlanması, sel ve taşkına duyarlı alanlar: İstanbul Avrupa Yakası örneği* (yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, İ., Öztürk, D., Kırbaş, U. (2017). *Çorum İli Taşkın Tehlikesinin Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi* (yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

