

T. C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARHAVİ İLÇESİ İÇİN DRON VERİSİNE
DAYALI SEL VE TAŞKIN MODELLEMESİ

ADINANT DOLO

2501141283

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. HÜSEYİN TUROĞLU

İSTANBUL-2018



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS

TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : ADINANT DOLO

Numarası : 2501141283

Anabilim Dalı /
Anasanat Dalı / Programı : COĞRAFYA

Danışmanı : PROF. DR. HÜSEYİN TUROĞLU

Tez Savunma Tarihi : 04.06.2018

Saati : 10:30

Tez Başlığı : " Arhavi İlçesi İçin Dron Verisine Dayalı Sel ve Taşkın Modellemesi "

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, soruların cevaplarına alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** OYBİRLİĞİ / **GYÇOKLUĞUYLA** karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- PROF. DR. HÜSEYİN TUROĞLU		Kabul
2- PROF. DR. MERAL AVCI		Kabul
3- DR. ÖĞR. ÜYESİ MUSA ULUDAĞ		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- DR. ÖĞR. ÜYESİ CİHAN BAYRAKDAR		
2- DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET FATİH DÖKER		

ÖZ

ARHAVİ İLÇESİ İÇİN DRON VERİSİNE DAYALI SEL VE TAŞKIN MODELLEMESİ

ADINANT DOLO

Bu tezde; Arhavi İlçesinde meydana gelen sel ve taşkınların araştırılması hedeflenmiştir. Araştırma; Dron, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri kullanarak gerçekleştirilmiştir. Arhavi Belediyesine ait olan drone kullanarak elde edilen yersel verilerle, yüksek çözünürlüklü Dijital Yüzey Modellemesi (DYM) üretilmiştir. Çalışma alanına ait hava fotoğraflarının çekimi Dron aracılığı ile yapılmıştır. Yüksek çözünürlüklü DYM'nin oluşturulabilmesi için de fotogrametrik yazılımlar kullanılmıştır. Ayrıca, 47 yıllık; günlük yağış verileri, 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlamaya periyodu ile Weibull metodu kullanarak, 24 saatlik yağış tekrarlamaya periyodu hesaplanmıştır. Daha sonra akış hidrografi; SCS Sentetik Hidrograf yöntemi kullanılarak sentezlenmiştir. Sentezleme hidrografi üç akarsu havzasını; Musazade Havzası, Yukarı Hacılar Havzası ve Aşağı Hacılar Havzasını içermektedir. Daha sonra, sel-taşkın felaketinden etkilenen bölge için HEC-RAS yazılımı kullanarak analizler yapılmıştır. Analizde; tez sahasına ait DYM ve Akış hidrografi, çalışma alanının fiziksel faktörleri dikkate alınmıştır.

Sonuç olarak; drone ve fotogrametrik işlem kullanarak, 3,2 km² lik alanı için piksel başına 20 cm'lik yüksek çözünürlüğe sahip DYM oluşturulmuştur. Tez sahasına ait 3,2 km² lik alanı için simülasyon sonuçlarından; tez sahasında, 2 yıllık tekrarlamaya periyodunda, yağış düştükten sonra 3 saat 10 dakika sürede sel afetlerinin gerçekleşeceği anlaşılmıştır. 100 yıllık dönem için simülasyon sonucu; selden etkilenecek alan 0,221 km² lik bir alan olacaktır. En çok etkilenen alan, Yukarı Hacılar ile Aşağı Hacılar deresi arasındaki alan ve üç akarsudan gelen suyun birleştiği Özey Hotel'in arkasındaki yerleşim alanıdır. Yapılan analizler su kütlesinin 65 saat içinde Karadeniz'e tahliye olacağına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Dron, Taşkın Modellemesi, Dijital Yüzey Modellemesi,

ABSTRACT

FLOOD AND FLASH FLOOD MODELING

IN ARHAVI DISTRICT ARTVIN PROVINCE BASED ON DRONE DATA

ADINANT DOLO

This thesis aims to study about flood and flash flood modeling and to try to create the high-resolution of Digital Surface Model (DSM) from the drone data in the Arhavi Municipality by using Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) technologies to analyze. In the study, drone was used to shooting aerial photography throughout the study area and take the photo into photogrammetric software to create the high-resolution of DSM. The 47 years daily rainfall data in the past were used to calculate the return period of rainfall over a 24 hours' period using the Weibull method of 2, 5, 10, 25, 50 and 100-year return period. Then the runoff-hydrograph was synthesized using SCS Synthetic Hydrograph method. Synthesize hydrographs in all three river basins include the Musazade basin, Upper Hacilar basin and Lower Hacilar basin. Then used the DSM, hydrograph and physical factors of the study area to assess area affected by flood-flash flood disasters using software HEC-RAS in the analysis. The results show that the creation of the DSM using drone and the photogrammetric process can produce a high-resolution of the DSM of 20 cm. per pixel covering an area of 3.2 km². The simulation results of flood show that the runoff will flood from the 2-year return period from 3 hours and 6 minutes after the rain has fallen. In simulation at the 100-year return period, the area affected will be 0.221 km². The most flood affected area was the area between the Upper Hacilar and Lower Hacilar stream and the residential area behind the Özay Hotel, where the water from all three streams converged. The water mass will begin to drain into the Black Sea within 65 hours.

Keywords: GIS, Drone, Flood Modeling, Digital Surface Model

ÖNSÖZ

Bu tez, İstanbul Üniversitesi'nin yüksek lisans coğrafya programı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada; dron, fotogrametrik teknikler, geçmiş yağış verileri ve sel simülasyon yazılımı kullanarak, çeşitli yağış tekrarlamalarıyla sel koşullarının ve sel alanlarının tahmini, kentsel sel modellemesinin oluşturulması amaçlanmıştır. Tez beş ana bölümden oluşturulmuştur. İlk bölüm de tanıtım, ikinci bölüm tez içeriği ve üçüncü bölümde bir özete yer verilmiştir. İkinci bölümde tezin içeriği beş bölümden oluşmaktadır. Detaylar aşağıda verilmiştir.

Birinci bölümde; Alanının jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri, toprak, arazi kullanımı, arazi örtüsü, iklim ve hidrografik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde; Hava fotoğraflarına ve alan araştırmalarına uçuş sonuçlarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde; Fotogrametrik analiz, hava fotogrametrisinin tanımı, hava fotogrametrisinin tarihsel arka planı, fotogrametri çeşitleri, yazılım ve fotogrametri analizi ve fotogrametrik yöntemden elde edilen son ürünün Dijital Yüzey Modeli ve ortofoto olarak kapsanan konular ele alınmıştır.

Dördüncü bölüm; Yağış-akış analizi, olasılık analizi, sızma ve akış analizi, pik seviyeleri ve hidrografik sentez ünitesi hakkında tartışılmaktadır.

Beşinci bölüm; bu bölümde önceki dört bölümün en önemli kısmını oluşturmaktadır. Sel modellemesi ve sel modelleme sonuçlarının geliştirilmesi hakkında tartışılmıştır.

Bu çalışmanın oluşturulmasında başta aileme babam Bay Maming DOLO ve beni doğuran annem Bayan Wasong DOLO'ya, beni eğitip, büyütükleri ve okutukları için teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın başından sonuna kadar bana sağlamış oldukları burslardan dolayı Türk Hükümeti'ne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın oluşturulmasında başından sonuna kadar bana yardım eden, beni yönlendiren çalışmamın profesyonel bir şekilde oluşması için asıl gerekli olan Dronu sağladığı ve bilimsel olarak destek sağladığı için değerli hocam tez danışmanım Profesör Dr. Hüseyin TUROĞLU' na sevgi ve saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana verdi eğitim ve yönlendirmeleri ile edinmiş olduğum bilgi birikimi doğrultusundaki başarıdan dolayı kendisine minnettarlığımı dile getirmeliyim. Her zaman yanımda olan arkadaşım ve akıl hocam; kız kardeşim Bayan Saveeyah CHEDO'ya teşekkür ederim. Çalışma boyunca yanımda olan ve benden yardımlarını esirgemeyen Fatih ASILYAZIC'ya Arhavi Belediye Başkanı Coşkun HEKİMOĞLU ve Belediye başkan yardımcısı Nail KÖSEOĞLU'na; bütün çalışmam boyunca beni misafir etikleri ve işimi sistemli doğru bir şekilde yürütmem için Belediye imkânlarından teknolojilerinden faydalanmama olanak sundukları için teşekkürü borç bilirim. Son olarak bu tezi yazmamda ve düzenlememde bana sabırla yardımcı olan Hatice ATAŞ'a teşekkür ederim.

Son yıllarda gelişen modern teknolojinin bize sağlamış olduğu kolaylıklara rağmen, “Çaba neredeyse, Başarı oradadır” sözü unutulmamalıdır.

İstanbul 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xiii
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ	xiv
HARİTALAR LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA ALANININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

1.1. Jeolojik Özellikler	16
1.2. Toprak Özellikleri	16
1.2.1. Büyük Toprak Grupları.....	17
1.2.2. Hidrolojik Toprak Grupları.....	19
1.3. Arazi kullanımı ve Arazi Örtüsü	22
1.4. İklim Özellikleri	23
1.4.1. Yağış ve Sıcaklık Dönemi	24
1.4.2. Yağış ve Sıcaklık Sezonu	26
1.4.3. Yağış ve Sıcaklık Eğilimleri.....	28
1.5. Hidrografik Özellikler	30

İKİNCİ BÖLÜM

HAVA FOTOĞRAFLARI VE ALAN ARAŞTIRMALARI

2.1. Çekimden Önce Hazırlık Çalışmaları.....	32
2.1.1. Platform ve Yazılım Sınırlamaları.....	32
2.1.2. Uçuş Planlaması.....	33
2.1.3. Uçuş Planlama Sonuçları.....	35
2.2. Hava Fotoğraf Çekimleri.....	36
2.2.1. Dron Hazırlama.....	36
2.2.2. Dron Çekim Hazırlığının yapılması.....	37
2.2.3. Dron Çalışmasının Başlatılması.....	38
2.2.4. Dron Verisini İndirme.....	39
2.3. Uçuş Sonuçları.....	39
2.3.1. Musazade Bölgesi I.....	40
2.3.2. Musazade Bölgesi II.....	41
2.3.3. Musazade Bölgesi III.....	42
2.3.4. Musazade Bölgesi IV.....	42
2.3.5. Belediye Arkası.....	43
2.3.6. Bağlantı Bölgesi.....	44
2.3.7. Aşağı Hacılar.....	44
2.3.8. Yukarı Hacılar.....	45

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

FOTOGRAMETRİ ANALİZİ

3.1. Hava Fotogrametrisinin Tanımı.....	46
3.2. Hava Fotogrametrisinin Tarihsel Süreci.....	46
3.3. Fotogrametri Çeşitleri.....	48

3.3.1. Dijital Hava Fotogrametrisi	48
3.3.2. Yakın Mesafeli Dijital Fotogrametrisi	48
3.4. Yazılım ve Fotogrametrik Analiz	48
3.4.1. 3D Arazi Oluşturma	49
3.4.1.1. Fotoğraf Yükleme	49
3.4.1.2. Fotoğrafları Hizalama	50
3.4.1.3. Yapı Örgüsü	50
3.4.1.4. Yer İşaretleri Yerleştirme	50
3.4.1.5. Yoğun Bulut Oluşturma	51
3.4.2. Tüm Araziyi Birleştirme	52
3.4.2.1. Parçaları Hizalama	52
3.4.2.2. Parçaların Birleştirilmesi	52
3.5. Nihai Ürün (DSM)	53
3.5.1. Dijital Yüzey Modeli (DSM)	53
3.5.2. Ortofoto Mozaikleri	53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YAĞIŞ MİKTARI-YÜZEY AKIŞ ANALİZLERİ

4.1. Olasılık Analizi	55
4.2. Yağış Sızıntısı ve Akış Analizi	57
4.2.1. Yağış Sızması: CN Analizi	59
4.2.2. Akış Analizi	60
4.3. Sentetik Birim Hidrograf (SCS UH)	61
4.3.1. Musazade Deresi Birim Hidrografı	63
4.3.2. Yukarı Hacılar Deresi Birim Hidrografı	63
4.3.3. Aşağı Hacılar Deresi Birim Hidrografı	64

4.4.	Pik Seviyesi Hidrografi Analizi.....	65
4.4.1.	Musazade Deresi Pik Seviyesi Hidrografi.....	65
4.4.2.	Yukarı Hacılar Deresi Pik Seviyesi Hidrografi	66
4.4.3.	Aşağı Hacılar Deresi Pik Seviyesi Hidrografi	67

BEŞİNCİ BÖLÜM

SEL MODELİ ANALİZİ

5.1.	Sel Modelinin Geliştirilmesi	68
5.1.1.	Arazi Modelinin Geliştirilmesi için 2D Modellemesinin Kullanımı	69
5.1.2.	2D Akış Alanının oluşturulması	69
5.1.3.	Kaynaktan mansaba simülasyon işlemi	70
5.1.4.	Hidrolik Yapılar	70
5.1.5.	Akarsu Kırılma Bağlantısının Geliştirilmesi	71
5.1.6.	Hidrograf Verilerinin Girdileri	72
5.1.7.	Sel Modelinin Çalıştırılması	72
5.1.8.	RAS Haritacısını Kullanarak 2D Çıktıyı Görüntüleme	73
5.2.	Sel-Taşkın Modelleme Sonuçları	73
5.2.1.	2 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel-Taşkın Alanı	73
5.2.2.	5 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel-Taşkın Alanı	74
5.2.3.	10 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel Alanı	75
5.2.4.	25 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel Alanı	77
5.2.5.	50 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel-Taşkın Alanı	78
5.2.6.	100 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel Alanı	79
SONUÇ	88
KAYNAKÇA	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : Bu çalışmada kullanılan temel malzemeler.....	6
Şekil 2: Agisoft PhotoScan GUI yazılımı.....	9
Şekil 3: HEC-RAS GUI yazılımı.....	10
Şekil 4: Ana kavramsal çerçeve.....	13
Şekil 5: Hopa- Arhavi ve çevresinin jeolojisi haritası Koprivica (1976).	17
Şekil 6: Orthic Acrisol toprak serisinin partikül büyüklüğü.....	21
Şekil 7: Yerden 150 m yükseklikte dron uçuşu irtifası ayarı.....	34
Şekil 8: Uçuş rotası ve görüntü çakıştırması	34
Şekil 9: Zemin mesafesini örnekleme hesaplayıcısı (GSD Calculator).....	35
Şekil 10: Pix4D Capture on Android yöntemi ile yer gösterme.....	38
Şekil 11: Teknolojik yeniliklerin sonucu olarak başlıca fotogrametrik evreler	47
Şekil 12: Fotogrametri süreci ve ürünleri.	49
Şekil 13: Deniz seviyesinden yüksekte olan sahil boyunu 0 m olarak göstermek	51
Şekil 14: Hidrolik model tasarımı ve geliştirme süreci	68
Şekil 15: Karadeniz yakınlarındaki menfezlerden biri ve mecburi akış modellemesi	71
Şekil 16: Yukarı Hacılar Deresinin kıyısında kesme hattı ekleme.	71

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Çalışma alanının konum özellikleri	3
Tablo 2: DJI Phantom 4 Dron: Platform ve sensör özellikleri	7
Tablo 3: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin genel özellikleri	9
Tablo 4: Toprak profili açıklaması	18
Tablo 5: Orthic Acrisols toprak parçacıkları	18
Tablo 6: Hidrolojik Toprak Gruplarının Tanımı	20
Tablo 7: FAO toprak serisi ile HSG arasındaki dönüşüm	21
Tablo 8: Yağış dönemi	24
Tablo 9: Sıcaklık dönemi	26
Tablo 10: Son 37 yılda yağış ve sıcaklık üzerine ekstrem seviyeler.	28
Tablo 11: Hopa'daki yıllık ortalama sıcaklıklarda gözlemlenen değişiklikler	29
Tablo 12: Üç havzanın bazı özellikleri	30
Tablo 13: Platform ve Yazılım sınırlamaları	33
Tablo 14: Dron uçuş planlaması	35
Tablo 15: Havadan fotoğraf çekimi sonuçları	40
Tablo 16: Her fotogrametrik proste parametrenin ayarları	50
Tablo 17: Parçaları hizalama parametreleri	52
Tablo 18: Parçaları birleştirme parametreleri	52
Tablo 19: DSM'nin son ürünü ve ortofotografi	53
Tablo 20: tekrarlama periyodu 24 saat maksimum yıllık yağış süresi	57
Tablo 21: FAO toprakları HSG'ye dönüştürülmesi	59
Tablo 22: Ortalama CN değeri	60
Tablo 23: Akış analizi	61
Tablo 24: SCS Boyutsuz Birim Hidrograf Koordinatları	63
Tablo 25: Hesaplama nokta aralığı ayarı	69
Tablo 26: kaynaktan mansaba simülasyon işlemi	70
Tablo 27: Havzadaki hidrolik yapı sayısı	70
Tablo 28: Hesaplama ayarı	72

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: 1975- 2014 Yılları arasında yıllık yağış	25
Grafik 2: 2011 - 1975 Arasında yıllık sıcaklık	26
Grafik 3: 1975 - 2014 Arası aylık ortalama yağış	27
Grafik 4: 1975- 2011 Arası aylık ortalama sıcaklık	27
Grafik 5: Hopa istasyonunun sıcaklık ve yağış eğilimleri	29
Grafik 6: Hopa'nın Aylık Ortalama Sıcaklıkları	29
Grafik 7: 1975-2014 arası Hopa maksimum günlük yağış	56
Grafik 8: 24 Saatlik maksimum yağış tekrarlama periyodu grafiği	57
Grafik 9: Musazade Deresi Hidrograf Birimi	64
Grafik 10: Yukarı Hacılar Deresi Hidrograf Birimi	64
Grafik 11: Aşağı Hacılar Deresi Hidrograf Birimi	65
Grafik 12: Musazade Deresinin Pik Seviyesi Hidrografi.	66
Grafik 13: Yukarı Hacılar Deresinin Pik Seviyesi Hidrografi.....	67
Grafik 14: Aşağı Hacılar Deresinin Pik Seviyesi Hidrografi.	67

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Foto 1: Tez sahasının kıyı bölgesi.	5
Foto 2: DJI Phantom 4 Dron modeli	6
Foto 3: Orthic Acrisols toprak profili.	18
Foto 4: Çay plantasyonu ve çay yaprakları	23
Foto 5: Musazade Deresi	31
Foto 6: Yukarı Hacılar Deresi	31
Foto 7: Aşağı Hacılar Deresi	31
Foto 8: Android platformunda DJI Phantom 4 dron ve otopilot uygulaması.....	32
Foto 9: Dron ile hava fotoğraflarının çekimi.....	36
Foto 10: Dronun havalanma aşaması	40
Foto 11: Musazade Bölgesi I hava fotoğrafı mozaïği	41
Foto 12: Musazade Bölgesi II hava fotoğrafı mozaïği.	41
Foto 13: Musazade Bölgesi III hava fotoğrafı mozaïği.....	42
Foto 14: Musazade Bölgesi IV hava fotoğrafı mozaïği.....	43
Foto 15: Belediyenin Arkasında hava fotoğrafı mozaïği.	43
Foto 16: Bağlantı Bölgesi hava fotoğrafı mozaïği.	44
Foto 17: Aşağı Hacılar hava fotoğrafı mozaïği.	45
Foto 18: Yukarı Hacılar hava fotoğrafı mozaïği.	45
Foto 19: Yazılım bilgisayarı ile fotogrametrik işlem.	49
Foto 20: D010 otoyolu	81
Foto 21: Musazade Deresi ve Aşağı Bölgesi.....	81

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1: Çalışma alanı haritası.	4
Harita 2: Arazi kullanım haritası	23
Harita 3: Sayısal yükseklik modeli haritası	54
Harita 4: Ortofoto haritası	54
Harita 5: 2 Yıllık sel-taşkın alanı haritası	82
Harita 6: 5 Yıllık sel-taşkın alanı haritası	83
Harita 7: 10 Yıllık sel-taşkın alanı haritası	84
Harita 8: 25 Yıllık sel-taşkın alanı haritası	85
Harita 9: 50 Yıllık sel-taşkın alanı haritası	86
Harita 10: 100 Yıllık sel-taşkın alanı haritası	87

KISALTMALAR LİSTESİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DYM	Sayısal Yüzey Modeli
İHA	İnsansız Hava Aracı
DSM	Sayısal Yüzey Modeli (Digital Surface Model)
GPS	Küresel Konum Belirleyici (Global Position System)
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi
ASTER	Advanced Spaceborne Termal
DEM	Digital Elevation Model
METI	Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı
OLI	Landsat 8 Operasyonel Arazi Görüntüleyicisi
TIRS	Termal Kızılötesi Sensör
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System
HSG	Hidrolojik toprak grupları (Hydrologic Soil Groups)
USDA	Amerika Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı
GSD	Ground Sampling Distance
LIDAR	Light Detection and Ranging
NRCS	ABD Doğal Kaynak Koruma Servisi
SCS	ABD Toprak Koruma Servisi
CN	Eğri Numarası
NEH	ABD Ulusal Mühendislik El Kitabı
SCS UH	Sentetik Birim Hidrografı
2D	İki Boyutlu
UTM	Universal Transverse Mercator

GİRİŞ

Türkiye'nin kuzeyinde yer alan Karadeniz bölgesinin doğu kesimi ülkenin en çok yağış alan bölgesidir. Yıllık yağış miktarı yüksektir. Doğu Karadeniz, kıyı şeridi boyunca yüksek eğimli bir araziye sahiptir. Bu etmenler bölgede sel felaketlerinin oluşmasına uygun zemin sağlamaktadır. Bölge bir doğal afet bölesi niteliğini taşıyor olsa da tarıma (çay fındık mısır tarımı vs) uygun verimli topraklara sahip olduğu için insanlar için cazibe yaratır ve bu yüzden bölgede çok sayıda yerleşmeler yer alır.

Doğu Karadeniz'de yer alan Artvin ilinin Arhavi ilçesi, taşkın ve sel felaketlerinin sıklıkla meydana geldiği ve yaşanan felaketten her seferinde çok ciddi can ve mal kayıplarının meydana geldiği bir heyelan bölgesidir. Tez sahasının yerleşim yeri olması, nüfusun kitlesel olarak burada yaşayış göstermesi nedeni ile ticaret, ulaşım ve hükümet idari merkezi burada kurulmuştur. Sonuç olarak; sorunun önemi kabul edilmesi ve konu üzerinde incelemeler yapılması zararın en aza indirmeye çalışılması özel öneme sahiptir. Bu doğrultuda; bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemini (CBS) teknolojileri kullanılmış, Arhavi belediyesi bölgelerinden dron ile alınan hava fotoğrafları alınmış ve bu fotolardan yüksek çözünürlüklü yersel topografik veri üretilmiş ve bu veri tabanı kullanılarak sel-taşkın modellemesi yapılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada, belediye bölgesinde taşkınlardan etkilenebilecek bölgelerin hava fotoğraflarını çekmek için drone (İnsansız Hava Aracı - İHA) kullanılmıştır. Yüksek çözünürlükteki hava fotoğrafları, yüksek yersel çözünürlükteki Dijital Yüzey Modelini (Digital Surface Model - DSM) oluşturmak için kullanılmıştır. Dijital Yüzey Modelini oluşturulmasında fotogrametrik işlemler için Agisoft PhotoScan yazılımı kullanılmıştır. Agisoft PhotoScan yazılımı; dijital görüntülerin fotogrametrik işlenmesini gerçekleştiren ve CBS uygulamalarında kullanılmak üzere 3 boyutlu mekânsal veri üreten bağımsız bir yazılım ürünüdür. CBS analizleri ise ArcGIS yazılımı ile kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra HEC-RAS yazılı kullanılarak, tez sahasına ait farklı zaman aralıkları için iki boyutlu (2D) sel ve taşkın modellemeleri yapılmıştır. Modellemeye yağmurun tekrarlama süresi, istatistik verileri de dâhil edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları; Arhavi belediye bölgesine fayda sağlayacaktır. Çalışmanın sonuçları; tez sahasında gelecekte oluşacak sel-taşkın felaketleri için önlem alma çalışmalarına altlık oluşturma amaçlı kullanılabilir. Bu tür çalışmaların Devlet kurum ve kuruluşları, üniversiteler ile iş birliği ya da çalışma içerisinde olması; yapılacak geniş çalışmalar ve projeler ile olası sel-taşkınlar için önlem alma veya çözüm üretmede daha iyi sonuçların elde edileceği muhtemeldir.

Amaç ve Kapsam

Karadeniz bölgesinde sık sık sel-taşkın olayları meydana gelmektedir ve bu nedenle ciddi anlamda can ve mal kayıpları gerçekleşmektedir. Bu felaketlerden hasar gören alanlardan biri de Arhavi ilçesidir. Bu çalışmada; Arhavi ilçesi için Dron verisi kullanılarak 2, 5, 10, 25, 50, 100 yıllık tekrarlama periyotları için sel-taşkın modellenmesi yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışma ile sel ve taşkınlar, bunlardan etkilenebilecek alanların tespit edilmesi ve öngörülerinde bulunmak, kentsel sel modelleri oluşturmak ve bu doğal felaketlerden etkilenen yerleşim yerlerinin sular altında kalmasını engellenmesi amaçlanmıştır.

Tez sahasına ait hava fotolarının temini için kullanılan dron (İnsansız Hava Aracı - İHA) Arhavi Belediyesine ait olup, tez danışmanım Prof. Dr. Hüseyin TUROĞLU'nun Arhavi Belediyesi ile yaptığı protokol çerçevesinde kullanılmıştır. Böylelikle tez çalışmasında yüksek çözünürlüklü, ayrıntılı sel-taşkın modelleri oluşturulmuştur.

Bu tez çalışmasının orijinal yönlerinden biri de Dijital Yüzey Modeli'nin (DSM), sel-taşkın modellemelerinin yüksek yersel çözünürlükteki drone verilerine dayandırılmasıdır. Bu şimdiki kadar bu bölgede yaratılan en yüksek çözünürlüklü DSM'yi oluşturma çalışması olmuştur. DSM'nin çözünürlüğü, taşkın modelleme sonuçlarının doğruluğunu doğrudan etkiler. Gerçek alana ne kadar yakın olursa, DSM ne kadar detaylı olursa, analizler ve modellemelerde o kadar doğru sonuçlar elde edilir, daha güvenilir verilere ulaşılmasına imkân verir.

Yağış - akış hesabı; bölgedeki yağış miktarının hesaplanması çalışmanın ana unsurlarından biridir. Tez sahasındaki küçük akarsuların hidrografik verileri bulunmamaktadır. Bu nedenle yüzeysel akış miktarı; yağış verileri kullanılarak SCS

yöntemiyle hesaplanmaya çalışılmıştır. Yağış verileri, çeşitli zamanlarda akışı ve su hacmini açıklamak için sentezlenir. Çalışma alanı uzun yıllar yağış verileri kullanılarak yüzeysel akış seviyesi hesaplanmıştır.

Karadeniz bölgesinde bulunan Artvin ili, Arhavi ilçesini kapsayan çalışma alanı Ankara'dan 750 km uzaklıktadır, Doğu yönünde toplam 3 alt havza kapalı alan 13,70 km² civarındadır (Tablo 1) (Harita 1) (Foto 1). Çalışma alanının merkezi 41.350N, 41.300E'de bulunmaktadır. Alt havza sistemi aşağıdakilerden oluşur:

- **Musazade havzası**, kaynağını güneyde bulunan dağlık bölgeden alır ve şehrin orta kesiminden akışını sürdürür. Musazade deresi şehir merkezinden geçerek Karadeniz'e dökülür.
- **Yukarı Hacılar havzası** şehrin kuzeydoğusunda, havzanın ana akış kanalı durumundadır. Yukarı çığırı dağ bölgesinde, aşağı çığırı, yerleşim alanı ve Arhavi ilçesi ticari bölgesindedir.
- **Aşağı Hacılar havzası** şehrin kuzeydoğusundadır. Aşağı Hacılar akarsuyu ilçedeki diğer ana akış kanalıdır. Güneydeki yükseltilerden kuzeydoğuya doğru akış gösterir ve daha sonra konut alanlarından geçerek, şehir merkezinden Karadeniz'e dökülür.

Tablo 1: Çalışma alanının konum özellikleri

Bölge	: Doğu Karadeniz
İl	: Artvin
İlçe	: Arhavi
Lat / Lon	: 41.350N, 41.300E
Havza alan	: 3 Havzaları : 13.70 km ² .
Çıkış	: Karadeniz



Harita 1: Çalışma alanı haritası.

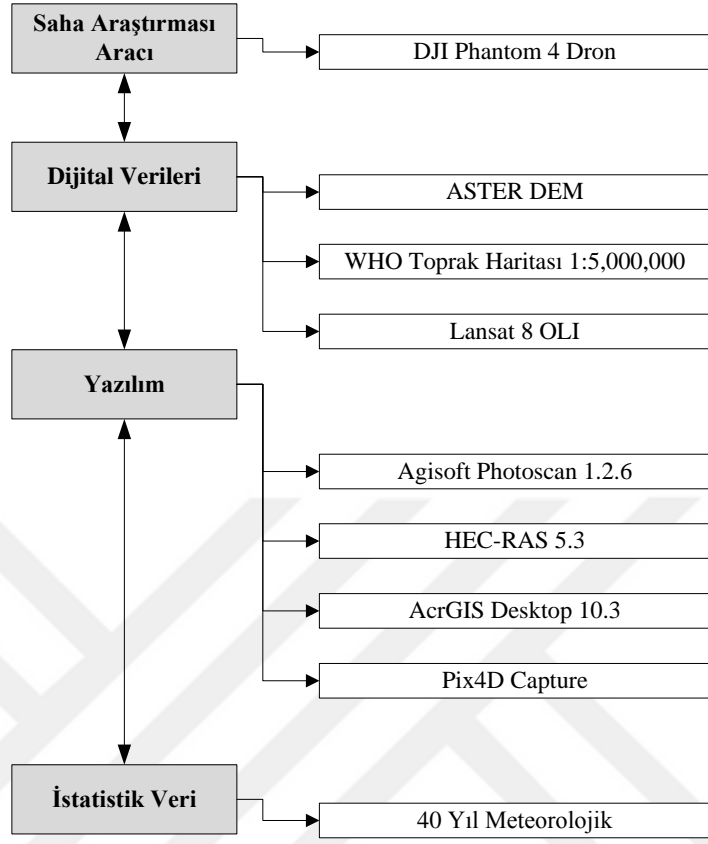


Foto 1: Tez sahasının kıyı bölgesi.

Materyal

Bu çalışmanın analizinde kullanılan malzemeler 4 ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; saha araştırması aracı, analog ve dijital veri, yazılım ve istatistik verileridir (Şekil 1).

Bu çalışmada, en önemli özellik saha çalışması aracının kullanılmasıdır. Bu araç, hava fotoğrafı çekiminde kullanılmak üzere Arhavi belediyesinden alınmış olan dron (İnsansız Hava Aracı: İHA) 'dir. DJI Phantom 4 modeli tercih edilmiştir (Foto 2). Zira model; GPS Yerleşik Teknolojisi gibi gelişmiş teknolojilere sahip olup, küçük ve yüksek performanslıdır ve Geotagging yaparak fotogrametrik süreçle, mekânsal verilerin doğruluğu saptanabilir. DJI Phantom 4 dron, dört motorlu, çok turlu bir drondur (Foto 2). DJI Phantom 4 Dron; bir kamera ile birlikte ve bir akıllı telefon veya WiFi denetleyicisi kullanılarak kontrol edilebilir. Ayrıca akıllı telefon ile kamerayı hareket ettirilebilir, fotoğraf çekmek veya video kaydetmek için de kontrol edilebilir. Phantom 4 Dron yaklaşık 70 km/saat hızla uçabilir ve yaklaşık 28 dakika çalışabilir. Uçuş yüksekliğini ve belirli yol işaretlerini programlayarak, dron uçabilir ve araziyi çekerek kayıt yapabilir veya otomatik olarak geri dönebilir (DJI, 2016).



Şekil 1: Bu çalışmada kullanılan temel malzemeler



Foto 2: DJI Phantom 4 Dron modeli (DJI, 2016)

Tablo 2: DJI Phantom 4 Dron: Platform ve sensör özellikleri (DJI, 2016)

AIRCRAFT	
Weight (including battery and propellers)	1380 g
Max Ascent Speed	6 m/s (Sport mode)
Max Descent Speed	4 m/s (Sport mode)
Max Speed	20 m/s (Sport mode)
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)
Max Flight Time	Approx. 28 minutes
Operating Temperature	32° to 104° F (0° to 40° C)
GPS Mode	GPS / GLONASS
Hover Accuracy	Vertical: +/- 0.1 m (when Vision Positioning is active) or +/-0.5 m Horizontal: +/- 0.3 m (when Vision Positioning is active) or +/-1.5 m
Diagonal Size (Excluding Propellers)	350 mm
CAMERA	
Sensor	1/2.3" (CMOS), Effective pixels:12.4 M
Lens	FOV 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8, focus at ∞
ISO Range	100-3200 (video) 100-1600 (photo)
Shutter Speed	8s -1/8000s
Image Max Size	4000×3000
Still Photography Modes	Single shot Burst shooting: 3 / 5 / 7 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3 / 5 bracketed frames at 0.7 EV Bias Timelapse HDR
Video Recording Modes	UHD: 4096×2160 (4K) 24 / 25p 3840×2160 (4K) 24 / 25 / 30p 2704×1520 (2.7K) 24 / 25 / 30p

	FHD: 1920×1080 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60 / 120p
	HD: 1280×720 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60p
Max Video Bitrate	60 Mbps
Supported File Formats	FAT32 (\leq 32 GB); exFAT ($>$ 32 GB)
Photo	JPEG, DNG (RAW)
Video	MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
Supported SD Card Types	Micro SD
	Max capacity: 64 GB. Class 10 or UHS-1 rating required
Operating Temperature	32° to 104° F (0° to 40° C)

Japonya ve ABD Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi'nin (NASA) ASTER Dijital Yükseklik Modeli (ASTER DEM), Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) ortaklaşa Advanced Spaceborne Termal Emisyon ve Yansıma Radiometresinin (ASTER) Global Dijital Yükselme Modeli Versiyon 2 (GDEM V2). ASTER GDEM V2, GeoTIFF formatını 30 m çözünürlükle (Jet Sürüş Laboratuvarı: Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü) (JPL, 2012) koruyor. Bu veri ücretsiz ASTER DEM resmi web sitesinden indirilmiştir. Sınırları tanımlamak, havzanın boyutunu hesaplamak için bu veriler kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan toprak verileri; FAO tarafından Esri Shape Dosyası (Shp) biçiminde hazırlanan Dünya toprak haritası verisinden, 1:5.000.000 ölçekli Toprak haritası Cilt V Avrupa (Avrupa, Asya ve Afrika'nın bir kısmını kapsayan bilgiler), Türkiye bölümünde ise Toprak Koruma ve Çiftlik Sulama Müdürlüğü (TOPRAKSU) tarafından desteklenen Köy Hizmetleri ve Kooperatifler Bakanlığı verileri (FAO-UNESCO, 1980) kullanılarak üretilmiştir.

Çalışmada kullanılan Landsat 8 Operasyonel Arazi Görüntüleyicisi (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) (*Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) images*) havzanın tüm alanını kapsayan görüntüler internetten ücretsiz sağlanmıştır. Landsat 8 OLI veri seti, Earth Explorer web sitesinden (United States Geological Survey (USGS, 2016) indirilmiştir. Kullanılan uydu görüntüleri hakkında bazı bilgiler Tablo 3'te verilmiştir. Bu uydu görüntülerine ek olarak, 12 Haziran 2016 tarihli Landsat 8 OLI TIRS görüntü alma tarihi, WRS Path Row 172/031 ve sahne bulutu oranı %1.26'dır. Uydu görüntüleri 11 banttan oluşur. Ancak

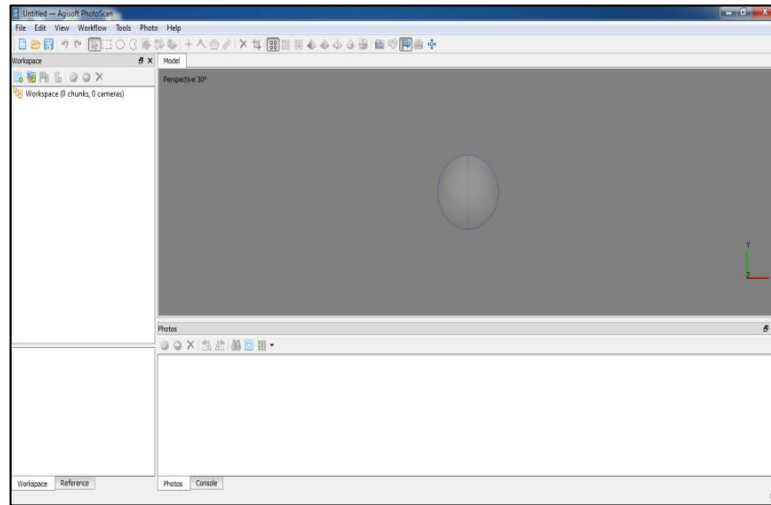
bu çalışmada sadece 2, 3 ve 4 bantlarında mavi, yeşil ve kırmızı bantlar kullanılmıştır. Bu görüntülerden, dronun havadan fotoğraf çekemediği alanlarda arazi yorumlamak için faydalanılmıştır.

Tablo 3: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin genel özellikleri.

Uydu Görüntüsü	Çekim Tarihi	Bantlar	Spektral Çözünürlük (μ)	Mekansal Çözünürlük (m)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	12.06.2016	2 (mavi)	0,452 – 0,512	30
		3 (yeşil)	0,533 – 0,590	30
		4 (kırmızı)	0,636 – 0,673	30

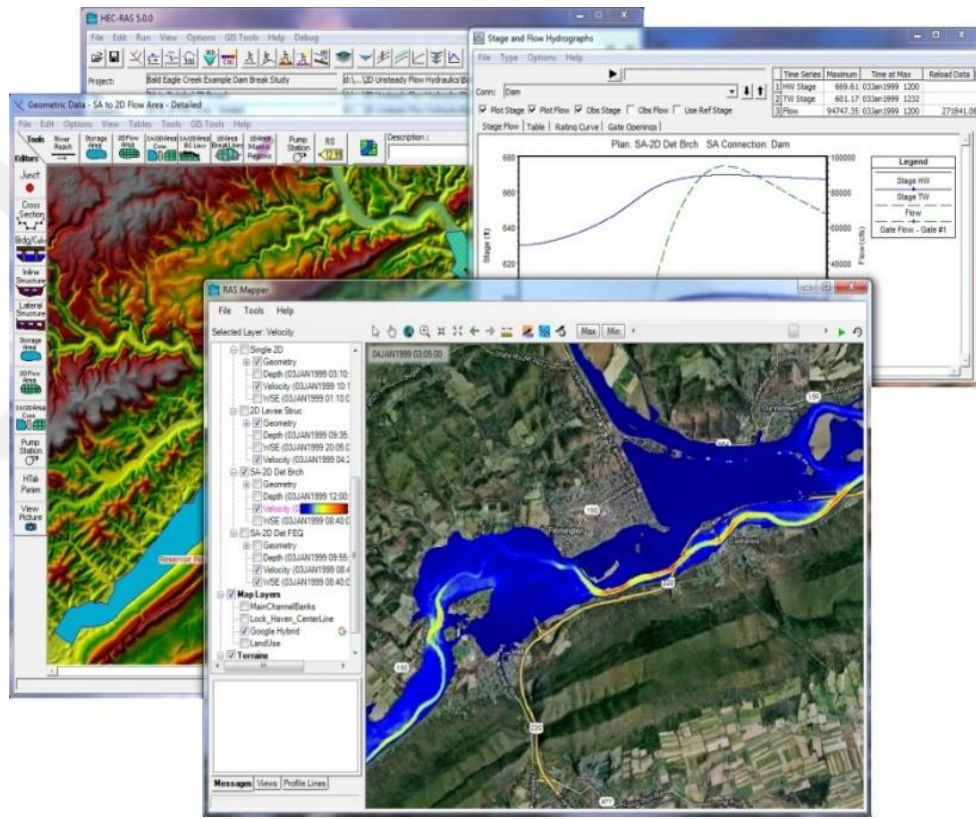
Agisoft PhotoScan, hava fotoğraflarından dijital yükseklik modelleri oluşturmak için kullanılan yazılımlar, HEC-RAS 5.0.3 taşkın simülasyon yazılımı, haritalama için ArcGIS 10.0 coğrafi yazılım ve Pix4D Capture, Android Uygulamaları (dron uçuş kontrolünde yapılır) bu çalışmada kullanılan yazılımlar; Detaylar aşağıdaki verilmiştir.

- **Agisoft PhotoScan**, Dijital görüntülerin fotogrametrik işlemini gerçekleştiren ve çeşitli ölçeklerdeki nesnelere dolaylı ölçümlerinin yanı sıra CBS uygulamaları, kültürel miras dokümantasyonu ve görsel efekt üretiminde kullanılmak üzere 3D mekânsal veriler üreten bağımsız bir yazılım ürünüdür (Agisoft Team, 2017).



Şekil 2: Agisoft PhotoScan GUI yazılımı.

- **The Hydrologic Engineering Center-River Analysis System (HEC-RAS),** Hidrolojik Mühendislik Merkezi tarafından geliştirilen Nehir Analiz Sistemidir (HEC-RAS). HEC-RAS, çok görevli bir ortamda etkileşimli kullanım için tasarlanmış entegre bir yazılım sistemidir (Şekil 3). Sistem, bir Grafik Kullanıcı Arabirimi (GUI), ayrı analiz bileşenleri, veri depolama ve yönetim sistemleri, grafikler ve raporlar içermektedir. Yazılım, bu çalışmada; iki boyutlu kararsız akış hesaplamaları amaçlı olarak kullanılmıştır.



Şekil 3: HEC-RAS GUI yazılımı.

HEC-RAS modelleme sistemi ile Kararsız Akış Simülasyonu bileşeni, açık kanallar, taşkın düzlemleri ve alüvyon fanlardan oluşan tam bir ağ üzerinden iki boyutlu kararsız akış simülasyonları yapabilir. Ayrıca kararsız akış bileşeni, kararsız akış hesaplamaları modülünde kritik olmayan, süper kritik ve karışık akış rejimi (kritik olmayan, süper kritik, hidrolik atlamalar ve çekişler) hesaplamaları yapmak için kullanılabilir. Kesintisiz akış bileşeni için geliştirilen kesit, köprü, menfez ve diğer hidrolik yapıların hidrolik hesaplamaları kararsız akış modülüne dâhil edilir. Kararsız akış bileşeninin

özellikleri şunları içerir: kapsamlı hidrolik yapı özellikleri, Baraj yıkma analizi, Kıyıların ihlali ve aşırı yükselmesi, Pompa istasyonları, baraj simülasyon operasyonları, basınçlı boru sistemleri, otomatik kalibrasyon özellikleri, Kullanıcı tanımlı kurallar, bir ve ya iki boyutlu kararsız akış modellemesini birleştirme gibi uygulamalar yapılır. (US Army Corp of Engineers, 2016-a).

- **ArcGIS 10.0**, Organizasyon için coğrafi platform olup, akıllı çevrimiçi haritalar ve faydalı uygulamalar kullanarak herkesle coğrafi bilgi ve araçları paylaşmanıza, organize etmenize olanak sağlar. Bu uygulamalar masaüstlerinde, web'de, akıllı telefonlarda ve tabletlerde hemen hemen her yerde çalışır (The Center for Geographic Analysis, 2017).
- **Pix4Dcapture**, Pix4D tarafından Android ve iOS için geliştirilen uçuş planlama ve resim edinme uygulamasıdır (Pix4D, 2012). Pix4Dcapture, tüketici modelini profesyonel bir haritalama aracına dönüştürür. Ücretsiz bir Pix4D yazılım olan Pix4Dcapture, en iyi 3D modeller ve 2D haritalar için otomatik olarak görüntü verilerini yakalamak için geliştirilmiş bir araçtır. Uçuş sonrası görüntüler, bulut veya masaüstünde kolayca işlenir ve endüstri ihtiyaçlarına göre özel olarak hazırlanmış coğrafi referanslı haritalar ve modeller üretilir (Pix4D, 2012).

İklimsel veri tabanı, Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri'nden excel dosyasındaki yağış ve sıcaklık verileri (TSMS, 2015), Artvin'in Hopa ilçesindeki Hopa Meteoroloji istasyonu 47 yıllık istatistikleri ile oluşturulmuş olup, bu veriler dördüncü bölümde yağış-akış analizi için kullanılmıştır.

Yöntem

Bu çalışmada, Arhavi belediyesine ait Dron; Musazade bölgesi, Aşağı Hacılar ve Yukarı Hacılar bölgesi olmak üzere 3 havza araştırması amaçlı hava fotoğrafı çekimi için kullanılmıştır. Dron kullanarak alınan hava fotoğrafları, hava fotoğraflarının dikey ve bindirmeli hava fotoğrafı türündedir. Dron Kontrolü için android platformunda oto pilot uygulaması kullanılmıştır. Dron fotoğrafları jpeg uzantılı

dosya formatındadır ve çekim konumunu belirleyebilen jeotektir. Yer belirlemedeki koordinatlar, Coğrafi Koordinatlar sisteminde (Lat / Lon) belirtilmiştir.

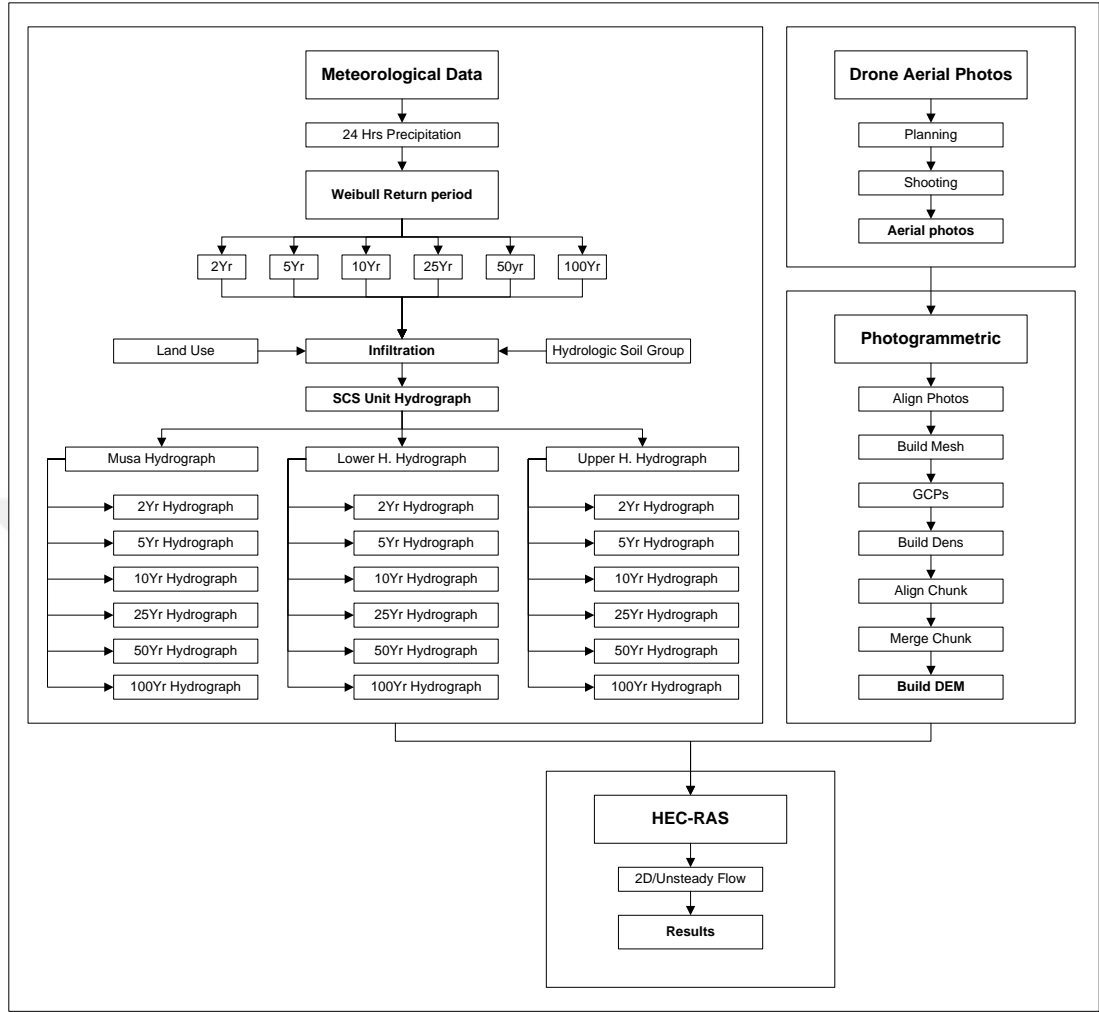
Hava fotoğrafları çekimi bittiğinde Dijital Yüzey Modelinin (DSM) yüksek çözünürlüklü olmasını sağlamak için hava fotoğrafları fotogrametrik işleme tabi tutulmuştur. DSM' üretmek veya analiz etmek için Fotogrametrik yazılım, kullanılmıştır (Şekil 4).

Yağış ve sıcaklık verilerinin analizini yapmak için, Hopa Meteoroloji İstasyonundan 47 yıllık yağış verileri alınarak, 20 km uzaktaki çalışma alanı olan Arhavi şehir merkezinden akan üç ana akarsuyun hidrograf analizi için kullanılmıştır.

Yağış verilerinden, akış miktarı belirlenip; 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlama periyotları ile simülasyon işlemi yapılmıştır. Yağış miktarının akış hidrografına dönüştürülmesinde; USDA tarafından SCS Sentetik Birim Hidrograf tekniği ve nüks periyodu hesaplama sistemi kullanılmıştır. Ayrıca hesaplama için Weibull (Weibull, 1939) denklemi uygulanmıştır (Şekil 4).

Akış hidrografında, tüm tekrarlama periyotları ve DSM' nin hesaplanmasında, HEC-RAS yazılımı kullanılarak, üç ana akarsuyun akışını modellemek için uygulanmıştır. Bu kapsamda Model, 2D/kararsız akış analizi yapıp, sürecin sonunda sanal sel-taşkın modeli oluşturulmuştur (Şekil 4).

Buna göre, çalışmada, veri hazırlama ve veri giriş prosedürleri en önemli en uzun zaman basamağını oluşturmaktadır. Koordinat dönüşümleri, UTM (Universal Transverse Mercator) Projection, European Datum 1950 38. Bölge kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4: Ana kavramsal çerçeve

Karşılaşılan Güçlükler

- Çalışma alanına ait yağış istatistiklerinin temin edilememiş olmaması nedeniyle, çalışma alanına en yakın olan Hopa Meteoroloji İzleme İstasyonundan alınan veriler kullanılmıştır.
- Çalışma alanında dik yüksek dağların bulunması, yüksek çözünürlüklü DSM'nin uygulanması ve hava fotoğraflarının çekimini güçleştirmiştir. Çekimi yapılamayan yerlere ASTER DEM kullanılmıştır.
- Toprak verileri Ölçek 1:5.000.000'den daha az detaylıdır. Veriler büyük ölçüde Avrupa toprak haritasından alınmıştır.
- Bu çalışmada sel ve taşkın fiziksel özellikleri ele alınmıştır, diğer ilgili biyolojik faktörler incelenmemiştir.

- Çalışma alanında, arazide araştırma sürecinde bazı günler tüm gün boyunca yağışın olması, dron ile hava fotoğrafı çekimini engellemiştir.
- Araştırmacının kaldığı yer ile çalışma alanının uzak olması ve maddiyat sıkıntılarından dolayı yeterli ve daha iyi veriler elde edilememiştir.
- DSM' uygulanırken kişisel bilgisayar (PC) eski olması ve yeterli donanıma sahip olmamasından dolayı işlemin daha uzun zaman almasına neden olmuştur.

Önceki Çalışmalar

Aşağıdaki çalışmalarda Karadeniz'de gerçekleşen sel-taşkın bölgeleri ve yakın çevresindeki sel ve taşkın hasarları üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Turoğlu (2005-a); bölgedeki Karadeniz oto yolu ve onun etkileri hakkında yaptığı araştırmada, otoyol inşaatının yüzeysel drenaj üzerinde olumsuz etkisi olacağını, bölgedeki sel ve taşkınların sıklık ve şiddetlerini arttıracığını belirtmiştir.

Ceyhankoca (2014); Rize çalışmasında İyidere alt havzası İkizdere kesiti için birim hidrografın belirlenmesi ve Karadeniz bölgesinde taşkın hakkında bilgi verilmiştir. 2006'da Karadeniz kıyısında gerçekleşen büyük sel olayından Arhavi bölgesi de etkilenmiştir. Yaşanan afette can ve mal kayıpları olmuştur.

Turoğlu ve Erginal (2015); bu araştırmalarında 24 Ağustos 2015 tarihinde, aşırı yağışlara nedeni ile Hopa, Arhavi ve çevresinde meydana gelen sel-Taşkın ve bu afetlerin tetiklediği kütle hareketlerini çalışmışlardır. Yörenin ilkim özelliklerinin yanı sıra, jeomorfolojik ve litolojik özellikleri, drenaj ve arazi kullanım özelliklerinin de önemli rol oynadığı ifade edilmiştir

Ulupınar vd. (2015); 24 Ağustos 2014 günü, Artvin ili Hopa ilçesinde sel-taşkın afetlerin meydana geldiği, bunların şiddetli yağışlar nedeni ile oluştuğu, bu afetler nedeni ile 8 vatandaşımızın hayatını kaybettiği ve çok önemli maddi kayıpların yaşandığı belirtilmiştir. Şiddetli yağışlar ve 18-20 derece arasında değişen hava sıcaklığının birlikte etkili olduğu ifade edilmiştir.

Oğuz vd. (2016); 24 Ağustos 2015'te Arhavi bölgesinde meydana gelen taşkın olaylar üzerinde çalışmalarda bulunmuştur. "Karadeniz ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi" veya BSMEFFG uygulamasıyla incelenmiştir. Sel öncesi ve sel dönemlerini kapsayan FFGS kullanarak, oluşabilecek ani sel olayının muhtemel havzaları belirlenmiş ve FFGS sonuçları ile çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Daha sonra, Arhavi'deki Yukarı Hacılar, Aşağı Hacılar ve Musazade dereleri sentetik yöntemleri ile (Mockus ve DSİ Sentetik Yöntemler) hesaplanmalar gerçekleştirilmiştir. Havza özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yöntemlerin sonuçlarını karşılaştırarak Mockus yöntemi ve SCS çökeltme modeli ile hesaplanan değerler kabul edilmiştir. Çalışmanın sonucunda üç havzaya dayalı sentetik hidrograflar oluşturulmuştur.

Turoğlu (2016-a); "01 Eylül 2016 araştırmasında, Arhavi Sel, Taşkın, Kütle Hareketleri Afeti" başlıklı araştırmasında, Arhavi ve yakın çevresinin, 2016 Ağustos ayının sonuna doğru 24 saat içinde, 251,1 mm yağışın düşmesinin, bu yağış miktarının 1975-2016 yılları arasında yağın 41 yıllık yağış miktarı ile eş değer olduğu ifade edilmiştir. Sel ve taşkınların diğer nedenleri de bölgenin jeoloji ve litolojisinden kaynaklanır. Kaya yapısının atmosferik etkilerle deforme edilmeye işlenmeye müsait olması; olağan durumlarda erozyona, kaya düşmelerine, heyelanlarla birlikte sel ve taşkınlara sebep olmuştur.

1. ÇALIŞMA ALANININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Sahanın sel-taşkın modellenmesi çalışmalarına rehberlik etmek ve çalışma alanının fiziksel özelliklerini öğrenmek için çalışma alanının jeolojik özellikleri, toprak özellikleri, arazi kullanımı, iklim özellikleri ve hidrografik özellikleri kısaca bu başlığın altında yer almaktadır.

1.1. Jeolojik Özellikler

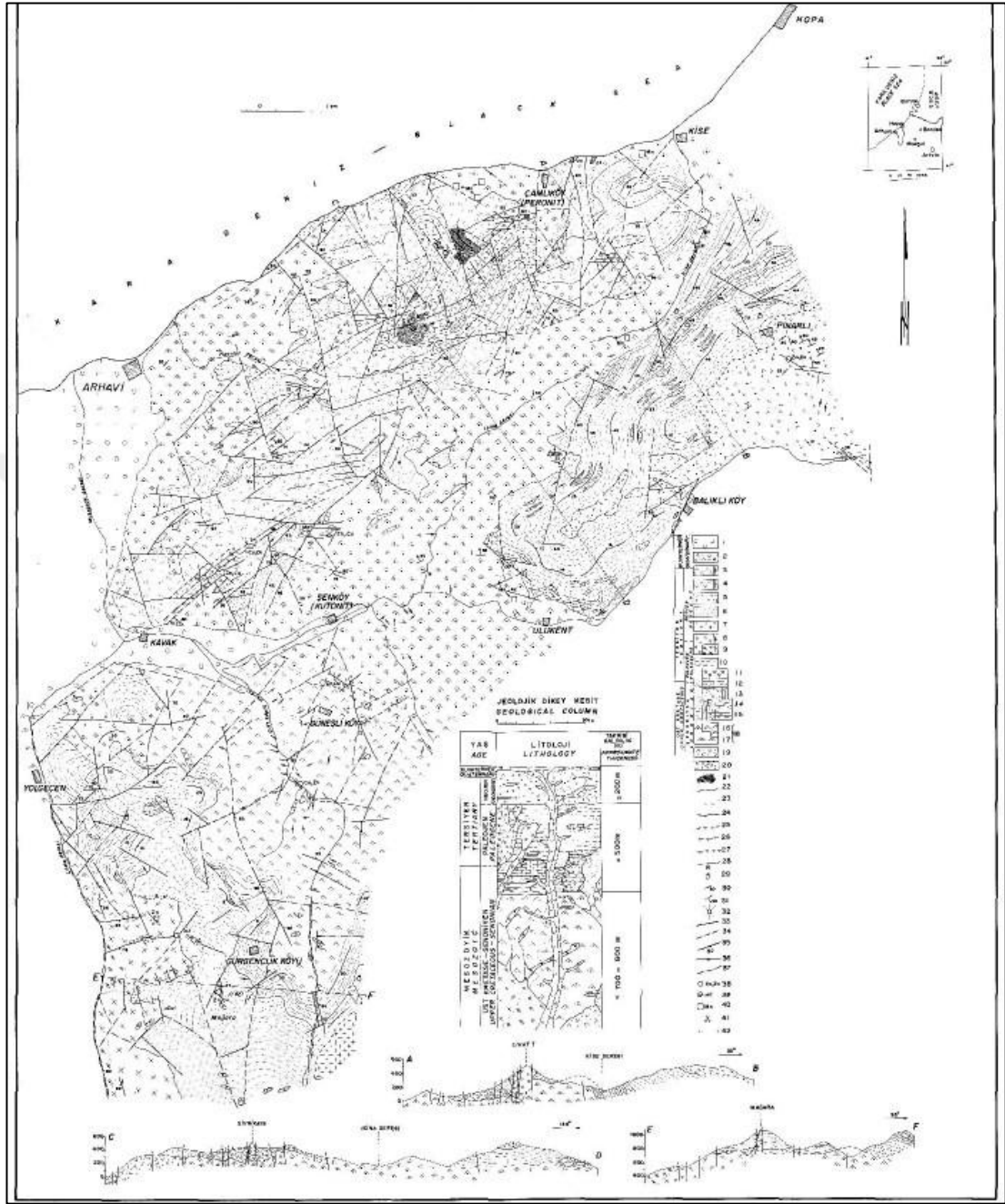
Bu bölümde, suyun drenaj kalıbı ve akış yönünden etkilenen jeolojik özellikler, yapılar ve kaya oluşumu hakkında kısaca değinilmiştir.

Doğu Karadeniz bölgesi volkanik kayalardan oluşmuş ve Alp orojenezi ile ciddi şekilde deforme olmuştur (Şahin, 2008). 2002 yılında MTA tarafından yürütülen 1:5.000.000 ölçekli Türkiye jeolojik haritasına göre, çalışma alanında Üst Kretase dönemine ait volkanik ve tortul kayalar mevcuttur. Arhavi şehir ve kıyı alanlarının ovaları boyunca geniş bir alanı kaplar ve Üst Kretase'deki dasit, riyodasit, riyolit volkanik kayaları tespit edilmiştir (MTA, 2002).

Kuaterner dönemine ait birimler tez sahasındaki en genç unsurlardır. Talüs yatakları, Ciha Tepesinin güneydoğu yamacında uzanmaktadır ve genellikle, andezit topaklardan 10 - 20 m³ üzerinde bile olsa bloklardan yapılmıştır. Alüvyon, Musazade Deresi Nehri boyunca (Arhavi-Kavak-Şen köy) bulunmaktadır. Günümüzde çakıl ve kumdan oluşan nehir taraçalarıdır (Şekil 5) (Koprivica, 1976).

1.2. Toprak Özellikleri

Çalışma alanının zemin özellikleri için, FAO tarafından hazırlanan 1:5.000.000 ölçekli topografik haritaları bir sayısal veri tabanı (Esri Shapefile dosyası) olarak kullanılmıştır. Bu veriler yağış sızıntısı ve sel çalışmaları için sınıflandırılmış ve düzenlenmiştir.



Şekil 5: Hopa- Arhavi ve çevresinin jeolojisi haritası (Koprivica, 1976).

1.2.1. Büyük Toprak Grupları

ORTHIC ACRISOLS (Ao112-2bc), Orthic Acrisollar Türkiye’de Karadeniz bölgesine kısıtlanmıştır. Bu zonda topografya ağırlıklı olarak dağlık karaktere sahiptir. Bu topraklar; 1.000 - 2.000 mm arasında değişen sıcak, yağışlı bir iklim karakterinin göstergesidir. Kıyı bölgesinde, başta hububat ve mısır, meyve yetiştirildiği, doğu bölgesinde ekilebilir dikilebilir arazinin ekseriyetleri, ayrıca

pamuk, tütün ve şeker pancarı vs. gibi ürün yetiştiriciliği mevcuttur (FAO-UNESCO, 1980) (Atalay, 2006.).

Tablo 4: Toprak profili açıklaması

Profiller	Derinlik	Açıklama
O	8-0 cm	Humus.
Ah	0-5 cm	Kırmızımsı kahverengi (5YR 4/4) çakıllı humik tınlı; zayıf ince bloklu yapı; boyunca kökleri abundant; yaygın sınırlar.
Bw	5-45/55 cm	Kırmızı (2.5YR 3-4 / 6) çok çakıllı, hafif ila orta dereceli taşlı kerpiç; zayıf blok yapısı, ortak kökler; Alt kısımda çok taşlı olma; açık, dalgalı sınırlar.
2Bw	44/55-115+ cm	Yoğun çakıllı ve taşlı kumlu killi, Bw'den biraz ufak (2.5YR 3/6); taşlar genelde yamaç paralel olarak, ince toprak kaplamaları ile yönlendirilir, çoğu hala farklıdır; bloklu (fragipan); boyunca kökleri birkaç.

Not: FAO World soil group Volume 5 Europe'ten uyarlanmıştır (FAO-UNESCO, 1980).

Bu gruptaki toprak, orta dokusal boyuttadır. Tepelik (yamaçlar yüzde 8 ila 30) ve dağlık (dik: yüzde 30'un üzerindeki eğimler) arazilerde yaygın olarak görülür.

Tablo 5: Orthic Acrisols toprak parçacıkları

Derinlik (cm)	Horizon	% Kum	% Silt	% Kil	% Tüm
8 - 0	O	-	-	-	100
0 - 5	Ah	23,4	56,8	19,8	100
5-45 / 55	Bw	20,8	57,8	21,4	100
45 / 55 - 115	2Bw	43,1	48,8	8,1	100

Not: FAO World soil group Volume 5 Europe'ten uyarlanmıştır (FAO-UNESCO, 1980).



Foto 3: Orthic Acrisols toprak profili.

1.2.2. Hidrolojik Toprak Grupları

Hidrolojik toprak grupları (*Hydrologic Soil Groups; HSG*), alanın toprak özelliklerine bağlı olarak hidrolojik analiz ve alt havzada yağış infiltrasyonu modellenmesinde kullanılmaktadır. A, B, C ve D gruplarından oluşan bu toprak grupları, eğim ve arazi örtüsünden bağımsız hidrolojik içeriğine dayanarak inşa edilmiştir. (USDA, 1985).

Topraklar, uzun süreli ıslandıktan sonra çıplak topraklar için elde edilen minimum infiltrasyon oranını belirtmek için hidrolojik toprak gruplarına HSG göre sınıflandırılır. HSG'ler A, B, C ve D'dir. Dört grup (Tablo 6), Toprak Koruma Hizmeti (SCS) toprak bilimcileri tarafından şu şekilde tanımlanmıştır:

- **Grup A**, kum, killi kum veya kumlu killi topraklardır. Topraklar düşük su kaçağı potansiyeline sahiptir ve iyice ıslandığında bile yüksek sızma oranları vardır. Bunlar başlıca derin, iyi aşırı drene edilmiş kum veya çakıllardan oluşurlar ve yüksek oranda su iletimine sahiptirler. (0.762 cm/saat)
- **Grup B**, Kumlu kil toprak tipidir. Topraklar iyice ıslandıklarında orta derecede infiltrasyon oranlarına sahiptirler ve orta derecede derin ile derin, orta derecede iyi drene edilen topraklara orta derecede ince ila orta derecede kaba dokular içeren topraklardan oluşurlar. Bu topraklar, ılımlı bir su iletimi oranına (saatte 0.15- 0.30) sahiptir. (0.15-0.30 in/saat = 0.381-0.762 cm/saat)
- **Grup C**, Silt balçıklı veya balçıklı topraklardır. Topraklar, iyice ıslandıklarında düşük sızma oranlarına sahiptir ve esas olarak, suyun aşağıya doğru hareketi ve ince dokusu ile ince toprakları olan toprakları engelleyen bir katmana sahip topraklardan oluşur. Bu topraklarda su iletimi oranı düşüktür (saatte 0.05- 0.15). (0.05-0.15 in/saat = 0.127-0.381 cm/saat)
- **Grup D**, killi balçıklı toprakları, siltli balçıklı, kumlu kil, siltli kil veya kil tipi topraklardır. Toprakların yüksek akış potansiyeli vardır. İyice ıslandıklarında ve temelde yüksek şişme potansiyeli olan kil topraklardan, kalıcı yüksek su tabakasına sahip topraklardan veya yüzeyde kil tabakası olan topraklardan ve neredeyse geçirimsiz materyalin üzerindeki sıg topraklardan oluşan çok düşük sızma oranları vardır. Bu topraklar çok düşük bir su iletimi

oranına sahiptir. (0-0.05 in / saat) sahiptir (USDA, 1985).). (0-0.05 in/saat = 0-0.127 cm/saat)

Tablo 6: Hidrolojik Toprak Gruplarının Tanımı

HSG	Toprak dokuları
A	Kum, kumlu killi, killi kum veya kumlu kil
B	Kumlu killi balçık
C	Silt balçıklı veya balçık
D	Kil balçıklı, siltli killi balçıklı, kumlu killi, siltli kilili veya kil

Not: Soil Conservation Service'ten uyarlanmıştır (USDA, 1985).

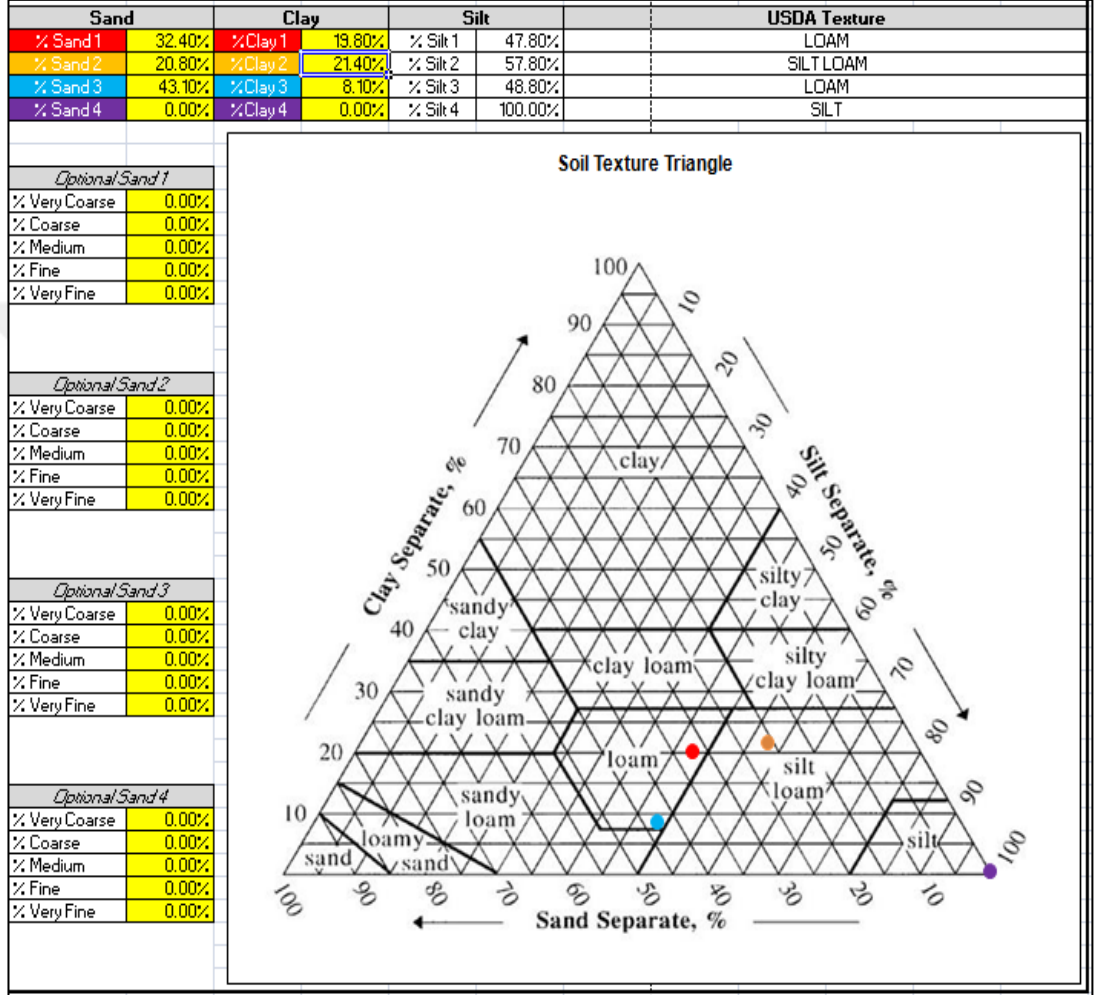
Bölüm 1.2.1'deki toprak serilerinden, toprak parçacık boyutunu A B C veya D grubu olarak sınıflandırmak için bu toprakları hidrolojik toprak grupları şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Her toprak tabakasında toprağın yüzdesini kullanılır, daha sonra HSG sistemindeki toprak grubu ile karşılaştırılır. Toprak dokuları karşılaştırıldığında, Toprak Doku Hesaplama, Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından geliştirilen excel dosya biçiminde kullanılır (United States Department of Agriculture, nd.).

Orthic Acrisol toprak serisinin toprak dokusu, Ah, Bw ve 2Bw toprak tipinin, Şekil 6'da gösterildiği gibi, çamur, silt tınlı ve tınlı bir toprak parçacık boyutuna sahip olduğu bulunmuştur (Ah profili = Kırmızı nokta, Bw profili = Turuncu nokta, 2Bw profili = Mavi nokta). HSG özellikleri ile karşılaştırıldığında, C grubunda sınıflandırılan üç zemin katmanı (Şekil 6) (Tablo 7) (United States Department of Agriculture, 2018).

Tınlı topraklar, üç toprağın her ikisinin de karışımı olan "mükemmel bir topraktır". Tınlı kelimesi, bir topraktaki parçacık boyutlarının nispeten eşit bir karışımı anlamına gelir. Örneğin, kumlu tınlı topraklar; kumda egemen olan parçacık boyutlarına sahip topraklardır. Aynı şekilde, killi topraklar, ağırlıklı olarak kil tane boyutu karışımına sahiptir (McMullen, 2000).

Bu gruptaki topraklarda iyice ıslandıklarında orta yükseklikte akar potansiyele sahiptir. Toprakta su iletimi biraz kısıtlıdır. Grup C topraklarında tipik olarak yüzde 20 ila 40 arasında kil ve 50'den az kum bulunmakta ve tınlı, silt tınlı, kumlu kil tınlı,

kil tınlı ve siltli kil tınlı doku içermektedir. Kil, siltli kil veya kumlu kil dokuları olan bazı topraklar, iyi yığılmış, düşük yığın yoğunluğu veya yüzde 35'ten fazla kaya parçacığı içeriyorsa bu gruba konabilir (Mockus, 2009).



Şekil 6: Orthic Acrisol toprak serisinin partikül büyüklüğü (United States Department of Agriculture, 2018.)

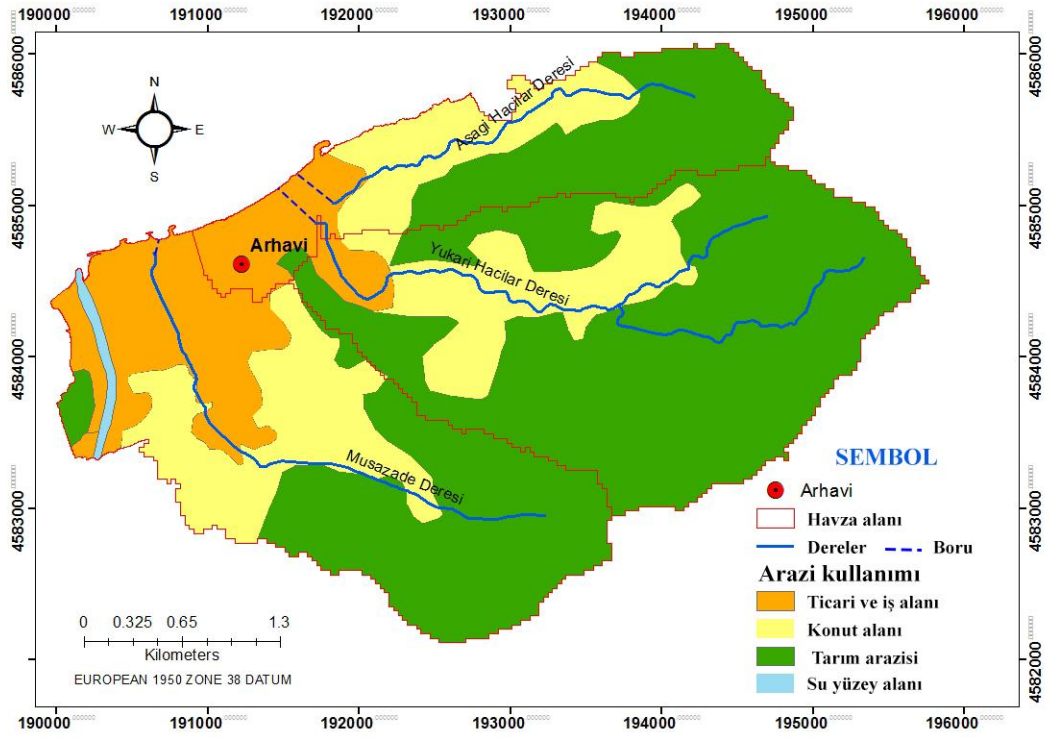
Tablo 7: FAO toprak serisi ile HSG arasındaki dönüşüm

Orthic Acrisols			HSG
Derinlik (cm)	Horizon	parçacıkları	
8 - 0	O	-	-
0 - 5	Ah	kil	C
5 - 45 / 55	Bw	Silt, Silt kili	C
45 / 55 - 115	2Bw	kil	C

1.3. Arazi kullanımı ve Arazi Örtüsü

Şehirleşme düzeyi ve her türlü yapılaşmalar yüzeysel drenaj, doğal akım birikimi ve akım yönü üzerinde çok önemli rol oynamaktadır (Turoğlu 2010; Turoğlu 2011; Turoğlu 2016-b). Bu yüzden çalışma sahasının arazi kullanımı ve arazi örtüsü belirlenmiştir. Bu amaçla, Landsat 8 OLI TIRS uydularının uydu görüntülerinden veya uzaktan algılama teknolojisinden elde edilen arazi kullanım verilerini gerçek bir renk karıştırma tekniği (R - G - B Band) kullanarak bilgisayar sisteminde uygulanıp, görsel yöntemle yorumlanarak analiz edilmiştir. Çalışma alanının arazi kullanım sınıflandırması SCS Eğrisi Sayı sistemine dayanmaktadır (Natural Resources Conservation Service (NRCS), 1986). Çalışma alanının arazi kullanımı, aşağıda belirtilen 4 çeşit arazi kullanım şeklinden ibarettir (Harita 2);

- **Ticari alan ve iş alanı**, arazi kullanımı, üç havzanın ulaştığı alt bölümde, ana akımın yakınında bulunan ticari alan, yerleşim alanı buna paralel olarak konut yoğunluğu ve en yoğun nüfuslu alan olarak Arhavi şehir merkezidir, Musazade Deresinin alt havzasında bulunur ve toplam alanın % 14,73'ünü oluşturur.
- **Konut alanı**, bu arazi kullanımı ticari alan ve iş alanıyla bağlantılıdır. Alan 3 havzada yer almakta ve toplam alanın yüzde 24,49'unu oluşturmaktadır.
- **Tarım arazisi** (meyve bahçesi ve ormancılık), bu arazi örneği yerleşim alanının yakınındaki tepelerde bulunur. Ana tarım çay plantasyonudur. Arazi kullanımının % 60,18'ini kapsamaktadır (Harita 2) (Foto 4).
- **Su yüzey alanı**, çalışma alanının doğusunda yer almaktadır. Kapisre Deresi akış yüzeyi, alanın yüzde 0,60'ını oluşturan 0,08 km² lik bir alanı kaplamaktadır (Harita 2).



Harita 2: Arazi kullanım haritası



Foto 4: Çay plantasyonu ve çay yaprakları

1.4. İklim Özellikleri

İklim türünün belirlenmesinde ve iklim türünün değişim trend analizinde; yağış ve sıcaklık iki önemli parametredir (Turoğlu, 2014) ve sel-taşkın felaketlerini etkileyecek önemli faktörlerdir. Bu bölümde, günlük toplam ve aylık toplam ortalama yağış istatistik verileri kullanılmıştır. İklim verileri, T.C. Devlet Meteoroloji

İşleri Genel Müdürlüğünden sağlanmıştır (TSMS, 2015). İklim verileri, Artvin ili, Hopa ilçesinde bulunan Hopa Meteoroloji İstasyonundan alınmıştır. Günlük yağış ve sıcaklık verilerinin analizi excel tablolarında yapılmıştır.

Yağış verileri, 1975- 2014 yılları arasında 47 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Aylık ortalama sıcaklık verileri ise 1975 ile 2011 yılları arasında 37 yılı kapsayan rasatlara aittir (TSMS, 2015).

1.4.1. Yağış ve Sıcaklık Dönemi

Hopa Meteoroloji İstasyonunun günlük yağış istatistik verilerinden, sınıflandırma yapmak için yıllık yağış miktarı ile yağış dönemi analizi çıkarımı yapılmıştır. Dönem değişikliğini belirlemek için, art arda gelen en düşük yıllık yağışın ikinci yılında, yeni dönem ilk yıl olarak belirlenir. Yıllık maksimum yağış yıl döneminin ortasındadır. Dönemin sonu, dönemin ortasından sonra devam eden asgari yıllık yağış yılındadır. Bu yöntemler sınıflamadan (Tablo 8 ve Grafik 1) oluşturuldu. İki farklı değişim dönemi vardır: İlki 1985-1996 yılları arasında olup bu süre toplam 12 yıl olarak belirlenmiştir. İkinci dönem ise 1997 ile 2010 yılları arasında, 14 yılı kapsar. İki dönem arasındaki fark iki yıldır.

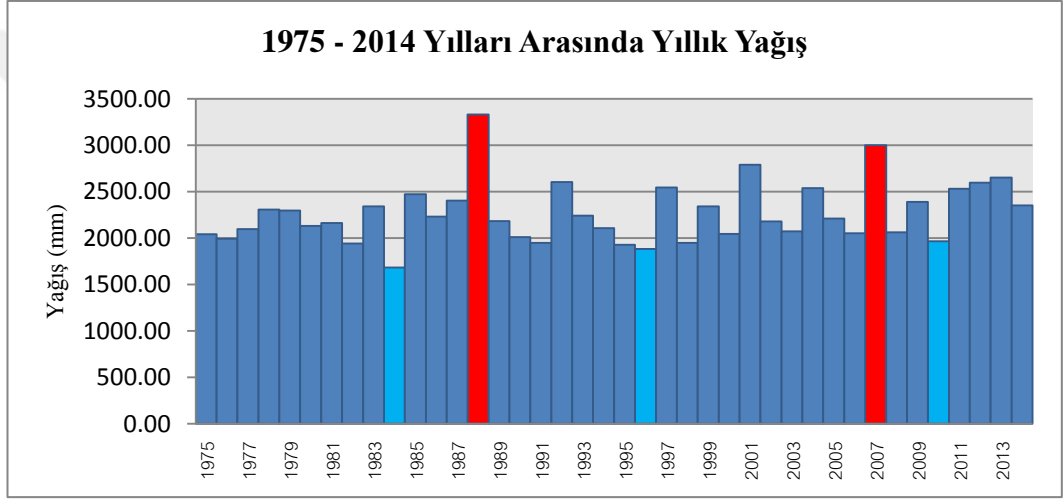
Tablo 8: Yağış dönemi

Dönem	Yıllar	Süre
tüm	1975 – 2011	37 yıl
1	1985 – 1996	12 yıl
2	1997 – 2010	14 yıl

Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).

İlk periyodun (1985-1996) 1988'de yıllık maksimum yağışla yağış miktarı 3332,20 mm, 1996'da yağış miktarı minimum 1.882,00 mm'dir. İkinci dönem (1997-2010), 2007 yılı toplam yağış miktarı en fazla 2.998,90 mm,1998 yılının asgari yıllık yağış miktarı ise 1.949,60 mm'dir.47 yıl süresince ortalama yıllık yağış 2.265,70 mm, birinci ve ikinci dönemlerde ortalama yıllık yağış sırasıyla 2.279,13 mm ve 2.296,07 mm'dir. İki periyod boyunca yağış % +1,34 artmıştır.

Sıcaklık döneminin değişim analizi, Hopa Meteoroloji İstasyonundan alınan günlük ve aylık ortalama sıcaklık verilerine dayanmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık, sıcaklık döneminin değişimini sınıflandırmak için kullanılır. Sıcaklık dönemi; yeni dönemin ilk yılı olarak, ardışık maksimum yıllık ortalama sıcaklığı ise ikinci yılı olarak ayarlanır. Asgari yıllık ortalama sıcaklığa sahip olan yıl, dönemin ortasıdır. Dönemin sonu, dönemin ortasında minimum yıllık ortalama sıcaklığın ardından devam eden maksimum yıllık ortalama sıcaklık ile eşdeğerdir.



Grafik 1: 1975- 2014 Yılları arasında yıllık yağış
Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).

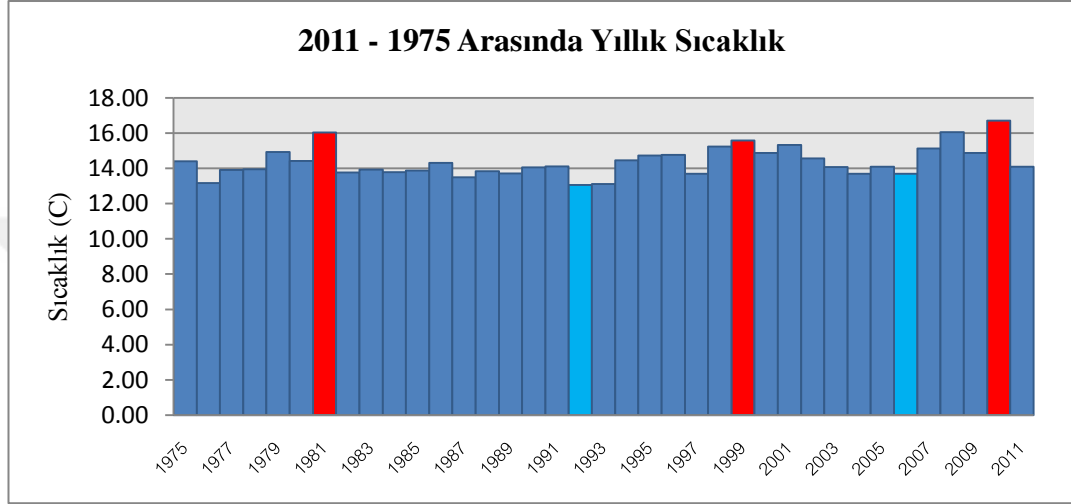
Sonuçlar Tablo 9'ta gösterildiği gibi, 1975 ile 2011 yılları arasında iki periyoda belirgin bir sıcaklık değişimi olduğu tespit edilmiştir. İlk dönem 1982-1999 yılları arasında 18 yılı, ikinci dönem 2000-2010 yılları arasında 11 yılı kapsamaktadır. İki dönem arasındaki fark 7 yıldır.

Sıcaklık döneminin ilki olan maksimum yıllık ortalama sıcaklık, 1999 yılında yıllık ortalama sıcaklığı 15,58 °C ve en düşük yıllık ortalama sıcaklık 1992'de, yıllık ortalama sıcaklığı 13,05 °C'dir. İlk periyodun yıllık ortalama sıcaklığı 14,08 °C. Sıcaklık döneminin ikincisi olan maksimum yıllık ortalama sıcaklık 2010'da maksimum yıllık ortalama sıcaklık 16,71 °C ve minimum yıllık sıcaklık 13,68 °C'dir. İkinci periyodda yıllık ortalama sıcaklık 14,82 °C'dir. İki periyod arasındaki sıcaklık farkı +0,74 °C'dir veya + %5,25 °C'a eşittir.

Tablo 9: Sıcaklık dönemi

Dönem	Yıllar	Süre
tüm	1975 - 2011	37 Yıl
1	1982 - 1999	18 Yıl
2	2000 - 2010	11 Yıl

Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).



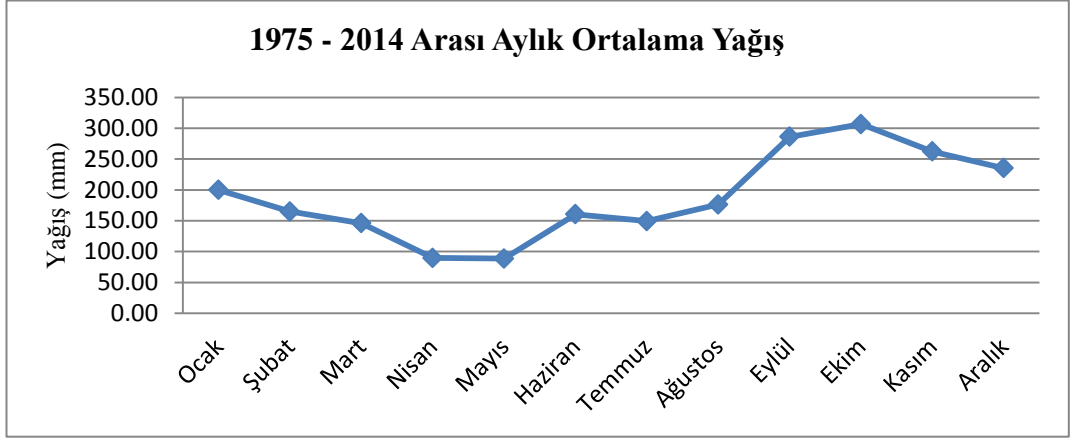
Grafik 2: 2011 - 1975 Arasında yıllık sıcaklık

Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).

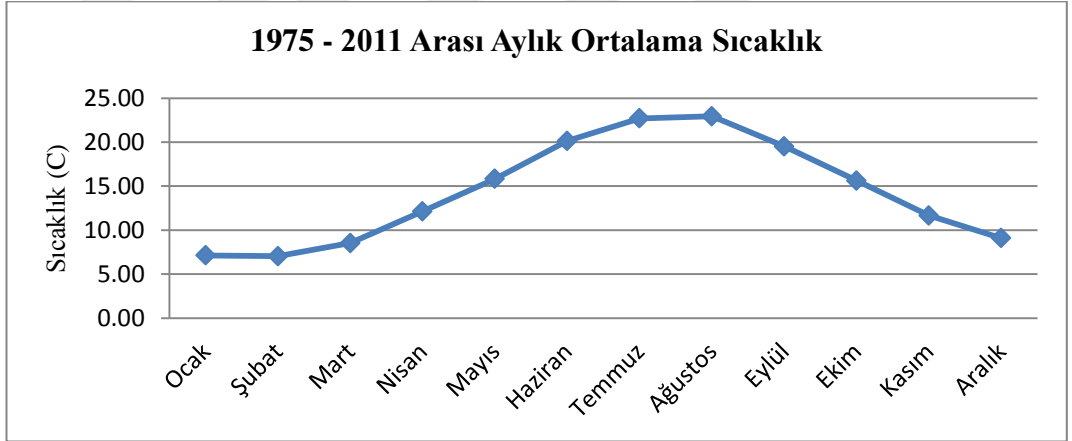
1.4.2. Yağış ve Sıcaklık Sezonu

Mevsimlik; kurak sezon ve nemli sezon olmak üzere iki türde sınıflandırılır. Bu kapsamda; 47 yılın aylık ortalama yağış değerleri ele alınır. Aylık ortalama yağış miktarı 188,81 mm'dir. Aylık ortalama yağış kurak sezonda, 188,81 mm'den az, nemli sezonda ise yağış miktarı 188,81 mm'den yüksektir.

Sınıflandırma sonucunda, kayıt süresi boyunca aylık ortalama sıcaklıklar belirsizdir, mevsimsel özellikler belirsizdir. Bununla birlikte, 47 yılı aşan aylık ortalama yağış miktarı belirlendiğinde (Grafik 3), altı ay boyunca Şubat-Temmuz arasını kapsayan ortalama, nemli sezonu tanımlar. Kurak sezon ise, ağustos ayından ocak ayına süren döneme tekabül eder. Bu sezonun süresi altı aydır. Grafik, Eylül ve Ekim aylarında belirgin bir yağış oranını gösterirken Nisan-Mayıs döneminde ise düşük yağış oranını göstermektedir.



Grafik 3: 1975 - 2014 Arası aylık ortalama yağış
Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).



Grafik 4: 1975- 2011 Arası aylık ortalama sıcaklık
Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).

Mevsimlerin sıcaklığı (1975- 2011) 37 yılın aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak sınıflandırıldığında; 14,36 °C'dir. 37 yılın aylık ortalama sıcaklığı ele alınarak, sıcak ve soğuk mevsimlere bölünmüştür. Aylık ortalama sıcaklık 14,36 °C'dir. Bazı yıllarda sıcak mevsimler kısa dönem yaşandığında, uzun kışlar görülür. 1977, 1995, 2005 yıllarında sıcak mevsim sadece 5 aydır, bazı yıllarda ise soğuk mevsim uzundur. Örneğin; 1985, 1989, 1990, 2000, 2008 yılları 7 aya kadar soğuk mevsimlerin görülmesiyle birlikte, ortalama olarak mevsim başına yılda altı ay sıcak ve altı ay soğuk mevsim dönemleri yaşanmıştır. Grafik 4'te sıcak mevsim Mayıs-Ekim, soğuk mevsim ise Kasım-Nisan ayları arasında başlamıştır.

1.4.3. Yağış ve Sıcaklık Eğilimleri

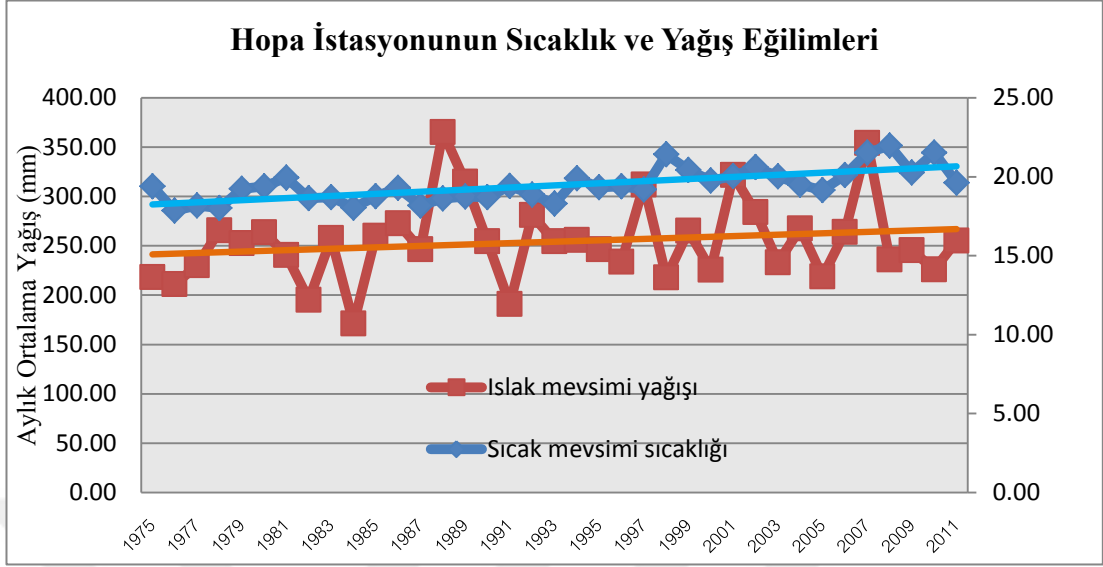
Yağış ve sıcaklık eğilimlerinin analizleri, Hopa Meteoroloji İstasyonundan alınan istatistiklerle dayandırılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 10; 1975 yılından 2011 yılına kadar (37 yılda), yıllık ortalama yağış miktarı 2243,99 mm kadardır. Tez sahası için 2.500 mm'den fazla yıllık yağış ölçütleri kullanılırken, 37 yılda yağışın altı yıl boyunca eşiği aştığı görülür. İlk dönem (1982-1999) iki yıl sürmüştür ikinci dönem ise (2000-2010) üç yıla kadar sürmüştür. Bu alandaki yağışın son dönemde yoğunluğunu artırma eğiliminde olduğu kaydedilmiştir.

Küresel ölçekte, kara yüzeyinde 2001-2005 döneminde (5 yıl) okyanus yüzeyinde gözlemlenen yıllık ortalama sıcaklıkların 1850-1899 (50 yıl) yılına kıyasla $0,76^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,19^{\circ}\text{C}$) arttığı gözlemlenmiştir (IPCC 2007). Son 100 yıllık dönemde (1906-2005) doğrusal ısıtma eğilimi $0,74^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,18^{\circ}\text{C}$) dir. Son 30 yılda her 10 yıldaki küresel ısınma oranı $\approx 0,2^{\circ}\text{C}$ artış göstermiştir (IPCC 2007). Son 37 yılda Hopa'da gözlemlenen sıcaklığın istatistik sonuçları, küresel sıcaklık artış eğilimine benzediği saptanmıştır (Tablo 10). 37 yıl boyunca, 1975 ile 2011 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık $14,36^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık sınıflandırmasında, ortalama sıcaklık 16°C 'den fazla olan yıllar göz önüne alınarak incelenmiştir. 15°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda yıllara göre, 7 yıl, ilk dönemde iki yıl, ikinci dönemde de dört yıl vardır. Bu bilgilere dayanarak, sıcaklıkta artış yönünde bir eğilim görülüyor. Bu, dünya çapında meydana gelen küresel ısınma olayına karşılık gelir (Grafik 5). Nemli sezonda aylık ortalama yağış ve 1975 -2011 döneminde sıcak sezonda, aylık ortalama sıcaklık her iki faktör için istikrarlı bir şekilde artmaktadır (Grafik 6). Birinci ve ikinci dönemler arasında sıcaklıkların yükselmesi muhtemeldir. Artış $0,74^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu 37 yıllık döneme ait sıcaklık istatistiklerindeki dikkate değer dağılım, son 15 yıldaki iklim değişikliklerinin (Tablo 11) eğilimi ile tutarlıdır.

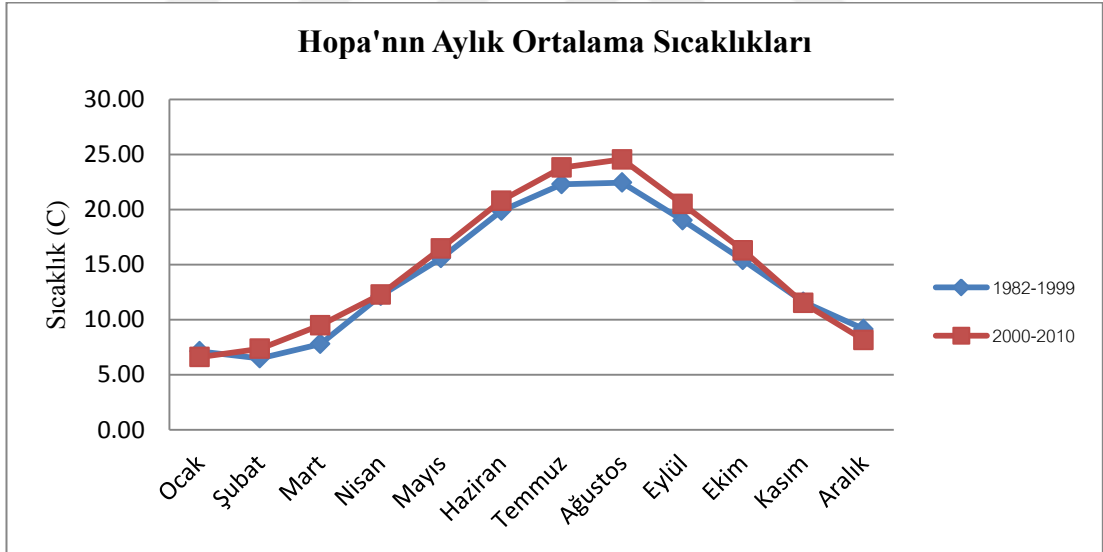
Tablo 10: Son 37 yılda yağış ve sıcaklık üzerine ekstrem seviyeler.

Yıllar	Ortalama	Y > 2500 mm., S > 15.0 °C		
	1975 - 2011	1975 - 2011	1982 - 1999	2000 - 2010
Yağış (yıllık)	2243.99	6 Yıl	2 Yıl	3 Yıl
Sıcaklık (yıllık)	14.36	7 Yıl	2 Yıl	4 Yıl

Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).



Grafik 5: Hopa istasyonunun sıcaklık ve yağış eğilimleri
Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).



Grafik 6: Hopa'nın Aylık Ortalama Sıcaklıkları
Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).

Tablo 11: Hopa'daki yıllık ortalama sıcaklıklarda gözlemlenen değişiklikler.

1975 - 2011	1982 - 1999	2000 - 2010	Isınma oranı
14.36 °C	14.08 °C	14.82 °C	+ 0.74 °C

Not: Hopa iklim verilerinden uyarlanmıştır (TSMS, 2015).

1.5. Hidrografik Özellikler

Yüzey ve yeraltı suları, afetlerin morfometrik ve hidrolojik özelliklerine bağlı olarak önemli bir rol oynamaktadır (Turoğlu, 2005-b; Turoğlu & Özdemir, 2005; Turoğlu, 2007). Bu nedenle havzanın hidrografik özellikleri ele alınmıştır ve bu özellikler, sel felaketlerinin önemi açısından değerlendirilmiştir.

Çalışma alanları küçük havzalardan oluşmakla birlikte bu alanlar topografik olarak yüksektir ve her havzanın ana akımı yerleşim merkezlerinden geçmektedir. Düşük yağış durumunda bile akım yüksek enerjilidir. Bu özellik sel felaketini teşvik edici niteliktedir.

Tablo 12: Üç havzanın bazı özellikleri

Havza	Alan (Km ²)	Alan (%)	Uzunluk (m)	Eğim (%)
Musazade Havzası	4,39	34,81	3656,80	0,083
Yukarı Hacılar Havzası	5,96	47,26	6082,30	0,106
Aşağı Hacılar Havzası	2,26	17,92	2820,07	0,076
Toplam	12,61	100	12559,17	0,088

- **Musazade havzası:** bu havzayı drene eden Musazade Deresi çalışma alanının güneyinden kuzeye doğru akar; havzanın toplam alanı 4,39 km²'dir. Akarsu 3,65 km'lik bir uzunluğa sahiptir ve güneyde dağlık alanın en yüksek noktasından kaynağını alır (Tablo 12). Bu havzanın en yüksek noktası, ortalama deniz seviyesinin 574 m üstündedir. Akarsu drenajı; yerleşim alanı içinden açık beton kanal içinde akışını sürdürür (Foto 5) ve beton kanal, konut alanında kapalı boru menfeze dönüşüp, Karadeniz'e deşarj olur.
- **Yukarı Hacılar havzası:** Yüksek ormanlık alandan kaynağını alır. Havza alanının güneydoğusundan yerleşim bölgesi boyunca kuzeye akar; toplam alan 5,96 km²'dir (Tablo 12). Kanalin toplam uzunluğu 6,08 km dir. Akış yönünde akım iki hatta ayrılmıştır. Daha sonra havzanın alt kısmı Yukarı Hacılar Mahallesi'nden betonarme bir kanal içerisinde akış göstererek (Foto 6), Atatürk yolu yakınlarında bir boru vasıtasıyla sularını Karadeniz'e boşaltır.

- **Aşağı Hacılar havzası:** Havzanın toplam alanı 2,26 km²'dir (Tablo 12). Kentin kuzeydoğu kesiminden akar. Daha sonra batı yönünde akar ve şehir merkeziden beton kanalla geçip (Foto 7), şehrin doğusundan Karadeniz'e dökülür.



Foto 5: Musazade Deresi



Foto 6: Yukarı Hacılar Deresi



Foto 7: Aşağı Hacılar Deresi

2. HAVA FOTOĞRAFLARI VE ALAN ARAŞTIRMALARI

Bu bölümde hava fotoğraflarını çekmek için dronun nasıl kullanılacağı hakkında bilgi verilmiştir. Bu çalışmada, ön çekim, planlama, çekim ve çekim sonuçları aşağıda açıklandığı gibidir.

2.1. Çekimden Önce Hazırlık Çalışmaları

Dron ile hava fotoğrafı çekimi yapmak; uçağı ve araştırmacıyı zamandan ve her türlü riskten kurtarır. Unutulmaması gereken şey, dron ve yazılım limitleridir. Dron uçuş planlamasında, uçuş yolları ve uçuş yükseklikleri hassasiyet gösterilmesi gereken önemli bir konudur. İzlenen görüntü boyutunu takip etmek için alt başlıklara ayrılmaktadır.



Foto 8: Android platformunda DJI Phantom 4 dron ve otopilot uygulaması

2.1.1. Platform ve Yazılım Sınırlamaları

DJI PHANTOM 4 dron, tek bir şarjla 28 dakikaya kadar uçabilir, 5 km mesafeye kadar uzaktan kumanda edilebilir ve mutlaka tabandan, deniz seviyesinin üstünde olmalıdır.

Yazılım; Asus Zen pad 7.0 üzerine yüklenerek, Android platformunda Pix4D yakalaması olarak bilinen bir uygulamadır. Kablo vasıtasıyla uzaktan kumandaya bağlanılır. Uluslararası havacılık hukukunun ihlâl edilmemesi için, bu yazılımda yasal limiti aşmamak için bir irtifa sınırlaması vardır. İnsansız hava uçakları bir yapıdan 400 fitte uçuruluyorsa (bu durumda bu yapının tepesinden 400 fit yüksekten fazla uçmadığınız sürece) uçağın irtifasının sınırları 400 fit (121,92 mt) olur (Federal

Aviation Administration, 2017). Bu kısıtlama ile yazılım, ortalama deniz seviyesinin 150 metre yüksekliğini belirlemiştir (Şekil 7).

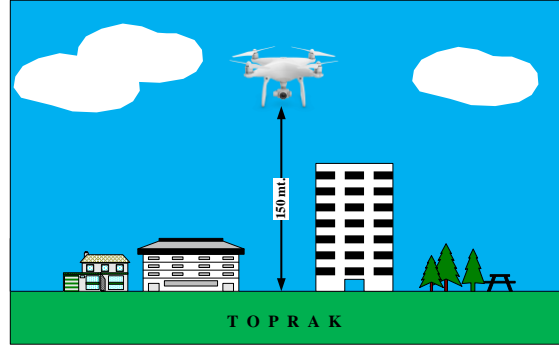
Tablo 13: Platform ve Yazılım sınırlamaları

Platform ve Yazılım	Sınırlamaları	Açıklama
DJI PHANTOM 4	Uçuş süresi	28 dakikaya kadar uçabilir.
	mutlak tavan	Deniz seviyesinden 6.000 m yükseklikte.
	Uçuş kontrollü	Uzaktan kumanda ile dron arasında 5.000 m.
Pix4D Capture	Uçuş yüksekliği	FAA uçuş kuralları nedeniyle yerden 150 m yüksekliğe kadar otomatik uçuş.

2.1.2. Uçuş Planlaması

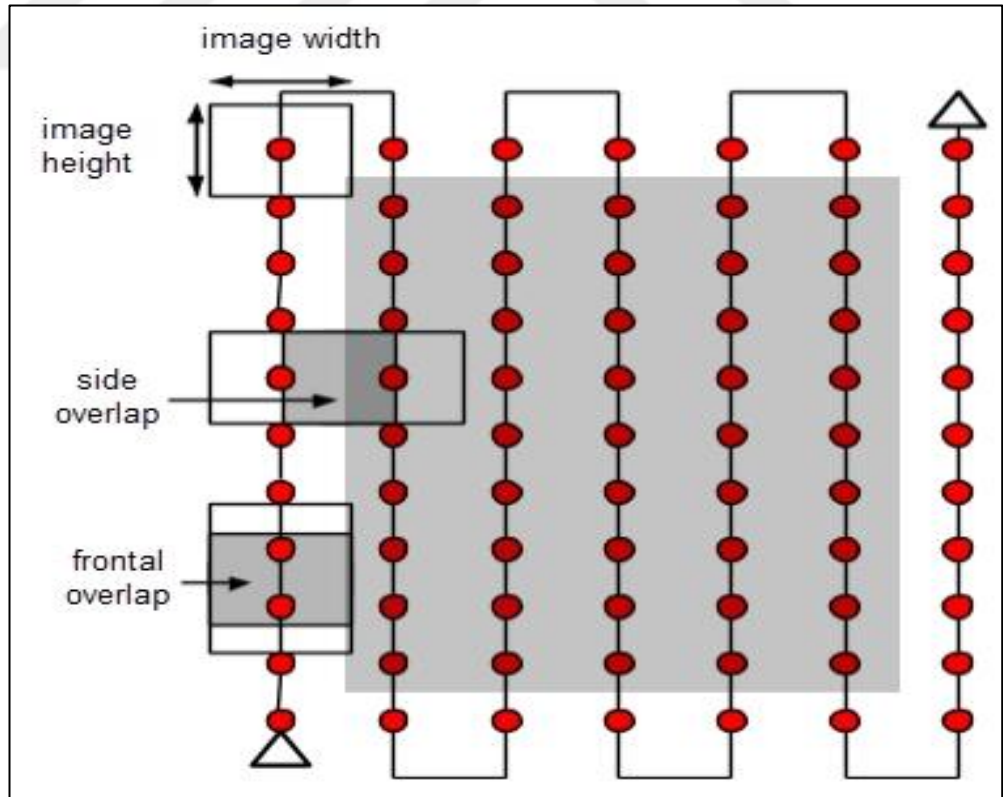
Dron ve yazılım kısıtlamaları belirlendiğinde, uçuş yüksekliği, görüntülerin çakışması ve hava fotoğraflarının çözünürlüğü hakkında uçuş planlaması yapılabilir. Uçuş planlamasını oluşturmak için, GSD Hesaplayıcısı kullanılır (Şekil 7, 8, 9) (Pix4D Team, 2012), Pix4d'nin uçuş planlamasının ardından mesafe hesaplama aracı gelmektedir.

- **Uçuş yüksekliği;** Uçuş yüksekliği, görüntü çözünürlük boyutunu etkiler. Bu, çekim alanının boyutunu, diğer bir deyişle, düşük irtifada uçuşlar etkiler. Hava fotoğrafı büyük detaylı ve her bir fotoğraf için çekim alanı küçük olur. Öte yandan yüksek irtifada ki uçuşlarda dron, görüntü detayları kaba ancak çekim alanı geniş olan fotoğraflar çeker. Bu çalışmada, uçuş yüksekliğini zeminden 150 metreye ayarlanmıştır (Şekil 7). Bu, Pix4D yazılımı ile ayarlanabilen en yüksek irtifadır.



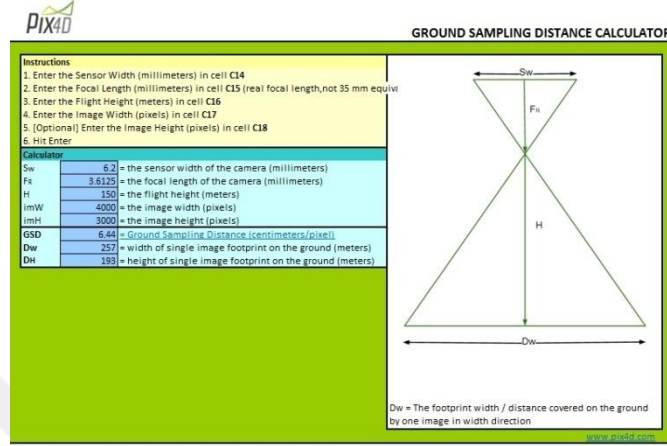
Şekil 7: Yerden 150 m yükseklikte dron uçuşu irtifası ayarı

- **Görüntü çakışması;** Fotogrametrik süreçte görüntülerin çakıştırılması gereklidir (Şekil 8). Örtüşen görüntülerin doğruluğunu etkileme ve tutarsızlıklarını giderme potansiyeli vardır. Burada ön taraf örtüşme ve yan taraf çakışma ayarları % 80'dir.



Şekil 8: Uçuş rotası ve görüntü çakışması

- **Hava fotoğrafının çözünürlüğü;** 150 metre irtifasından ayarlanan uçaksavar ile GSD, piksel başına yaklaşık 6,5 cm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 9: Zemin mesafesini örnekleme hesaplayıcısı (GSD Calculator) (Pix4D Team, 2012)

2.1.3. Uçuş Planlama Sonuçları

Bölüm 2.1.2'de bahsedilen dron ve yazılım limitlerinin çalışma bölgesindeki hava fotoğraflarını en kapsamlı şekilde sağlamak için; fotoğraflanan çalışma alanı 8 bölüme ayrılmıştır. Tüm bölgenin uçuş süresi yaklaşık 12 dakika, uçuş yüksekliği ise 150 m'dir. Görüntü bindirme oranı hem ön hem de üst kısımda % 80 olarak örtüşmektedir. Her depolama alanı, Tablo 14'te gösterildiği gibi yaklaşık 6,5 cm' lik piksel çözünürlüğünde 230 olarak görülmektedir.

Tablo 14: Dron uçuş planlaması

No.	Bölge	Ön / yan örtüşme (%)	Fotoğraf tahmini	GSD (cm)	Uçuş yüksekliği (m)	Uçuş süresi (dk)
1	Musazade Bölgesi I	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
2	Musazade Bölgesi II	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
3	Musazade Bölgesi III	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
4	Musazade Bölgesi IV	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
5	Belediyenin Arkasında	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
6	Bağlantı bölgesi	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
7	Aşağı Hacılar	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00
8	Yukarı Hacılar	80 / 80	230	6,50	150,00	12,00

2.2. Hava Fotoğraf Çekimleri

Hava fotoğraflarını çekmek için dron oto pilot yazılımına girerek, 2.1 konu üzerindeki uçuş planlama beyannamesinden bilgi alınır. Dron göreve başlatmaya hazırlanır (Foto 9). Belirlenen alanda uçuş gerçekleştirilir ve dron çekim yapar. Daha sonra başlangıç noktasına inişi yapar ve ardından dron verileri indirilir. Bunun için atılması gereken adımlar vardır. Bu süreçte beklenmeyen kazalardan kaçınılmalı, çeşitli tehlikelere karşı tedbir alınmasına özen gösterilmelidir.



Foto 9: Dron ile hava fotoğraflarının çekimi

2.2.1. Dron Hazırlama

Pix4D Capture Android uygulamasıyla uçarken:

- **Dron ile bağlantı:** Çekimin sürekliliği için ve herhangi bir durumda işlem süresince bağlantının kopmaması için dron manuel kumandayla bağlantılı olması gereklidir, beklenmeyen durumlarda devreye konularak bağlantı sağlanır.
- **GPS sinyali:** Dron GPS koordinatları yanlış olarak okursa, rasgele bir yönde uçabilir. Bu yağmur sis kar fırtına gibi iklimik sebepler veya bitki örtüsünün sıklığı (ağaç vs) çok yüksek ve dik dağların (sıra dağlar) hâkim olduğu ortamlarda gerçekleşir. Dron Sinyalin olmadığı zamanlarda uçmaz ya da uçuş yaparken sinyal kesilirse kaza yapabilir düşebilir.


- **Engeller:** Kalkış veya iniş sırasında uçağın varış noktası veya kalkış noktası ile uçuş yüksekliği arasında hiçbir engel bulunmadığından emin olunması gerekir.
- **Pil:** Pilin ömrü; rüzgâr, yükseklik, sıcaklık vb. gibi birden fazla faktöre bağlıdır. Pil durumu dron ile iletişimde olan aygıtta görülmeyebilir. Dron herhangi bir aygıtla bağlıysa ve pil % 20'nin altında ise, dron başlangıç noktasına geri döner.

2.2.2. Dron Çekim Hazırlığının yapılması

- Android platformunda uygulama açılır.
- Dron seçimi yapılır.
 - Giriş ekranında, “Ayarlar”a dokununuz.
 - Genel bölümünde “dron” seçiniz.
 - “Uygulamayı yeniden başlatınız”: Cihazın menü düğmesini tıklayınız uygulamayı kapatmak için hızlıca sola kaydırın ve uygulamayı tekrar başlatınız.

Giriş ekranında bir görev türü seçilir. Aşağıdaki adımlar Grid Mission (ızgara yöntemi) görevi örneğine dayanmaktadır.

Uçuş türünü seçtikten sonra, Harita görünümü görüntülenir sokak veya uydu temel haritası yüklenir (Şekil 10).




- Harita görünümünde, uçuş ayarlarını kişiselleştirmek için  simgesine tıklayınız.
- Ekranın solunda, istediğiniz uçuş yüksekliğini seçiniz.
- Izgarayı ilgi alanın üzerine yerleştiriniz.
- Dron hazırlandıktan sonra başlatınız.



Şekil 10: Pix4D Capture on Android yöntemi ile yer gösterme.

2.2.3. Dron Çalışmasının Başlatılması

- Dron; kolayca GPS sinyali alabilecek şekilde, en az 10 m çapındaki açık bir alana yerleştirilir.
- Dron açıldıktan sonra uzaktan kumandayla çalıştırılır.
- Dron başlatıldığında manuel olarak çalışır.
- Harita görünümünde “Başlat” a dokununuz.
- Pilot modunu otomatik olarak ayarlayınız.
 - P.S.A'yı yerleştiriniz kumanda düğmesini P konumuna getiriniz, bir USB kablosu kullanarak denetleyiciyi ağıta bağlayınız, güvenilir olup olmayacağını soran bir uyarı ekranda belirecektir güvenli olduğunu seçiniz.
- Dron başarıyla çalıştıktan sonra ekrana gelen “İleri” seçeneği ile devam edilir.
- Dron kalkış kontrol listesi açılır. Tüm güvenlik kontrolleri yeşil ise dron uçmaya hazırdır.

- Dron kalkması için düğmeyi basılı tutunuz. Dron simgesi  yukarı gider. Pencerenin üst kısmına geldiğinde dron birkaç saniye içinde kalkış yapar (Foto 10).
- **Uçuş Esnasında**
 - Ellerinizi uzaktan kumanda veya cihaz üzerinde tutunuz. Dron ile göz teması kurmaya devam ediniz. Dron uçarken video kaydı almak için Kamera  görünümünü seçiniz. Harita üzerinde belirlenen noktalar doğrultusunda hareket eden dron mevcut konumunu takip ediniz.
- **Görev Sonunda**
 - Dron başlangıç noktasına geri döner  ve otomatik olarak iniş yapar, dron yere indiğinde birkaç saniye sonra kapanır. Bazen Dron başlangıç noktasına değil birkaç metre uzağına yanlış yere İniş yapabilir veyahut otomatik olarak iniş yapamayabilir bu gibi durumlarda manuel iniş yapılır.

2.2.4. Dron Verisini İndirme

Dron güvenli bir şekilde iniş yaptıktan sonra bir sonraki aşamada fotogram düzenlemesi için dron SD Kartına kaydedilen hava fotoğraf verileri bilgisayara aktarılır (bölüm 3).

2.3. Uçuş Sonuçları

Tez sahasında, 8-12 Mayıs 2017 tarihlerinde, Dron ile hava fotoğraf çekimlerinin uçuş sonuçları, sekiz uçuş planlama alanına ayrılmıştır. Bu çekimler sırasında dron, yerden 150 m yükseklikte uçuş gerçekleştirmiştir (Tablo 15). Çekimlere ait ayrıntılar aşağıda verilmiştir.



Foto 10: Dronun havalanma aşaması

Tablo 15: Havadan fotoğraf çekimi sonuçları

No.	Bölge	Tarih	Fotoğraf	Kapsama (Km ²)	Uçuş yüksekliği (m)
1	Musazade Bölgesi I	8/5/2017	232	0,594	150,00
2	Musazade Bölgesi II	12/5/2017	234	0,685	150,00
3	Musazade Bölgesi III	9/5/2017	237	0,682	150,00
4	Musazade Bölgesi IV	12/5/2017	206	0,655	150,00
5	Belediyenin Arkasında	12/5/2017	192	0,504	150,00
6	Bağlantı bölgesi	8/5/2017	232	0,570	150,00
7	Aşağı Hacılar	9/5/2017	233	0,798	150,00
8	Yukarı Hacılar	9/5/2017	168	0,407	150,00

2.3.1. Musazade Bölgesi I

Tez sahasında, 8 Mayıs 2017'de Hava fotoğrafı çekimi yapılmıştır. Bu çekim sırasında toplam 232 fotoğraf çekimi yapılmıştır. Dron yerden 150 m yükseklikte ve 12 dakika uçuş gerçekleştirilmiştir. Hava fotoğraflarının tipi Dikey hava fotoğraflarıdır. Çekim kapsama alanı; şehrin batısındaki Arhavi limanından E70 karayoluna (Karadeniz Sahil Yolu) kıyı şeridinde, M. Nazif Günel Caddesidir. Doğu-batı hattındaki mesafe 1.300 m, kuzey - güney genişliği ise 370 m. Toplam çekim alanı 0,594 km² dir (Foto 11).



Foto 11: Musazade Bölgesi I hava fotoğrafı mozaïği .

2.3.2. Musazade Bölgesi II

Bu bölüm Musazade Bölgesi I' in devamı niteliğindedir, Hava fotoğrafı 12 Mayıs 2017'de 234 fotoğraf çekimiyle kaydedilmiştir. Dron tekrardan yerden 150 m yükseklikte uçurulmuştur. Bu bölümün kapsama alanı; Arhavi köprüsünün doğusundaki Arhavi belediye binası yakınlarında bulunan yol kavşağına kadar uzanır. 1.350 m uzunluğundadır, genişliği 530 m, toplam çekim alanı 0,685 km² dir (Foto 12).



Foto 12: Musazade Bölgesi II hava fotoğrafı mozaïği.

2.3.3. Musazade Bölgesi III

Musazade Bölgesi II nin hava fotoğrafıyla birleştirilmiştir. Bu bölümün güney tarafında kalmaktadır. 5 Mayıs 2017, de 237 Hava fotoğrafı çekimi yapılmıştır. Dron yerden yaklaşık 150 m yüksekte uçurulmuştur. Şehrin batı tepelerinden (Kale Mahallesi) doğudaki Arhavi posta bürosuna, M. Nazif Günal Caddesine kadar Uzunluğu 1.250 m ve genişliği 500 m. Fotoğraf alanı 0,682 km² (Foto 13).



Foto 13: Musazade Bölgesi III hava fotoğrafı mozaiği.

2.3.4. Musazade Bölgesi IV

Bu çekim; Musazade Bölgesi III' ün sonraki aşamasıdır. 12 Mayıs 2017'de 150 m yükseklikten uçuş yapan dron ile toplam 206 hava fotoğrafı çekimi yapılmıştır. Şehrin batısında bulunan sanayi bölgesinden (Arhavi Sanayi Sitesi), Erol Çarmıklı Caddesine kadar 1.150 m uzunluğunda, genişliği 500 m, toplam çekim alanı 0,655 km² dir (Foto 14).



Foto 14: Musazade Bölgesi IV hava fotoğrafı mozaïği.

2.3.5. Belediye Arkası

Havzanın bu bölümüne ait dron fotoğraf çekimi, Arhavi Belediye binasının arka tarafında yapılmıştır. 12 Mayıs 2017 günü yapılan bu çekimlerde toplam 192 fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Dron yerden yaklaşık 150 m uçurulmuştur. Doğu-batı yönünde 660 m uzunluğunda, kuzey-güney yönünde 780m genişliğinde ölçülmüştür. Fotoğraf çekiminin toplam alanı 0,0504 km² dir (Foto 15).



Foto 15: Belediyenin Arkasında hava fotoğrafı mozaïği.

2.3.6. Bağlantı Bölgesi

Burası Musazade çayı ile aşağı Hacılar deresi ve Arhavi şehir merkezinin doğusunda yer alan Yukarı Hacılar Deresi arasındaki bağlantı bölgesidir. 8 Mayıs 2017'de, toplam 232 fotoğraf çekimi yapıldı. Dron yerden yaklaşık 150 m yükseklikte uçtu. Fotoğraf alanı M. Nazif Günel Caddesinden doğuya, Arhavi Tüneline kadar uzanıyor. Kuzey-batı yönünde 1.130 m uzunluğundadır, kuzey-güney yönünde 350 m genişliğindedir, toplam çekim alanı 0,570 km² dir.



Foto 16: Bağlantı Bölgesi hava fotoğrafı mozaiği.

2.3.7. Aşağı Hacılar

Aşağı Hacılar; Bağlantı Bölgesinin devamı niteliğindedir. 9 Mayıs 2017 tarihinde yapılan çekimlerde 233 fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Dron yerden yaklaşık 150 m uçuş yapmıştır. Çekim alanı mesafesi, Sahil Parkından, doğudaki Arhavi Tüneline kadarki batı - doğu yönü 1.390 m uzunluğunda, kuzey - güney yönü 610 m genişliğinde ve toplam çekim alanı 0,798 km² yi kapsar (Foto 17).



Foto 17: Aşağı Hacılar hava fotoğrafı mozaïi.

2.3.8. Yukarı Hacılar

Bu bölüm, Bağlantı Bölgesi'nin devamı niteliğindedir. Hava fotoğrafları 9 Mayıs 2017 tarihinde yapılmış olup, 168 fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Bu çekimlerde dron yerden yaklaşık 150 m uçuş yapmıştır. Fotoğraf çekimi Atatürk bulvarından güneye doğru Ali Rıza Çakmaklı Caddesine kadar Batı - doğu genişliği 430 m'dir. Kuzey - güney uzunluğu 1.010 m Toplam alan 0,407 km² dir (Foto 18).



Foto 18: Yukarı Hacılar hava fotoğrafı mozaïi.

3. FOTOGRAMETRİ ANALİZİ

3.1. Hava Fotogrametrisinin Tanımı

ASPSR, fotogrametrinin tanımını; “fiziksel ögeler ve çevre hakkında güvenilir bilgi elde etmenin, çevreye ve elektromanyetik ışın enerjisinin görüntülerini ve biçimlerini kaydetme, ölçme ve yorumlama süreçleri yoluyla sanatsal bilimsel ve teknolojik veriler sağlar” şeklinde yapar (American Society of Photogrammetry, 1980).

"Fotogrametri" Işık anlamında üç Yunanca kelime olan; Phos, gramama ve metrein'den türetilmiştir (Schenk, 2005). Kelime karşılığı; “ışık-yazma-ölçümü” anlamına gelir. Fotogrametri bilimi, yalnızca fotoğraflardan kesin ve doğru ölçümlerin alınmasını sağlayan bilimdir (McWilliam vd., 2005).

Hava fotogrametrisi; cisimlerin hava fotoğrafları çekimiyle elde edilen ölçümlerden, dünyanın yüzeyinde veya üzerinde bulunan nesnelerin fiziksel boyutlarını çıkaran belirleyen bilimdir. Sonuç olarak; belirli bir noktanın koordinat (X, Y ve Z) konumu, plan metrik özellikleri ve arazinin DTM'den oluşan grafik gösterimini sağlayan bir bilimdir (CDOT, 2015).

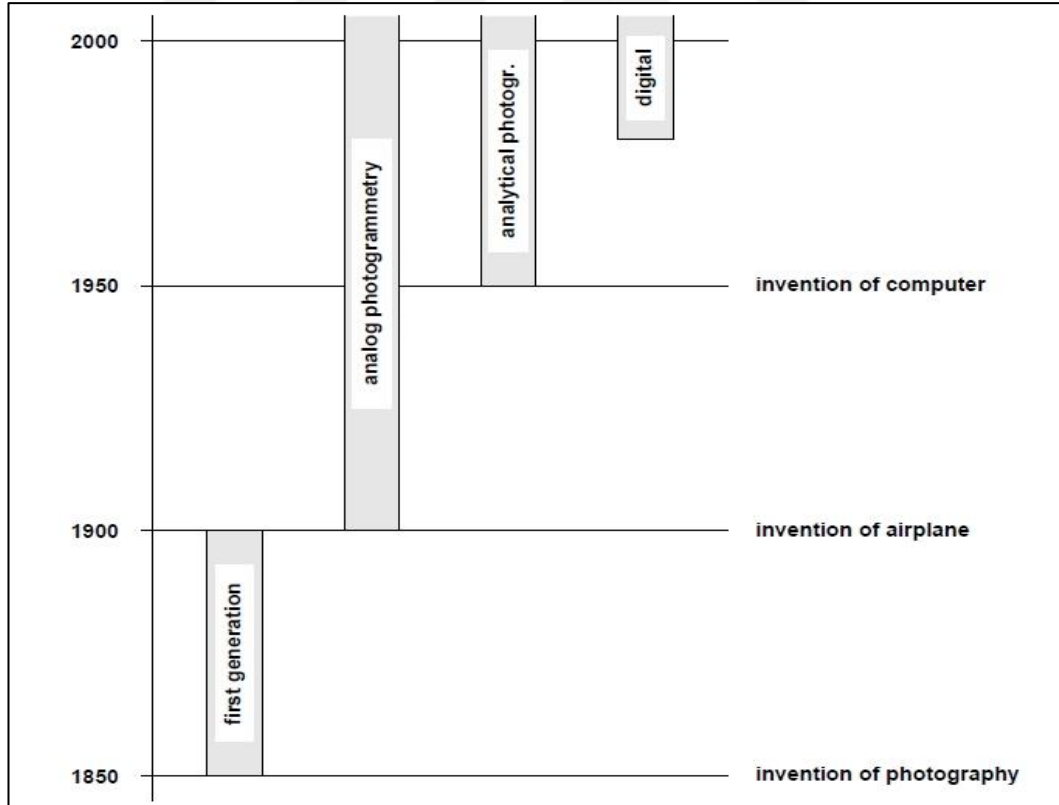
3.2. Hava Fotogrametrisinin Tarihsel Süreci

Fotogrametrinin gelişimi açıkça bilimin ve teknolojinin gelişimine bağlıdır. Bilinmelidir ki fotogrametrinin dört ana bileşenden; doğrudan fotoğraf, uçak, bilgisayar ve elektronik teknolojik buluşlarıyla ortaya çıkmıştır (Şekil 11). Bu dört unsur fotogrametriyi tasvir etmektedir. Fotogrametri; 1839 yılında Daguerre ve Niepce'nin fotoğrafçılığın keşfi ile başlamıştır. Geçen yüzyılın ortalarından sonuna kadar olan ilk kuşak, karasal ve balondaki olağanüstü başarılarla çok öncü ve deneysel bir aşamadan oluşmaktadır.

Genellikle analog fotogrametri olarak adlandırılan ikinci nesil, 1901 de Porfrich tarafından stereofotogrametrinin (3D Fotogrametri) keşfi ile karakterize olmuştur. Bu, 1908'de Orel tarafından ilk stereoplotterin inşasının yolunu açtı. Birinci Dünya Savaşı sırasında uçaklar ve kameralar faaliyete geçti. İki dünya savaşı arasında, hava anket tekniklerinin ana temelleri inşa edildi ve bugüne kadar gelebilmiştir. Mekanik

ve optik teknolojiye dayanan analog düzeltme ve stereoplottlama araçları yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu aşamada, fotogrametri etkili bir ölçme ve haritalama yöntemi olarak yer almıştır. Temel matematik teorisi biliniyor ancak hesaplama miktarı, sayısal çözümler yapılamıyordu ve bu yüzden tüm tercihler analog yöntemlere yönelik olmuştur (Şekil 11).

Bilgisayarın gelişiyle birlikte üçüncü kuşak, analitik fotogrametri sloganı altında başlamıştır. Schmid (1969), bir bilgisayara erişimi olan ilk fotogrametristlerden biriydi. H.H. Schmid 1950 li yıllarda, matris cebiri kullanarak analitik fotogrametrisinin temelini oluşturmuştur. Fotogrametrik ölçümlere uyum teorisi uygulamak için ilk kez ciddi bir girişim yapılmıştır. İlk operasyonel bilgisayar programlarının kullanıma sunulması ise sonraki birkaç yılı almıştır (Şekil 11).



Şekil 11: Teknolojik yeniliklerin sonucu olarak başlıca fotogrametrik evreler

Hava triyangülasyonu dışında, analitik plotter, üçüncü neslin bir başka önemli buluşudur. Yeni icat ile fotogrametrik uygulamaya giriş arasında bir zaman gecikmesi olduğu gözlemliyordu. Bununla birlikte, ilk araçlar yetmişli yıllarda geniş bir tabanda yayılış göstermiştir.

Dördüncü nesil dijital fotogrametri fotogrametride yeni bir disiplin olarak hızla geliyordu. Diğer tüm evrelerden farklı olarak, hava fotoğrafları yerine dijital görüntüler kullanılmaya başlanmıştır. Sayısal görüntülere ve özel mikroişlemci yongalarına hızlı erişim imkânı sağlayan depolama aygıtlarının varlığı ile dijital fotogrametri sadece birkaç yıl önce ciddi bir şekilde başlamıştır. Çalışmalar başlangıç aşamasındadır ve fotogrametrik uygulamaya henüz geçilmemiştir. (Schenk, 2005).

3.3. Fotogrametri Çeşitleri

Aşağıda anlatıldığı gibi iki tip fotogrametriden söz edilebilir. Bunlar; Hava Fotogrametrisi ve Karasal (Yakın Aralık) Fotogrametridir (Turoğlu, 2016-b).

3.3.1. Dijital Hava Fotogrametrisi

Topografya haritalamada kullanılan dijital fotoğraflar, bir uçağın altına monte edilmiş kameralardan alınan video ile başlamıştır. Uçak, haritalanacak olan alanın üstünde uçuş yolunda uçar ve bu sırada kapsama alanının tamamı için üst üste binen fotoğraflar veya videolar elde edilir.

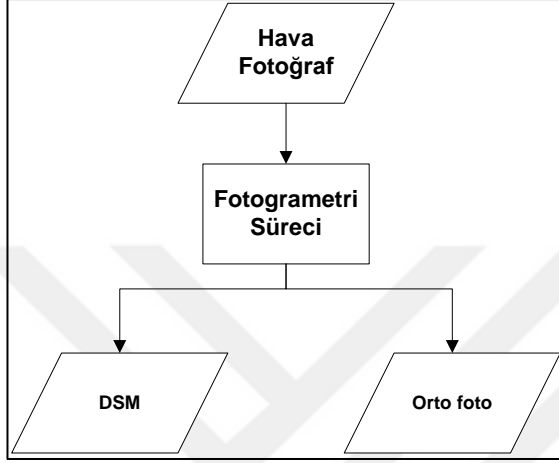
3.3.2. Yakın Mesafeli Dijital Fotogrametrisi

Genellikle, el kameralarıyla veya bir uçağa monte edilen aygıtlarla yakın mesafeden çekilen fotoğraflar kullanılır. Yakın mesafedeki fotoğraflar, 3D modeller oluşturmak için kullanılabilir, ancak topografik haritalama için kullanımı yaygın değildir. Bu tür fotogrametrisi binalar, otomobil kaza sahneleri veya film setleri gibi bölgelerin veya birçok nesnenin 3D modellenmesi için kullanışlıdır. (Goodman, 2017).

3.4. Yazılım ve Fotogrametrik Analiz

Drone ile Hava fotoğrafı çekimi (Bölüm 2) bir fotogrametri sürecidir, bu alan çalışmalarında birinci adımdır ve bir sonraki adım DSM'nin oluşturulmasıdır. Bu

adımında ofis uygulamasıyla çalışma gerektirir. DSM'nin oluşturulması için fotogrametrik yöntemler, Agisoft PhotoScan yazılımı uygulanarak gerçekleştirilir. Bu işlem; aşağıdaki adımlar izlenerek, 2.bölümdeki hava fotoğrafları kullanarak DSM oluşturulmuştur (Şekil 12) (Foto 19).



Şekil 12: Fotogrametri süreci ve ürünleri.



Foto 19: Yazılım bilgisayarı ile fotogrametrik işlem.

3.4.1. 3D Arazi Oluşturma

Bu aşamada, çalışma alanının üç boyutlu arazi modeli, dron ile kaydedilen hava fotoğrafları kullanılarak 8 bölgeden oluşan üç boyutlu bir alan oluşturulmuştur. Hava fotoğraflarının yazılıma yüklenmesinden, Fotoğrafların Hizalanması, Örgü Oluşturması, GCP'lerin oluşturulması ve Dense Bulutu Süreçlerinin Oluşturulmasına kadar olan süreci aşağıda belirtilen adımlarla gerçekleştirilmiştir (Foto 19).

3.4.1.1. Fotoğraf Yükleme

Herhangi bir çalışma yapmaya başlamadan önce hangi fotoğrafların 3D yeniden yapılandırma için bir kaynak olarak kullanılacağını belirlemek gerekir. Aslında, fotoğrafların kendileri PhotoScan'a ihtiyaç duyuluncaya kadar yüklenmez. Bu nedenle, fotoğraf yükleme aşaması, yalnızca daha ileri işlem olup, bir dizi fotoğraf yüklenerek gerçekleştirilir (Tablo 16).

- İş Akışı menüsünden “Fotoğraf Ekle” komutu seçilir veya Çalışma Alanı bölümünde Fotoğraf Ekle araç çubuğunu tıklanır.
- Fotoğraf Ekle iletişim kutusunda, resimleri içeren klasöre gidilir ve işlenecek dosyalar seçilir. Ardından Aç düğmesini tıklanır.

- Seçilen fotoğraflar Çalışma Alanı bölmesinde görünür.

Tablo 16: Her fotogrametrik proste parametrenin ayarları

Süreç	Parametre	ayarlar
Aligning Photos	Accuracy	Medium
	Pair preselection	Reference
	Surface type	Height field
Building Mesh	Source data	Sparse cloud
	Polygon count	High
Building Dens Cloud	Quality	Medium
	Depth Filtering modes	Aggressive

3.4.1.2. Fotoğrafları Hizalama

Fotoğraflar PhotoScan'a yüklendikten sonra hizalanmaları gerekir. Bu aşamada PhotoScan, her fotoğrafın kamera konumunu ve yönünü bulur ve seyrek nokta bulutu modeli oluşturur. Bir dizi fotoğrafı hizalamak için, İş Akışı menüsünden “Fotoğrafları Hizala” komutunu seçilir. Resimleri Hizala iletişim kutusunda Tablo 16'dan istenen hizalama seçeneklerini seçilebilir. Daha sonra işlem tamamlandığında tamam düğmesi tıklanır.

3.4.1.3. Yapı Örgüsü

Örgü oluşturmak için; aşağıdaki adımlar takip edilir.

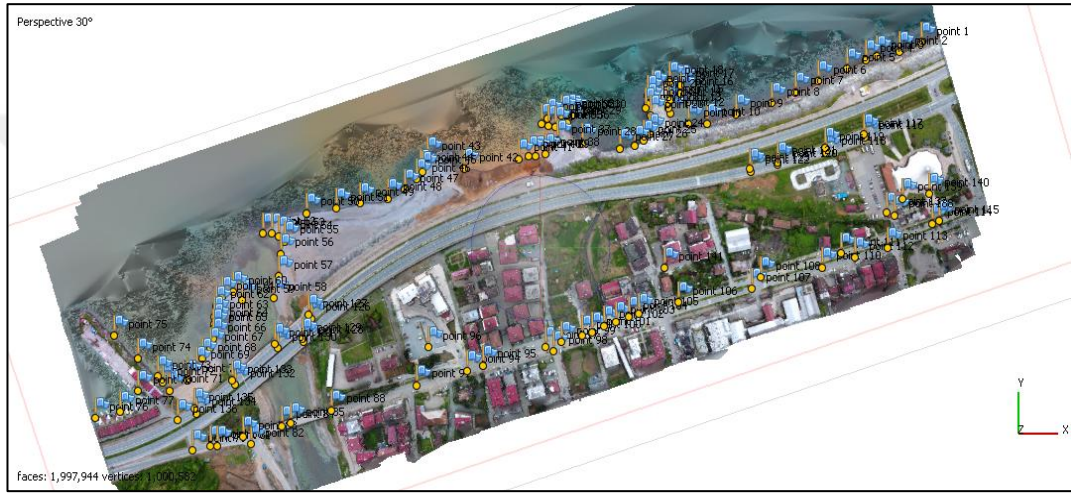
- Yeniden yapılandırma hacmi sınırlayıcı kutusunu kontrol edilir. Modelin referansı zaten varsa, sınırlayıcı kutusu otomatik olarak doğru bir şekilde konumlandırılacaktır. Aksi takdirde, pozisyonunu manuel olarak kontrol etmek gerekir.
- İş Akışı menüsünden Örgü Oluştur, komutunu seçilir.
- Örgü Oluştur iletişim kutusunda aşağıdaki Tablo 16'da istenen yeniden yapılandırma parametrelerini seçilir. İşlem tamamlandığında tamam düğmesi tıklanır.

3.4.1.4. Yer İşaretleri Yerleştirme

Tez çalışma alanının yerlerini belirlemek için işaretler kullanılmıştır. İşaretler bir koordinat sistemi kurmak içinde kullanılır. İşaretlerin konumları, kaynak fotoğrafların üzerindeki projeksiyonlarla tanımlanır. İşaretin konumunu belirtmek için ne kadar çok fotoğraf kullanılırsa işaretin yerleşim doğruluğu o kadar yüksek

olur. Bir alanda işaretlerin konumunu tanımlamak için en az 2 fotoğraf üzerine yerleştirilmesi gereklidir.

Bu çalışmada; Musazade bölgesi I. alanının kıyı hattına toplam 87 markör işareti koyulmuştur (Şekil 13). Referans yükseklik modelini ayarlamak için kullanılan işaretler tüm belirteçlerde deniz seviyesinde 0 m ayarlanması için sahil boyunca "0" değeri verilmiştir.



Şekil 13: Deniz seviyesinden yüksekte olan sahil boyunu 0 m olarak göstermek

3.4.1.5. Yoğun Bulut Oluşturma

PhotoScan dense point cloud (yoğun nokta bulut modeli) modelini üretip görselleştirmeyi sağlar. Tahmini kamera konumlarına dayanarak program, her kamera kaydı için hesap yapar bunları tek bir yoğun nokta bulutu halinde birleştirir. PhotoScan, daha yoğun olmamasına rağmen LIDAR nokta bulutları olarak neredeyse aynı yoğunluğa sahip ekstra yoğun noktasal bulutlar üretme eğilimindedir. Yoğun bir nokta bulutu PhotoScan ortamında düzenlenebilir veya sınıflandırılabilir.

- Sınırlama kutusunu ayarlamak için yeniden yapılandırma hacmi sınırlayıcı kutusunu işaretlenir.
- İş Akışı menüsünden Yoğun Bulut Oluştur, komutunu seçilir.
- Yoğun Bulut Oluştur iletişim kutusunda istenen yeniden yapılandırma parametrelerini seçilir. İşlem tamamlandığında tamam düğmesi tıklanır.
- Geçerli işlem durumunu gösteren ilerleme iletişim kutusu görüntülenir.

3.4.2. Tüm Araziyi Birleştirme

"Kısmi" 3D modeller birkaç parçaya ayrıldıktan sonra bir araya getirilebilirler.

Parçaları birleştirmeden önce bunlar hizalanmış olmalıdır.

3.4.2.1. Parçaları Hizalama

Ayrı parçaları sıralamak için;

- İş Akışı menüsünden Parçaları Hizala komutu seçilir.
- Parçaları Hizala iletişim kutusunda, hizalanacak parçaları seçip, referans yığını çift tıklanarak belirtilir. İstenilen hizalama seçenekleri ayarlanır. İşlem tamamlandığında Tamam düğmesi tıklanır.
- Geçerli işlem durumunu gösteren ilerleme iletişim kutusu görüntülenir.
- Aşağıdaki parametreler parçaların hizalama prosedürünü kontrol eder ve Tablo 17'de aşağıdaki gibi Parçaları Hizalar iletişim kutusundan değiştirilebilir:

Tablo 17: Parçaları hizalama parametreleri		Tablo 18: Parçaları birleştirme parametreleri	
Parametreleri	Detay	Parametreleri	Detay
Method	Point based	Merge dense clouds	Yes
Accuracy	Medium	Merge markers	Yes
Preselect image pairs	Yes		

3.4.2.2. Parçaların Birleştirilmesi

Hizalama tamamlandıktan sonra, ayrı bölümler tek bir parça halinde birleştirilebilir.

Parçaların birleştirilmesi;

- İş Akışı menüsünden Parçaları Birleştir komutu seçilir. İletişim kutusunda birleştirilecek parçalar ve arzu edilen birleştirme seçenekleri seçilir. İşlem tamamlandığında tamam düğmesi tıklanır. PhotoScan, ayrı parçaları birleştirecektir. Birleştirilmiş parçalar çalışma alanı bölmesindeki proje içerik listesinde görüntülenecektir.

Aşağıdaki parametreler, birleştirme işlemi kontrol eder ve Tablo 18'de aşağıdaki Birleştirme Çubukları iletişim kutusunda değiştirilebilir:

Parçaları birleştirme sonucunda (diğer bir deyişle fotoğraflar, nokta bulutu ve geometri) yeni parça halinde olacaktır.

3.5. Nihai Ürün (DSM)

3.5.1. Dijital Yüzey Modeli (DSM)

Fotogrametrik süreçte işlemi tamamladığımızda dijital yükseklik modeli (DEM) görselleştirilebilir (Harita 3). Bir DEM, yüzey modelin yükseklik değerlerini düzenli bir ızgarası olarak temsil eder. DEM; 3.4.2.2. Bölümdeki yoğun bir nokta bulutundan rasterizeleştirilebilir (Parçaları birleştirilmesi: Merging Chunks).

DSM sonuçları yüksek çözünürlüğü toplam 3,2 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Görüntünün çözünürlüğü piksel başına 20 cm'dir, veri boyutu sabit diskte 474 MB'dir. En alçak alan Karadeniz kıyısında, Kale mahallesindeki Arhavi limanından Aşağı Hacılar Mahallesi'nin kuzeydoğu ucundaki limana kadar uzanmaktadır. DSM'nin en yüksek noktası Yukarı Hacılar Mahallesi bölgesinde şehrin kuzeyinde deniz seviyesinden 123 m yüksekliğindedir.

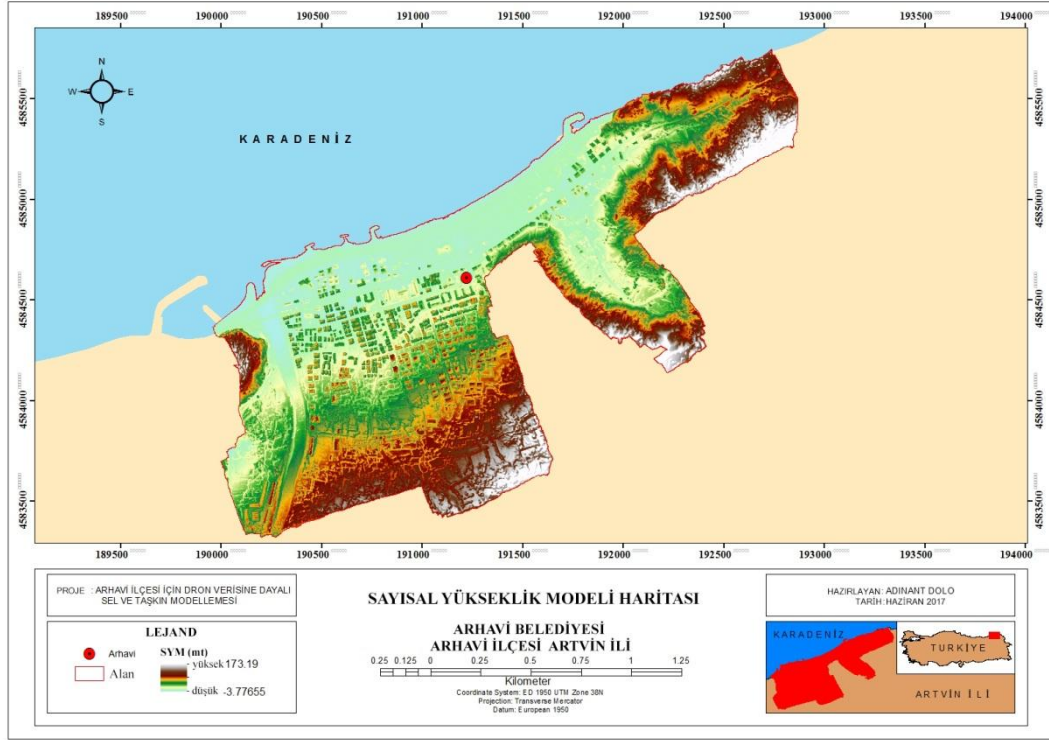
3.5.2. Ortofoto Mozaikleri

Ortofoto Mozaikleri dışa aktarımı normalde, kaynak fotoğraflara ve yeniden yapılandırılmış modele dayalı yüksek çözünürlüklü görüntülerin oluşturulması için kullanılır. En yaygın uygulama hava fotografik anketi veri işlemedir. PhotoScan, yüzey verileri bulunan tüm alan için ortofoto mozaik oluşturur (Harita 4).

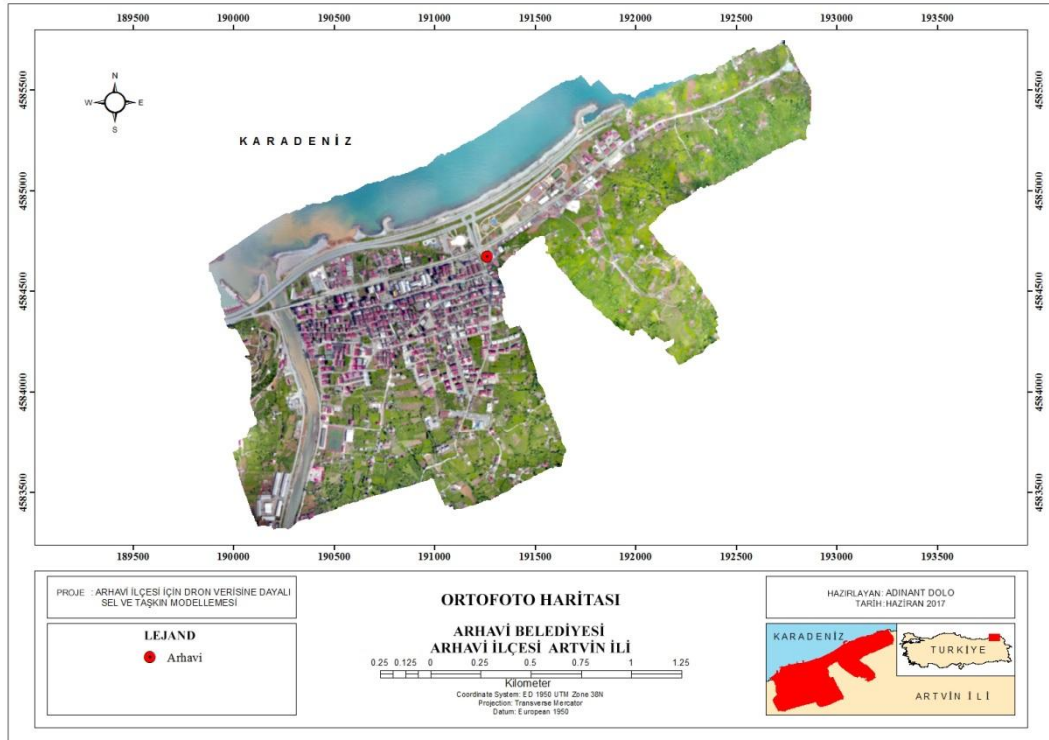
Ortofoto mozaik 3,2 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Görüntü çözünürlük boyutu 402 MB'lik bir dijital dosya boyutu ile 20 cm'dir.

Tablo 19: DSM'nin son ürünü ve ortofotografı

Ürün	Çözünürlük (cm.)	Alan (km.)	Veri boyutu (MB.)
DSM	20.00	3.20	474
Orthophoto	20.00	3.20	402



Harita 3: Sayısal yükseklik modeli haritası



Harita 4: Ortofoto haritası

4. YAĞIŞ MİKTARI-YÜZEY AKIŞ ANALİZLERİ

Çalışma alanındaki yağış miktarı, taşkınlara neden olabilecek önemli bir değişkendir. Bu bölümde Aşağıdaki uygulamaları kullanarak yağış miktarının akış hidrografı tespit edilmiştir.

4.1. Olasılık Analizi

Olasılık analizi (*Probability Analysis*) veya tekrarlama periyodu analizi (*Return Period Analysis*) : Bu hesaplama; yağış sıklığını analiz ederek, aynı yağış miktarlarının ne zaman tekrar ortaya çıkacağını belirler. Bu çalışma için aşağıdaki formül kullanılır formülde Olasılık denklemi uygulanır.

Eq 1

$$T = \frac{1}{P}$$

T = Tekrarlama periyodu
P = Olasılık

Weibull denkleminde (Weibull, 1939) bir sonraki yıl ortaya çıkabilecek olasılık.

Eq 2

$$P = \frac{m}{N + 1}$$

m = Yağış Yılı Sırası
N = Toplam Yağış Yılı sayısı

Eşitlik Denklemi; Eq 1 den Denklem Eq 2'ye P olarak geçer.

Eq 3

$$T = \frac{N + 1}{m}$$

Eğer bir Olayın olasılığı P ise şans oluşmayacaktır.

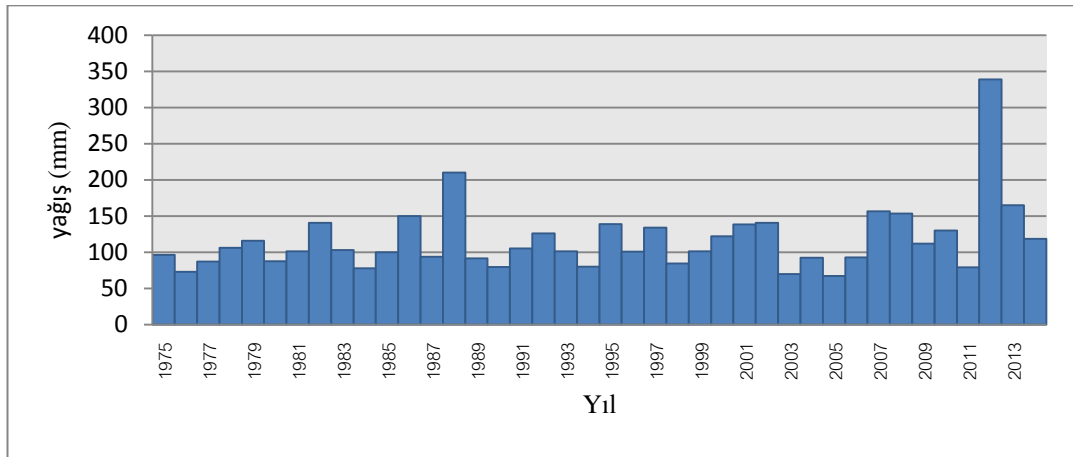
Eq 4

$$q = 1 - P$$

q = Olmama Olasılığı

Yukarıdaki denklemde Arhavi bölgesinin 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönemlerinde 24 Saatte yağın yağmur miktarı hesaplanmıştır.

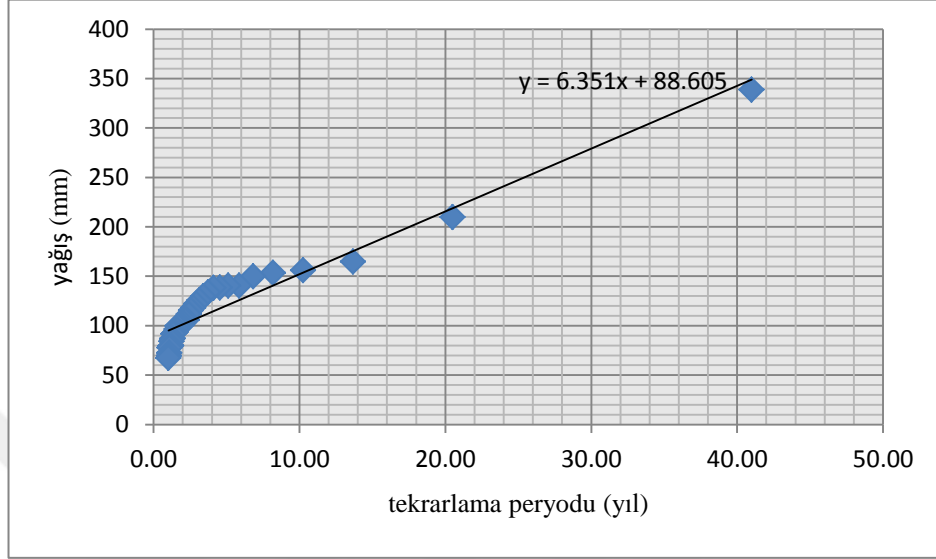
1975-2014 yılları arasındaki 24 saatte düşen maksimum yağış miktarlarını kullanarak (Grafik 7); 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönemlerin 24 saatteki maksimum yağış olasılığı analiz edilmiştir. Bu kapsamda, Weibull (1939) metodundan faydalanılarak çeşitli yıllarda maksimum günlük yağış grafiği çizilmiş ve tekrarlama periyodunu tahmin etmek için doğrusal bir denklem kullanılmıştır. Tekrarlama periyodu için doğrusal denklemin $y = 6,351x + 88,60$ olduğu; x = tekrarlama yılı, y = 24 saatte maksimum yıllık yağış (Grafik 8). Grafiğin ilk 10 yılında yağış şiddeti benzerlik gösterir ve daha sonraki yıllarda yayılış göstermektedir.



Grafik 7: 1975-2014 arası Hopa maksimum günlük yağış

Grafik 8'de 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık dönemelelere ait yağış verileri iki aşamaya ayrılmıştır. İlk faz 2, 5, 10, 25 yıl yağış skoru aralığındadır ve ikinci faz ise Q50 ve Q100 yağış verileri kaydedilen aralıkların dışındadır. Grafik 8'de çizilen çizginin çizgi denkleminde gelen değerleri tersine çevirir, 2, 5, 10, 25, 50 ve 100, yılların

tekrarlama dönemine ait sonuçlarını (Tablo 20) yağış miktarı (mm) olarak hesaplanmıştır.



Grafik 8: 24 Saatlik maksimum yağış tekrarlama periyodu grafiği.

Tablo 20: tekrarlama periyodu 24 saat maksimum yıllık yağış süresi

İstasyon	Yöntem	Veri (yıl)	Tekrarlama periyodu sonuçları 24 saat (mm)					
			2	5	10	25	50	100
Hopa Met. İstas..	Weibull	40	101,30	120,36	152,11	247,38	406,15	723,70

4.2. Yağış Sızıntısı ve Akış Analizi

Bu çalışmada ABD Doğal Kaynak Koruma Servisi (NRCS), Eski Toprak Koruma Servisi (SCS), Eğri Numarası (CN) yöntemi kullanılarak; etkili yağış miktarını, biriken yağış miktarı, arazi kullanımı, toprak türü ve toprağın öne çıkan nem durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Kullanılan yöntemler; Ulusal Mühendislik El Kitabı'nda (NEH) detaylı olarak açıklanmış olup (NRCS 2004), ABD'de çok sayıda küçük ve orta ölçekli tarım havzalarının analiz sonuçlarına dayanılarak oluşturulmuştur.

Yağışın yanı sıra, havzayı karakterize etmek için tek bir parametre olan CN metodu kullanılmaktadır. CN sızıntı kapasitesini nicelleştirir ve teorik olarak 0 (toplam yağış

sızıntısının % 100'ü) ile 100 (toplam yağış sızıntısının % 0'ı) arasında değişir. CN yönteminin temel akış denklemi (Eq 5).

Eq 5

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S}$$

Q = Yüzey akış (mm)
P = Yağış (mm)
Ia = Yağış sonrası topraktaki maksimum potansiyel su (mm)
S = Sızan ilk yağış

Sızan İlk Yağış; yüzeysel akış olmadan önce sızan tüm yağışı kapsar. NRC'ye göre, yüzey çöküntülerinde tutulan suyun yanı sıra, bitki örtüsü, buharlaşma ve sızıntı ile suyun tutulması söz konusudur (NRCS, 1986). CN modelinde, *Ia*'nın *S* ile Denklemleri arasında korelasyon olduğu varsayılmaktadır (Eq6).

Eq 6

$$Ia = 0.2S$$

S (Sızan ilk yağış); ayrıca analiz edilen havzanın toprak bitki örtü ve arazi niteliklerini temsil eder (Eq7).

Eq 7

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Q (Yüzey akışı), Eq 8.

Eq 8

$$Q = \left[\frac{\left(P - 0.2 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \right)^2}{P + 0.8 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)} \right]$$

Q = Yüzey akış (mm)
P = Yağış (mm)
CN = Eğri sayısı (0-100)

Tekrarlama periyodundaki akış miktarının hesaplanması; Denklem 8'den, P'yi Madde 4.2.1'deki tekrarlama periyodu değeriyle değiştirilmesi yolu ile gerçekleştirilir (NRCS, 1986).

4.2.1. Yağış Sızması: CN Analizi

Yağışların bir kısmı toprağa sızar. SCS CN metodu kullanılarak bu bölümde yağış sızıntı miktarı belirlenmiştir (NRCS, 1986). Toprak profili arazi örtüsü ve arazi kullanım tipi, yağış infiltrasyonunun yüzdesini belirler. USDA tarafından sağlanan tablo referans alınarak, yöntem uygulanmıştır (NRCS, 1986).

Çalışma alanındaki toprağın analizinde Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından 1:5.000.000 Cilt V Avrupa Dünya Toprak haritası referans alınmıştır. Bölgede bulunan toprak türü FAO Toprak Kodu'dur: Ao112-2bc alanın yüzde 100'ünü kaplar ve Bd, Bh ve U toprak referans grubuna yakındır. Bu toprağı oluşturan ana kayalar Andezit, kumtaşı, kumtaşı kalkeridir. Bu toprak türü DYSTRIC CAMBISOL ile karşılaştırılabilir. Tablo 22'ye göre Ah horizonunda kum (% 23,4), silt (% 56,8) ve kil (% 19,8) oranlarına sahiptir. Bw horizonu, kum (% 20,8), silt (% 57,8) ve kil (% 21,4) oranlarına sahiptir. Bu toprak serisinde, her iki horizon'da çok miktarda balçık bulunmaktadır. Bu toprağın dokusu, hidrolojik toprak grubu sisteminin C sınıfında kategorize edilen siltli balçıklı ve balçıklı toprak gurubundadır. Bu gruptaki toprak özellikleri şunlardır: drenaj oldukça kötü, geçirimsiz sert, toprak yavaş yavaş sulanır.

Tablo 21: FAO toprakları HSG'ye dönüştürülmesi

FAO Toprak: DYSTRIC CAMBISOL						HSG: C	
Derinlik cm	Horizon	% Kum	% Silt	% Kil	% Tüm	Büyük parçacık	Grup
8-0	O	-	-	-	-	-	-
0-5	Ah	23,4	56,8	19,8	100	balçık	C
5-45/55	Bw	20,8	57,8	21,4	100	siltli balçıklı	C
45/55-115	2Bw	43,1	48,8	8,1	100	balçık	C

SCS, CN sistemlerine göre arazi kullanım sınıflandırması aşağıda gösterildiği gibi 3 alana ayrılabilir. (1) Şehir merkezin (Ticaret alanı, ulaşım ve idari merkezin yer

aldığı, yerleşim yerinin bulunduğu ve çok sayıda binanın yer aldığı aynı zamanda yoğun arazi kullanımının olduğu alan). (2) Köyler (Yerleşim bölgesinin yanında birçok köy bulunmaktadır). (3) Tarımsal arazi (Orman-çim kombinasyonundan oluşan bölgede tarımsal arazi kullanımı söz konusudur. Bu tarım bölgesinde fazlaca çay bitkisi yetiştirilmektedir).

Yağış sızıntısının belirlenmesinde yukarıda belirtilen 2 faktörü (Toprak ve arazi kullanımı) ele alarak arazi kullanımı ve hidrolojik toprak grubunu birleştirip SCS CN Tablosundaki standart değerlerle karşılaştırılır. CN değeri alınır daha sonra tüm arazi kullanım modellerinden ve hidrolojik toprak grubundan ortalama değerler elde edilir. CN değeri, geçirgenliği temsil eder. Yağıştan sonra, maksimum sızma miktarını ve yüzeysel akış miktarını hesaplamamızı sağlar.

CN değerini bulmak için yapılan hesaplamada; çalışma alanında hidrolojik toprak grubu C grubunda sınıflandırılmıştır. Bu grupta toprağın sızma oranı düşüktür. Arazi kullanımının başlıca özellikleri; ticari ve iş alanı, yerleşim yeri, çay bahçeleri ve ormanlar olmak üzere üç gruba ayrılmıştır (Tablo 22). Her ikisi de art arda getirildiğinde Ticari ve iş alanlarında arazi kullanımının CN değerleri ve HSG: C toplam 94, HSG ile konut arazi kullanımı: C toplam 90, çay bahçeleri ve ormanlar HSG ile arazi örtüsü: toplam 76. Tümü ortalama olarak, CN değeri 86,67'dir (Tablo 22).

Tablo 22: Ortalama CN değeri.

Arazi kullanımı	HSG	CN
Ticaret, şehir merkezinde	C	94
Yerleşim bölgesi	C	90
Bahçe veya ahşap	C	76
Ortalama	C	86.67

4.2.2. Akış Analizi

Yağış sızıntısının (Bölüm 4.2.1) hesaplanması ile yağış tekrarlama periyodunu (Bölüm 4.1) kullanarak, su kaçağı analizi ($Eq8$), bölüm 4.2'de verilen metotla

gerçekleştirilmiştir. Arhavi şehrinde akan üç akarsuyun yağış tekrarlama periyodu ve akış analizi aşağıda verilmiştir (Tablo 23).

Tablo 23: Akış analizi.

Yağış / Akış	Dönüş süresi	Dereler		
		Musazade Deresi	Yukarı Hacılar Deresi	Aşağı Hacılar Deresi
24 Saat Yağış (mm)	2-Yıl	101,30	101,30	101,30
	5-Yıl	120,36	120,36	120,36
	10-Yıl	152,11	152,11	152,11
	25-Yıl	247,38	247,38	247,38
	50-Yıl	406,15	406,15	406,15
	100-Yıl	723,70	723,70	723,70
Sızma	CN Değeri	86,67	86,67	86,67
24 saat Akış (mm)	2-Yıl	99,48	99,48	99,48
	5-Yıl	118,53	118,53	118,53
	10-Yıl	150,28	150,28	150,28
	25-Yıl	245,54	245,54	245,54
	50-Yıl	404,31	404,31	404,31
	100-Yıl	721,86	721,86	721,86

4.3. Sentetik Birim Hidrograf (SCS UH)

SCS yöntemi; bir boyutsuz hidrografa dayanan ve akış oranlarını ilişkilendiren yöntemdir. Sentetik birim hidrograflarının oluşturulması, toprak koruma servisinde geliştirilen bir metottur. Bu metotla; boyutsuz grafik, büyüklük ve coğrafi konumlara göre değişen drenaj alanlarından, çok sayıda doğal birim hidrograflarının analizini yapılabilir (Eq 9). Yöntem; yalnızca pik zamanını ve en yüksek seviyenin ne zaman olduğunu belirler. Pik noktası aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Viessman ve Knapp, 1989).

Eq 9

$$Q_p = \frac{CA}{T_p}$$

- Q_p = pik noktası (m³/sn)
 C = 0.028
 A = Drenaj alanı (km²)
 T_p = pik zamanı (s)

Pik zamanı; bir su akışının maksimum seviyeye ulaşması için geçen zamanı temsil eder. Bu veri; taşkın tahmini ve havza yönetiminde önemli bir konudur. Temel olarak; havza uzunluğu, ana akımın uzunluğu, eğim ve diğerleri ile kontrol edilir (Eq 10).

Eq 10

$$T_p = \left(\frac{D}{2}\right) + 0.6T_c$$

T_p = Pik zamanı (s)
 D = Yağış süresi (s)
 T_c = Konsantrasyon zamanı (s)

Konsantrasyon zamanı; akarsuyun en yüksek yerden en alçak yere yani çıkış noktasına kadarki zamana konsantrasyon zamanı denir (Viessman ve Knapp, 1989; Viessman ve Lewis, 2008; Wurbs ve James, 2010). Kanal akışı tarafından domine edilen küçük tahliye havzaları için, Kirpich (1940) denklemi kullanılabilir (Thompson, 2006). Kirpich denklemi (Eq 11):

Eq 11

$$T_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.385}$$

T_c = Konsantrasyon zamanı (s)
 L = Ana akarsu uzunluğu (m)
 S = Havza eğimi (m/m)

Havza eğimi formüldeki gibi tanımlanabilir (Eq 12):

Eq 12

$$S = \frac{\text{Akış güzergahı boyunca olan irtifa farkı}}{\text{Maksimum akış uzunluğu}}$$

T_p ve Q_p bir kere belirlendiğinde, aşağıdaki tabloyu kullanarak, ilgili tahliye alanı için D-hr birim hidrografi hesaplanabilir. D-hr birim hidrografi hesapladıktan sonra, S-hidrografın daha önce anlatılan tekniğini kullanarak, diğer herhangi bir süre için birim hidrografi da hesaplanabilir (Tablo 24).

Tablo 24: SCS Boyutsuz Birim Hidrograf Koordinatları (USDA, 1985)

(t/tp)	(q/qp)	(t/tp)	(q/qp)
0	0	1.7	0.46
0.1	0.03	1.8	0.39
0.2	0.1	1.9	0.33
0.3	0.19	2	0.28
0.4	0.31	2.2	0.207
0.5	0.47	2.4	0.147
0.6	0.66	2.6	0.107
0.7	0.82	2.8	0.077
0.8	0.93	3	0.055
0.9	0.99	3.2	0.04
1	1	3.4	0.029
1.1	0.99	3.6	0.021
1.2	0.93	3.8	0.015
1.3	0.86	4	0.011
1.4	0.78	4.5	0.005
1.5	0.68	5	0
1.6	0.56		

Sentetik birim hidrograf (SCS UH), USDA tarafından geliştirilmiştir. Sentetik birim hidrograf, havzaya 24 saatte 10 mm'lik düşen yağış miktarını kullanarak havzadaki akış miktarını bulmak için kullanılır. Sentez, aşağıda Arhavi belediye bölgesinden geçen 3 adet akarsuyun analizinde uygulanmıştır.

4.3.1. Musazade Deresi Birim Hidrografı

Musazade Deresinin birim hidrografının sentezinde (Grafik 9), havzaya 24 saatte 1 cm'lik bir yağış olduğu zaman; Musazade Deresindeki akışın 12 saat 32 dakika 24 saniye en yüksek miktara ulaşacağı ve tepe noktasında saniyede 0,73 m³/sn ulaşacağı tespit edilmiştir. Su; havzadan 62 saat 24 dakikada tahliye edilebilecektir.

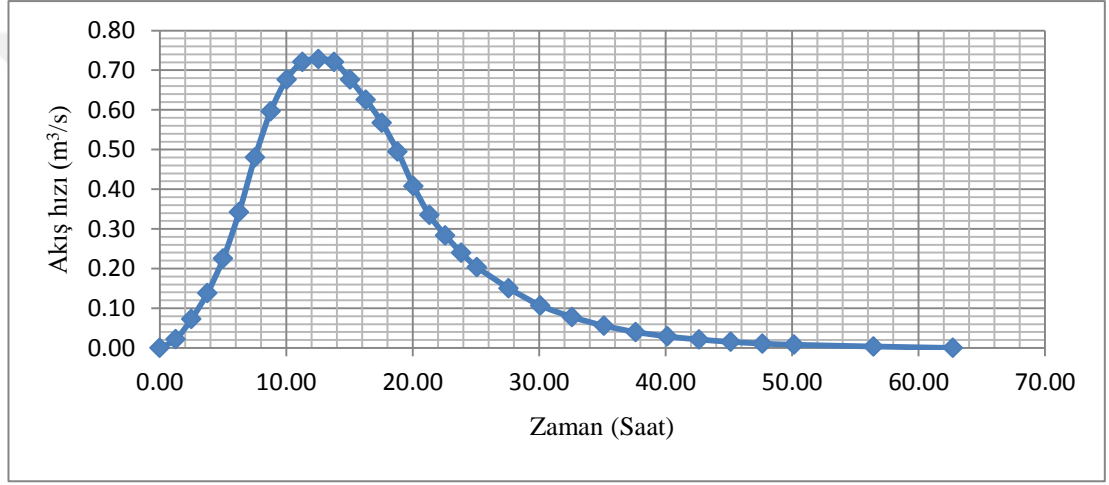
4.3.2. Yukarı Hacılar Deresi Birim Hidrografı

Yukarı Hacılar deresinin birim hidrografı (Grafik 10), havzaya 24 saatte 10 mm'lik bir yağış miktarı düştüğü zaman, akıntının yağmur düşüşünden 13 saat 1 dakika 12 saniye sonra tepe noktasına ulaşacağını göstermiştir. Bu sefer maksimum pik

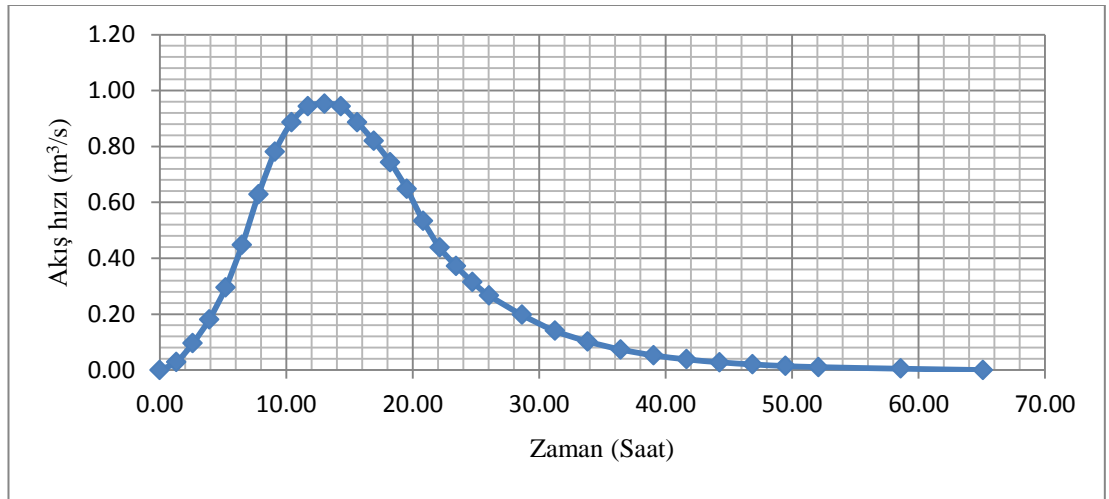
seviyesi saniyede $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ olacaktır ve sular, havzadan 65 saat 5 dakika 24 saniye de tahliye edilecektir.

4.3.3. Aşağı Hacılar Deresi Birim Hidrografı

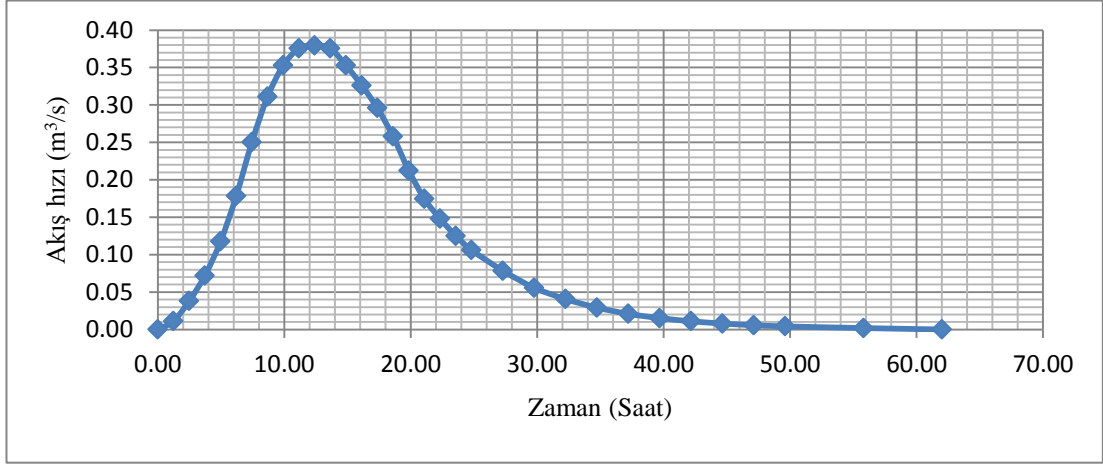
Aşağı Hacılar deresinin birim hidrografı (Grafik 11), havzaya 24 saatte 10 mm lik bir yağış miktarı düştüğü zaman, akarsuyun akışı yağmur düştükten 12saat 24 dakika sonra en yüksek seviyeye ulaşacağını göstermiştir. Burada, maksimum pik seviyesi saniyede $0,38 \text{ m}^3/\text{sn}$ tür. Suların havzadan tahliyesi 62 saat 36 saniye kadar olacaktır.



Grafik 9: Musazade Deresi Hidrograf Birimi



Grafik 10: Yukarı Hacılar Deresi Hidrograf Birimi



Grafik 11: Aşağı Hacılar Deresi Hidrograf Birimi

4.4. Pik Seviyesi Hidrografi Analizi

Her üç alt havza da, 2, 5, 10, 25, 50 ve 100, yıllık tekrarlama periyodlarında, 24 saatlik Akış hidrografının hesaplamalarında *Eq13* formülü kullanılmıştır. Sonra Bölüm 3.3'e göre hesaplanarak, Q_{all} değeri kullanılmıştır.

Eq 13

$$Q_{all} = Q * Q_p$$

Q_{all} =Tekrarlama periyodunda En yüksek akış seviyesi (m³/sn)
 Q = Akış (cm)
 Q_p =pik noktası (m³/s)

Bölüm 4.3.2'deki bilgiye dayanarak, akış analizi birim hidrografıyla birlikte hesaplanarak en yüksek seviye (pik noktası) belirlenmiştir. Grafikte farklı miktardaki yağmur düşüşleri için akarsudaki akış miktarlarını göstermektedir. Bu bölümde, havzadaki akış hacmini hesaplamak için 24 saatin tekrarlama periyodları aşağıdaki gibi kullanılmıştır.

4.4.1. Musazade Deresi Pik Seviyesi Hidrografi

Musazade Deresinin tekrarlama periyodundan faydalanılarak, akış simülasyonundan, havzaya 24 saat boyunca yağmur yağışı olduğu zaman, suların Musazade Deresine akış göstereceği ve akarsuyun yukarı çığırından merkezin güneyine, sonra Arhavi

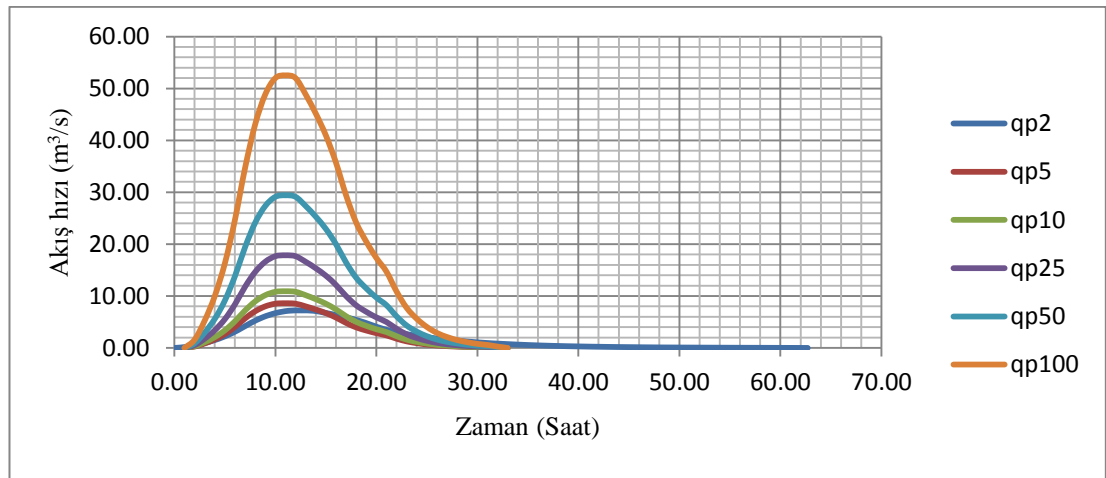
merkezine doğru kuzeye ve sonra da merkezin kuzeyinden Karadeniz'e akış göstereceği görülmüştür. Sonuçlar (Grafik 12)'de gösterilmiştir. Yağmur 24 saat boyunca yağdığı zaman, sular Musazade Deresinde toplanmaya başlayacaktır. Akıntı $0 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'den başlayarak artacak ve yağmur 12 saat 32 dakika yağdığında en yüksek seviyeye ulaşacaktır. Akış miktarı 62 saat 24 dakika sonra, yavaş yavaş azalmaya başlayacaktır. Bu bölgeye yağmur yağmaya başladığında.

2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlama periyodlarına bakılarak, maksimum akış miktarları; sırasıyla $7,24 \text{ m}^3/\text{sn}$, $8,63 \text{ m}^3/\text{sn}$, $10,94 \text{ m}^3/\text{sn}$, $17,87 \text{ m}^3/\text{sn}$, $29,43 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve $52,54 \text{ m}^3/\text{sn}$ şeklindedir.

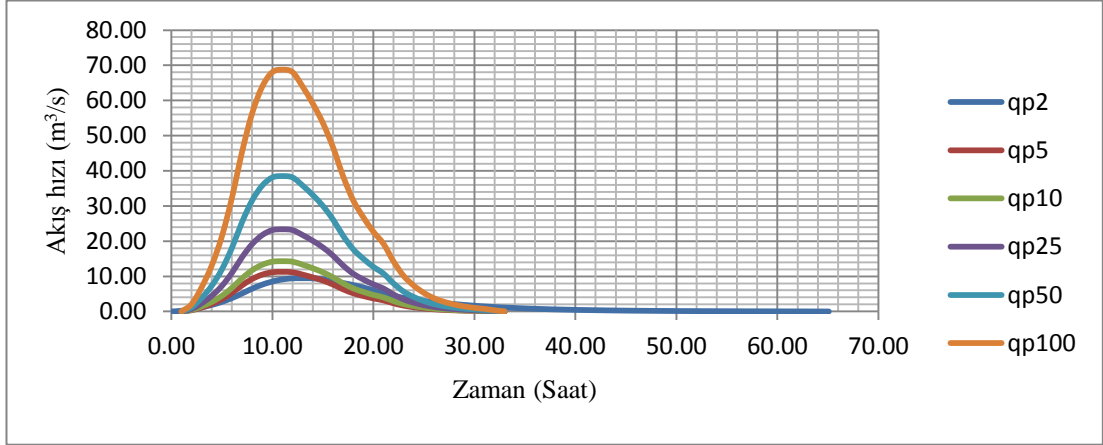
4.4.2. Yukarı Hacılar Deresi Pik Seviyesi Hidrografi

Üç havza arasındaki en geniş havza olan Yukarı Hacılar Deresinin en yüksek hidrografiya seviyesi hesaplanırken (Grafik 13), yağmur kriteri 24 saat olarak ele alınmıştır. Yağış başladıktan sonra deredeki su miktarı yükselme eğiliminde olacaktır. Akış miktarı yağmur başladıktan 13 saat 1 dakika 12 saniye sonra en yüksek seviyeye ulaşacak, ardından akarsudaki akış miktarının azalmaya başlayacak ve 65 saat 5 dakika 24 saniyelik bir periyodun ardından tamamen tahliye olacaktır.

Çeşitli yağmur seviyelerindeki tekrarlama periyodlarıyla birlikte birim hidrografi hesaplanırken, 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlama periyodları için akarsuyun en yüksek seviyeleri sırasıyla, $9,48 \text{ m}^3/\text{sn}$, $11,29 \text{ m}^3/\text{sn}$, $14,32 \text{ m}^3/\text{sn}$, $23,39 \text{ m}^3/\text{sn}$, $38,52 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve $68,77 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.



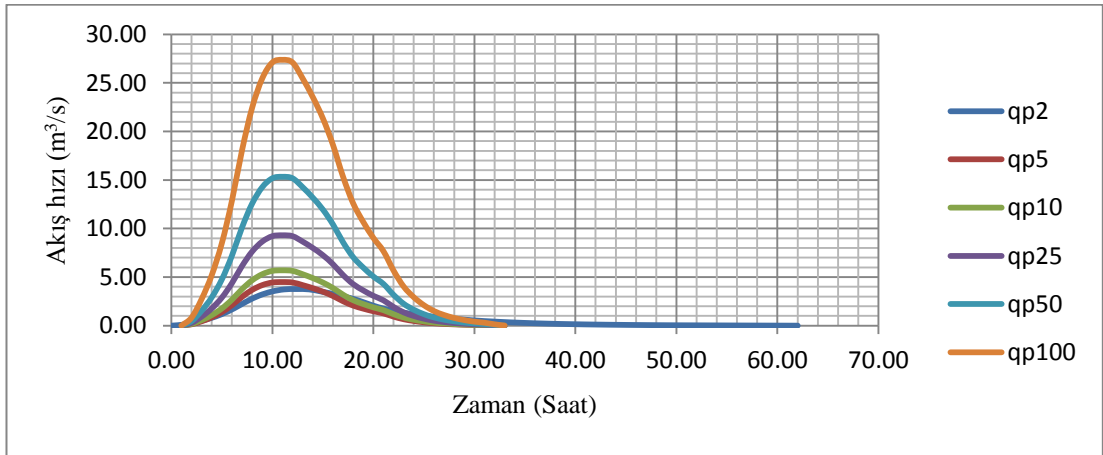
Grafik 12: Musazade Deresinin Pik Seviyesi Hidrografi.



Grafik 13: Yukarı Hacılar Deresinin Pik Seviyesi Hidrografi.

4.4.3. Aşağı Hacılar Deresi Pik Seviyesi Hidrografi

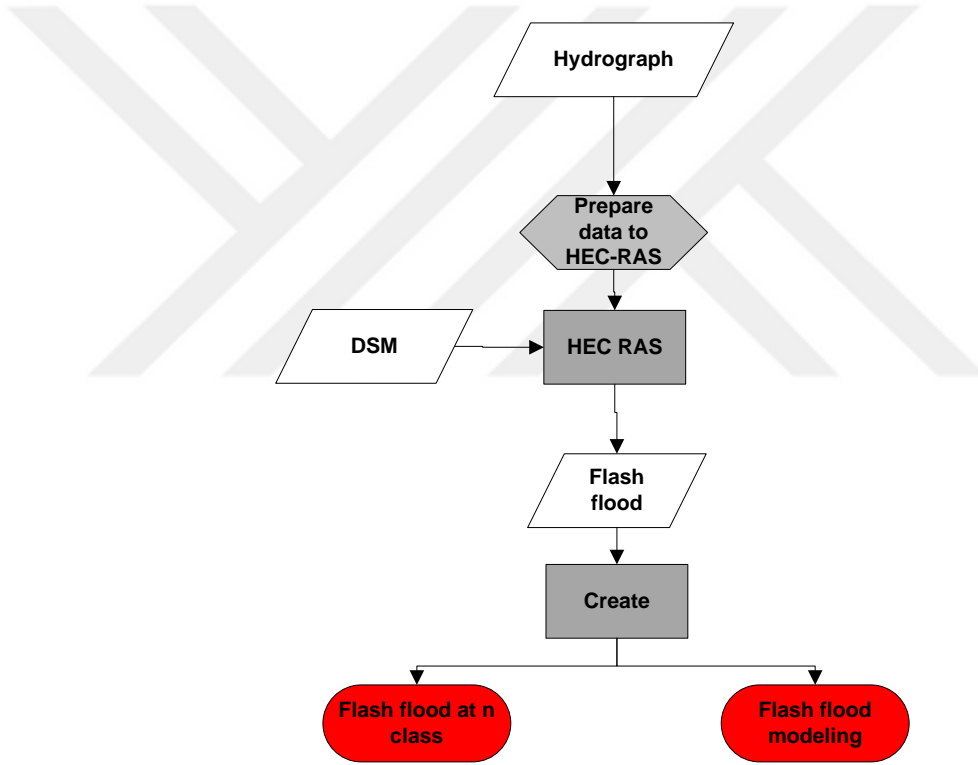
Aşağı Hacılar Deresi, üç havza arasında en küçük ve en kısa olanıdır. İlçe merkezinin doğusundadır, yukarı çığırda ilçenin doğusunda bulunmaktadır. Dere, doğudan batıya ilçe merkezine doğru akışını sürdürür ve ilçe merkezinin kuzeyinde yer alan Karadeniz'e boşalır. Bu akarsu, en yüksek seviyesine (Grafik 14); yağış düşmeye başlamasından sonra ulaşacaktır. Akım miktarı; yağışla birlikte hızlı şekilde yükselmeye başlayacak, yağmur başlangıcından 12 saat 24 dakika sonra en yüksek noktaya ulaşmaya kadar artacak, ardından hızla azalarak düşme meydana gelecektir. Bu sonuç; havzaya yağışın düşmeye başlamasından 62 saat 6 saniye sonra suyun tamamen tahliye edileceğini göstermiştir. 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlanma periyodlarına göre en yüksek akış seviyeleri sırasıyla 3,77 m³/sn, 4,50 m³/sn, 5,70 m³/sn, 9,31 m³/sn, 15,34 m³/sn ve 27,38 m³/s'dir.



Grafik 14: Aşağı Hacılar Deresinin Pik Seviyesi Hidrografi.

5. SEL MODELİ ANALİZİ

Bu bölüm; hidrolik modelleme sonuçlarına dayanılarak uygulanan metodolojinin detaylı bir tanıtımını içermektedir. Hidrolik modelin ana hedefi; Arhavi ilçe merkezinde yer alan 3 havzadaki akarsu hidrograflarının tekrarlama periyodlarıyla ilintili olarak, Arhavi Belediyesi'nin ani sel risklerinin tahmin edilmesi ve haritalamaya çalışılmasıdır. En yüksek akım seviyesi ve ani sel-taşkın alanının tahmin edilmesinde amaçlı olarak HEC-RAS yazılımı kullanılmıştır. Ani sel-taşkın modelinin oluşturulması ve işlemin ilerletilmesine ait akış şeması (Şekil 14) aşağıdaki gibidir;



Şekil 14: Hidrolik model tasarımı ve geliştirme süreci

5.1. Sel Modelinin Geliştirilmesi

Akarsu akış modeli, 2D kararsız akış analizi için bölgenin yükseltisine bağlı olarak yüksek çözünürlüklü DSM'yi kullanılmıştır. Sel-taşkın simülasyon modellemesi için, 3 temel aşma vardır. Bunlar: 2D kararsız akış alanı oluşturulması veya 2D kararsız

hidrolik havzaların oluşturulması, havzadaki akarsuyun simülasyon hacmi, simülasyon zaman aralığını ve süresinin belirtilmesidir.

5.1.1. Arazi Modelinin Geliştirilmesi için 2D Modellemesinin Kullanımı

Detaylı ve güvenilir bir hidrolik modelin oluşturulması için, detaylı ve güvenilir bir arazi modeline ihtiyaç vardır. Bölüm 2 ve 3'teki fotogrametik yöntemlerle; Dron aracılığı ile temin edilen havzanın hava fotolarına dayalı yüksek çözünürlüklü Dijital Yüzey Modelinin (DSM) oluşturulmuştur. Bu çalışmada üretilen DSM nin yersel çözünürlüğü piksel başına 20 cm'olarak ayarlanmıştır. Son olarak piksellerin grid veri formatına (.geotiff) dönüştürülmesi için, HEC-RAS yazılımı kullanılmıştır.

5.1.2. 2D Akış Alanının oluşturulması

2D akış alanı; suyun akabileceği, havza modeline temel oluşturan bir bölgenin veya havzanın tanımlanabilmesi için oluşturulur. 2D akış alanının sınırlarını belirtmek için Geometrik Veri Editöründeki 2D akış alanı çizim aracı kullanılır. 2D akış alanına çokgeninin eklenmesi, HEC-RAS yazılımı kullanarak gerçekleştirilir. Bu aşama; yüksek çözünürlüklü DSM'nin HEC-RAS Haritacısına aktarımı ile devam eder. 2D akış alanının oluşturulması için Geometrik Editör Araçları çubuğunda, 2D Akış Alanı aracı kullanılır. 2D akış alanı editörü; 2D akış alanı sayısal yüzeyinin ilk üretimi için nominal grid büyüklüğü seçilir. Editör, kullanıcının DX ve DY cinsinden Sayısal hesaplamada nokta aralığı girilmesi zorunludur. Ayrıca sayısal grid hücre merkezleri arasındaki ara mesafeleri tanımlar. Bu çalışmada, DX ve DY değerleri Tablo 25'te listelenmiştir.

Tablo 25: Hesaplama nokta aralığı ayarı

ağ	Boyut (m)
Dx	4
Dy	4

5.1.3. Kaynaktan mansaba simülasyon işlemi

2D kaynak alanı; bir akarsuyun kaynak kısmından ağız kısmına drenaj alanını tanımlar. Dolayısıyla, 2D akış alanı olarak; akarsuyun kaynak kısmından mansaba doğru akış gösterdiği yerlerin simülasyonu yapılmıştır. Bunun için Sınır Koşulları Bölüm 5.1.2'deki gibi olması gereklidir. 2D alanına akış sınırlarının eklenmesi gerekir. Geometri Veri Editörü aracılığı ile SA/2D Alan BC Çizgileri seçilir. 3 havzanın kaynak kısmı; DSM'in kapsadığı alanda, akarsuların yukarı çığırları baz alınarak oluşturulmuştur. Böylece; Musazade Deresi çarşının güneyinde, Yukarı Hacılar Deresi kuzeydoğuda ve Aşağı Hacılar Deresi'nde Arhavi ilçesinin doğusunda konumlandırılmıştır. Suyun Çıkış alanı; tüm sahil şeridi olarak belirlenmiştir. Şehirden gelen su; kıyıda Karadeniz'e, bu hat boyunca akacaktır (Tablo 26).

Tablo 26: kaynaktan mansaba simülasyon işlemi

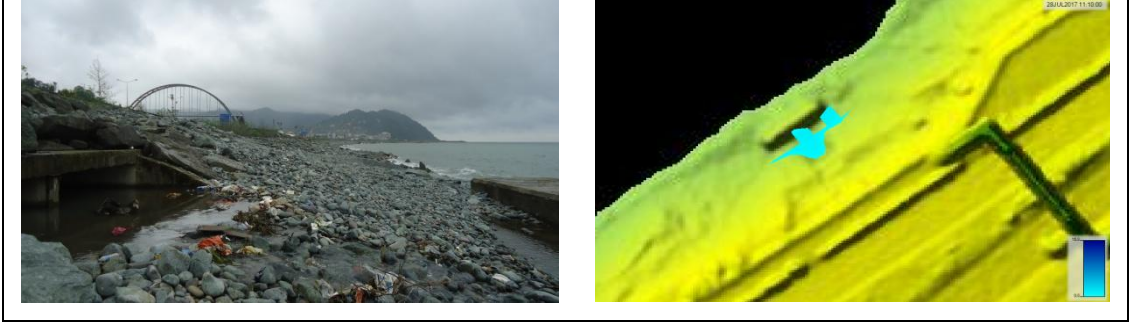
Tür	Alan	Sınır koşulu	2D aleti
kaynak	Musazade Deresi	Hydrograph	SA/2D area BC lines
	Yukarı Hacılar Deresi	Hydrograph	SA/2D area BC lines
	Aşağı Hacılar Deresi	Hydrograph	SA/2D area BC lines
mansab	Sahil şeridi boyunca	Normal depth	SA/2D area BC lines

5.1.4. Hidrolik Yapılar

2D akış alanında köprü tahliye kanalı veya yapı bariyerleri gibi yapıların olması akış alanının depolama alanına hidrolik bağlantısını sağlar (SA/2D Area Conn) (US Army Corp of Engineers, 2016-b). 2D akış alanının, depo alanıyla kesintisiz bağlanması için depo alan poligonu hidrolik yapı ile birlikte düşünülmüştür. Bu çalışmada; hidrolik yapılar olan köprüler, tahliye kanalları, menfezler ve bariyerler simülasyona dâhil edilerek kullanımı amaçlanmıştır (Tablo 27) (Şekil 15).

Tablo 27: Havzadaki hidrolik yapı sayısı

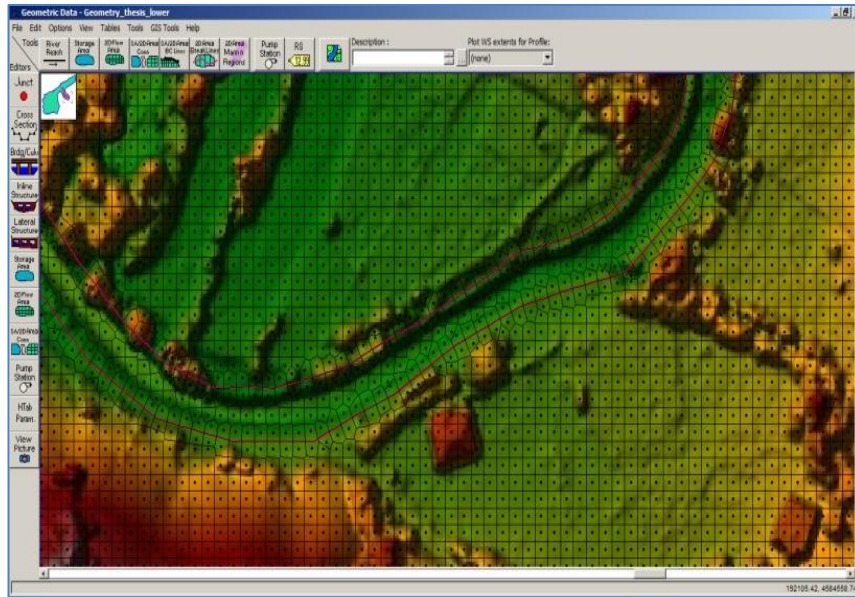
Tür	Musazade Deresi	Yukarı Hacılar Deresi	Aşağı Hacılar Deresi
Köprü	0	2	8
Menfezler (kutu-Boru)	2	2	2
Yapısal engeller	4	5	4



Şekil 15: Karadeniz yakınlarındaki menfezlerden biri ve mecburi akış modellemesi

5.1.5. Akarsu Kırılma Bağlantısının Geliştirilmesi

Yüzey modellemesi oluşturmadan önce, yüzey üretme araçlarını güçlendirmek için hücre yüzlerini hizalayabilmek amacıyla kırılma çizgileri eklenmiştir. Kırılma çizgileri, hesaba dayalı yüzeyler oluşturulduktan sonra da eklenebilir. Sonra yüzey bu kırılma çizgileri etrafında, yeniden oluşturulabilir. Genel olarak; kırılma çizgileri akışa engel olan her yere veya akış/yön kontrollerine eklenmelidir (US Army Corp of Engineers, 2016). Kırılma çizgileri manuel de çizilebilir. 2D akışa manuel kırılma çizgisi; 2D Alan Kırılma Çizgisi aracı ile yapılmıştır. Kırılma çizgilerinin, ana kanaldaki yüksek kıyıları aşana kadar yeterince yüksek tutulması önemlidir (Şekil 16).



Şekil 16: Yukarı Hacılar Deresinin kıyısında kesme hattı ekleme (Kırmızı çizgiler).

5.1.6. Hidrograf Verilerinin Girdileri

2D akış alanı; akarsu havza sınırlarını, kaynak ve mansap kısımlarını kapsamaktadır. Her 3 havza hidrograf verileri, 2D akış alanıyla kapsamında hesaplanmıştır.

5.1.7. Sel Modelinin Çalıştırılması

Modeli oluşturmak için “Akış Analizi” modülü kullanılmıştır. Geometriyi seçerek bir plan yapmak gerekir. Akış dosyası, Başlık ile kısa bir ID oluşturulması, hangi programların çalıştırılacağı, Simülasyon Zaman Penceresi ve Sayısal Ayarların tümü bu kapsamda yapılması gereken işlemlerdir.

Hesaplama aralığı butonundan, zamanın her aşaması için hesaplama periyodu ayarlanmıştır (Tablo 28). Hesaplama aralığı 10 saniye olarak belirlenmiştir. Sayısal Ayarlar alanının altında, “Haritalama Çıktı Aralığı” isimli yeni bir özellik vardır. Bu özellik, sel haritalarının animasyonlarının çalıştırılmasında olduğu gibi, Dinamik Haritalar oluşturmak amacıyla RAS Haritacısında kullanmak için bir haritalama aralığı ayarlamayı da mümkün kılar (Hafızada geçici olarak hesaplanır ve diskte depolanmaz). Çıktı aralığı bu çalışmada, özel aralık olarak 10 dakika seçilmiştir. Bu işlem; 2D geometri Ön-İşlemci, Kararsız Akım hesaplamaları ve son olarak da Taşkın Yatağı Haritalama süreci çalıştırılmasını da içermektedir.

Tablo 28: Hesaplama ayarı.

Simülasyon süresi (SS:DD)	Dönüş süresi	Hesaplama aralığı	Çıktı aralığı	Hesaplama süresi (SS:DD:SS)
00:00-18:00 (Yağışa başlayandan 18 saat)	2	10 Sn.	10 Dk.	11:19:12
	5	10 Sn.	10 Dk.	07:25:27
	10	10 Sn.	10 Dk.	09:27:33
	25	10 Sn.	10 Dk.	13:08:21
	50	10 Sn.	10 Dk.	13:25:23
	100	10 Sn.	10 Dk.	17:19:39

5.1.8. RAS Haritacısını Kullanarak 2D Çıktıyı Görüntüleme

Yazılım; kararsız akım modelini tamamladıktan sonra, model 2D çıktısının tümüne uygulanabilir. Çıktıyı görselleştirmek için, ana HEC-RAS penceresindeki GIS Araçları RAS Haritacı Menüsü (ya da sadece ana HEC-RAS penceresindeki RAS Haritacı butonu) kullanılabilir. Sonra, sel-taşkın haritasını çıkarmak için ArcGIS 10.0 yazılımında, sel derinliği sonucunu tarama görüntüsüne (Geotif) giydirilmiştir.

5.2. Sel-Taşkın Modelleme Sonuçları

5.2.1. 2 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel-Taşkın Alanı

HEC-RAS yazılımındaki 2 yıllık tekrarlanma periyodlu sel simülasyonunda, 24 saatte düşen 101,3 mm yağmurun 3 saat 10 dakika sonra sel oluşacağını göstermiştir. İlk olarak etkilenecek alan Yukarı Hacılar Deresi'nin civarında olan Hacılar İlkokulu ve yakındaki Hacılar yerleşimleridir. Sonra 6 dakika içinde (yağmur başlangıcından 3 saat 20 dakika sonra) sel, taşkına dönüşerek devam edecek ve yakınlardaki Aşağı Hacılar Deresi'ni de kapsayacaktır. Yağış, Yukarı Hacılar Deresi'nde sele neden olacaktır. Aşağı Hacılar Deresi'nin akıntısı, Yukarı Hacılar Deresi'nin suyuyla birleştiği zaman, iki akarsuyun arasındaki yerleşim alanı ve Atatürk Caddesi (Eski Arhavi-Hopa otoyolu) sel ve taşkın etkisi altında kalacaktır.

Yukarı ve Aşağı Hacılar Derelerinin suları; yeni Arhavi-Hopa otoyolunun (D010) altında yapılmış olan dikdörtgen şeklindeki betonarme tahliye kanalı aracılığıyla Karadeniz'e tahliye edilmesi amaçlanmıştır. Bu iki akarsuyun akıntılarının bir kısmı, yağmur başladıktan 3 saat 20 dakika sonra Atatürk Caddesi'ne taşacak ve bu cadde üzerinde bir süre akacaktır. Sonra su kütlesi cadde üzerinde kuzeydoğu yönünden güneybatıya doğru akacaktır. Selden etkilenecek alanlar: Atatürk caddesi üzerinde konumlanmış yerleşim alanları, Yukarı Hacılar kavşağı, Arhavi belediye binasına kadar olan kısımlardır. Su kütlesi, yağmur başladıktan 3 saat 40 dakika sonra belediye binasına ulaşacaktır. Su kütlesi park alanına (tenis kortları ve oyun alanı) ve Atatürk Gençlik Parkı alanına da aynı şekilde ulaşacaktır.

Simülasyon sonuçları Musazade Deresi havzasında yaşanacak selin yağmur başlangıcından 3 saat 50 dakika sonra başlayacağını göstermiştir. Selden etkilenen ilk nokta Musazade Deresinin civarında bulunan Yavuz Selim Caddesi ve Kenan

Evren Caddesidir. Bu gelişmede sel yerleşim alanlarının üzerine hızlı bir şekilde etki etmeye başlayacak, akarsudaki su kütlesi Arhavi çarşısına kuzeyden girecektir. Akıntının çoğu, uzunluğu 400 m olan geniş üstü kapalı betonarme tahliye kanalından akacak ve Özay Otel'in yanından meydana çıkacaktır. Su kütlesi, Özay Otel'den, otelin arkasındaki alçak bölgeye doğru akacak ve D010 otoyolunun altından geçen kanal yoluyla Karadeniz'e tahliye edilecektir.

Otelin arkasındaki yerleşim alanı, selden en çok etkilenecek alan olacaktır. Bu bölge alçak bir bölge olduğundan, bölgenin ana akarsuyu olan Musazade Deresi burayı ciddi şekilde sel-taşkın etkisi altında bırakacaktır. Bölge aynı zamanda Yukarı Hacılar ve Aşağı Hacılar derelerinin oluşturduğu sel ve taşkından da etkilenecektir, Belediye'nin ana caddesi boyunca akan sular, sonradan Musazade Deresi'nin ana akıntısına karışacaktır.

Otelin arkasındaki meydan, yağmur başladıktan 4 saat 20 dakika sonra Musazade Deresi sel sularının etkisi altında kalacaktır ve 10 saat 30 dakika sonra Yukarı Hacılar ve Aşağı Hacılar Derelerinin sel suları da bu lokasyonu ciddi bir şekilde etkileyecektir. 2 yıllık tekrarlanma periyodu simülasyonuna göre, sel-taşkın afet alanı 0,221 km² yi kapsayacaktır (Harita 5).

5.2.2. 5 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel-Taşkın Alanı

5 yıllık tekrarlanma periyodu için sel simülasyonunda, 3 havzada da 24 saat yağmur endeksi olarak 120,36 mm kullanılmıştır. Bu sonuçla Yukarı Hacılar, Aşağı Hacılar ve Musazade mahalleleri arasında selden ilk olarak etkilenecek olan bölge Yukarı Hacılar havzasında konumlanmış olan alanlardır. Yukarı Hacılar Deresi'ndeki su kütlesi yağmur düştükten 3 saat sonra bu bölgede sele neden olacaktır ve yaklaşık 10 dakika sonra Aşağı Hacılar da buna katılacaktır.

Her iki akarsuyun yarattığı sel sularının 2 tahliye kanalıyla Karadeniz'e boşaltılması planlanmıştır. Sel suyu taşkına dönüşerek yerleşim bölgelerine ve caddenin üzerine doğru yayılacak ve cadde boyunca bir süre göllenecektir (Harita 6). Taşkın suları Aşağı Hacılarla birlikte 40 dakika içerisinde cadde kesişiminden belediyenin önüne

doğru hareket edecektir. Sonra akıntı Atatürk Gençlik Parkı'na akacak ve 10 dakika sonra Özey Otel'in arkasındaki meydana dolmaya başlayacaktır.

Musazade deresi boyunca uzanan yaşam ve yerleşim bölgeleri selden ilk etkilenecek yerler olacaktır. Betonarmenin ağzı kısmında bulunan, Kenan Evren Caddesindeki yerleşim yerleri ve çarşı alanları boyunca devam edecektir (Harita 6). Akarsu yağmur başlangıcından 3 saat 30 dakika sonra yatağından taşmaya başlayacaktır. Bu bölgede sele sebep olan su, şehrin ortasındaki betonarme tahliye kanalıyla tahliye edilemeyen sudur.

Sel suları, kanal başlangıcından itibaren 400 m civarında akış göstererek Özey Otel'in sınırından ve yeni otoyolun (D010) altından geçen kanal vasıtasıyla Karadeniz'e deşarj olacaktır. Çok yüksek miktardaki Musazade Deresi suyunun tahliyesini yapan su tahliye kanalı hesaplanan akım miktarı itibarıyla yetersiz kalmaya başlayacak ve sular hızlı bir şekilde alana yayılacaktır. Yukarı ve Aşağı Hacılar Dereleri sel suları; Özey Otel'in arkasındaki yerleşim bölgesinde birleşip büyük hacimdeki miktarlara ulaşacaktır. Sonuç olarak; yağmur yağmaya başladıktan 10 saat sonra D010 otoyolu altındaki su tahliye kanalı sel ile gelen suyu taşıyamamaya başlayacaktır.

Kıyı boyunca uzanan yeni otoyolun yerleşim bölgesinden 3 m kadar yüksek olması, toplanan suyun Arhavi İlçe Hastanesi etrafındaki alanda birikmesine ve sonra da ilçenin batısında yer alan Kapisre Deresi'ne yönelmesine sebebiyet verecektir. Bu yağışlar 0,240 km² alanın sel-taşkın altında kalmasına neden olacaktır. Sel ve taşkından en çok Özey Otel'in arkasında bulunan bölge hasar görecektir. Sel-taşkın bölgesi Harita 6'da gösterilmiştir.

5.2.3. 10 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel Alanı

10 yıllık tekrarlanma periyodundaki sel simülasyonu, 24 saatte 152,11 mm yağışı verisiyle Yukarı Hacılar Deresi, yatağından ilk taşacak akarsudur. 2 yıllık tekrarlama periyoduyla oluşturulan sel simülasyonundaki gibi Hacılar İlkokulu ve çevresi tehdit altındaki ilk lokasyondur. Bu alan, tüm simülasyonlarda taşkın ile su altında kalmaktadır. Bunun nedeni; eğim ve drenaj koşulları ve okulun bölgedeki en büyük akarsuyun yanında yer almasıdır. En büyük havza alanı; 3,5 km² ile burada

bulunmaktadır ve Yukarı Hacılar Deresi'nin tehdidi altındadır. Simülasyon modeline referans alınarak, sadece okul arazisi değil, iki akarsuyun arasında yer alan okulun kenarındaki alan da ani sel ve taşkınlardan zarar görme yüksek riski taşımaktadır. Simülasyon modeline göre her on yıl da bir kez düzenli olarak tekrarlanabilir.

Sel simülasyonu; Hacılar İlkokulu arazisinin Yukarı Hacılar deresinin taşıdığı zamanda 2 saat 40 dakika ile 2 saat 50 dakikada 10 dakika kadar etkileneceğini ve Aşağı Hacılar Deresi sularının da katılmasıyla 10 dakikadan uzun süre (2 saat 50 dakika- 3 saat gibi) devam edeceği saptanmıştır bunla beraber sel şiddetinin de artacağını göstermiştir. Her iki havzadaki sular da iki otoyolunun (eski ve yeni Arhavi-Hopa otoyolları) altından geçen iki tahliye kanalı ile Karadeniz'e boşalacaktır. Fakat su kütlelerinin tamamı tahliye edilemeyecek ve eski otoyolun üzerine taşacaktır (Harita 7). Sel suları; eski otoyol üzerinden çarşıya doğru akma eğiliminde olacak Aşağı Hacılar deresinin cadde kesişiminden belediyeye kadar olan, Atatürk Caddesi üzerindeki yerleşim yerlerini 2 saat 50 dakika ile 3 saat 30 dakika kadar etki altına alacaktır.

Akıntı belediyeden Atatürk Gençlik Parkı'nın önünde yer alan M. Nazif Günel Caddesine doğru akacaktır. Sel suları 5 saat 30 dakika içinde yükselme eğiliminde olacaktır. Sular; kıyıdaki otoyol kesişim noktasında D010 otoyoluna doğru yayılacaktır. Suyun bir kısmı ise yağmur başlangıcından 9 saat 20 dakika sonra, belediye önünden Atatürk Caddesi boyunca Özay Otel'in arkasında bulunan meydana doğru akacaktır. Çarşının doğu kısmından gelen iki akarsuyun sel suları Musazade Deresi'nin sel sularıyla 9 saat 30 dakika içinde birleşecektir.

Musazade havzasının sel simülasyonunda, su kütlesi Musazade Deresi boyunca, şehir merkezine doğru uzanan tahliye kanalının başlangıç noktası olan Kenan Evren Caddesine akacaktır. Bu noktada, tüm su hacmi kanalla tahliye edilemediğinden suların bir kısmı kenarlara taşmaya ve toplumsal yaşam alanlarına doğru akmaya başlayacaktır. Burada yağmur başladıktan, 3 saat 10 dakika sonra sel oluşacaktır.

Uzun tahliye kanalından taşan su kütlesi Özay otelin yanındaki menfez çıkışından ve yeni Arhavi-Hopa otoyolunun altında bulunan boru menfez ile tahliye edilecektir. Otelin arkasında bulunan alan çevresine göre alçak bir alandır (Harita 7). Bu durum, her üç akarsuyun da sularının yavaş bir şekilde, yüksek hacimde ve uzun süreli

olarak Arhavi Hastanesi'ne doğru akmasına ve son olarak da Kapisre Deresi'ne dökülmesine neden olacaktır.

Haritada gösterildiği gibi, bu düzeyde bir yağmurda selin basacağı alanın 0,258 km² olacağı düşünülmektedir. Sel bölgesi Harita 7'dan görülebilir.

5.2.4. 25 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel Alanı

24 saatte toplam 247,38 mm yağış miktarı ile 25 yıllık tekrarlanma periyodunda üç havzadaki yağmur yağışı Arhavi şehir merkezinin bazı kısımlarında sel ve taşkınların oluşmasına neden olacağı gözlemlenmiştir.

Selden ilk etkilenecek alan Yukarı Hacılar Deresi'nin yukarı bölümüdür. Hacılar yerleşme alanı ve Hacılar İlkokulu yağmurun 2 saat 30 dakika yağmasıyla sele maruz kalacaklardır. On dakika kadar sonra, Aşağı Hacılar Deresi suları, Yukarı Hacılar Deresi'nin daha önce kabaran sel sularına katılacaktır. İki dere sularının birleşmesiyle selin şiddeti artacağından, sel sularının bir kısmı kanallar vasıtasıyla Karadeniz'e dökülürken suların bir kısmı ise dökülemeyecek ve belediyenin ana caddesi olan Atatürk caddesi boyunca yayılacaktır (Harita 8).

Yukarı Hacılar ve Aşağı Hacılar Derelerinden taşan sular belediye binasını basacaktır. 3 saat 10 dakikada Atatürk Gençlik Parkı'na ulaşacak, burada toplanan sular 5 saat 10 dakika kadar taşkına devam edecek, bu yüzden sahil boyunca uzanan Hopa-Arhavi anayolu üzerinde ve bir kısmı da belediye ana binasının bulunduğu Atatürk caddesi boyunca akacaktır. Buradaki su Musazade 'den gelen suyla birleşecektir. İki taşkın suyu yağmur düşüşünden 8 saat 10 dakika sonra birleşecektir (Harita 8).

Sel simülasyonu, Musazade Deresi havzasında, Hacılar Deresinin kıyıları ve ilk nokta olan uzun belediye kanalının başladığı yerde bulunan Kenan Evren caddesindeki yerleşimler üzerinde etkili olacağı sonucunu göstermiştir. Sel suyunun miktarı çok fazla olacağından, drenaj kanallar gelecek olan suyu kolayca taşıyamayacaktır. Suyun bir kısmı yüzeye çıkacak ve caddede üzerindeki yerleşmelere doğru yayılacaktır (Harita 8).

Sular 4 saatte, uzun kanalın ağzından Ahmet Efendi caddesine gelecek ve 4 saat 10 dakika ile 4 saat 20 dakika boyunca (süre 20 dakika) Yavuz Selim caddesi ile

Yedinci Sokak mekiğinde akacaktır. Sonra 6 saat 20 dakika içinde Yedinci Sokak ile Atatürk caddelerinin kesiştiği noktaya doğru yayılacaktır.

Kenan Evren Caddesi 5 saat 50 dakika sonra etkilenmeye başlayacaktır. Su kütlesi, 6 saat 40 dakika içinde cadde boyunca Arhavi otogarına doğru ilerleyerek çay fabrikasının (ÇAYKUR fabrikası) arkasındaki İnönü Bulvarına doğru akacaktır (Harita 8).

Özay otelin arkasındaki alan çevresine göre alçak, çukur bir bölgedir, Musazade Deresinden gelen sel suları 3 saat 30 dakika ile 4 saat 40 dakikalarda dere yatağından çevreye doğru taşacaktır. Sular Arhavi Hastanesi'nin arkasından akmaya başlayacak ve 7 saat 50 dakikada akıntı Kapisre Deresinin içine doğru akacaktır.

Yukarı ve Aşağı Hacılar Derelerinin sel suları yağmur başladıktan 10 saat sonra Özay Otel'in arka meydana birleşerek Musazade Deresine katılacaklardır.

Bu sel simülasyonunda, Arhavi Belediyesi'ndeki alan selden 0,367 km² civarında etkilenecektir (Harita 8).

5.2.5. 50 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel-Taşkın Alanı

50 yıllık tekrarlanma periyodunda, mevcut istatistik, verilerin ötesindedir. Lineer denklemden hesaplanan ve hidrograf için elde edilen datalar sonucunda, bölgeye 24 saat içinde şehrin bazı bölgelerine aşağıda anlatıldığı gibi ani sellere yol açacak olan 406,15 mm'lik yağış sonucu oluşacaktır.

Selden etkilenecek olan ilk alan, Yukarı Hacılar Deresi'nin bulvarındaki Hacılar Mahallesi'dir, burası Hacılar İlkokulu'nu ve Hacılar meydanını içermektedir. Bu bölgeye bu miktarda yağmur yağışının başlamasından itibaren 2 saat 10 dakika sonra selden etkilenmeye başlayacaktır. Aşağı Hacılar Deresi'nden gelen büyük miktarda su kütlesiyle 10 dakika içinde birleşerek dereler ve eski otoyol boyunca akacaktır, sonra da Karadeniz kıyısına yakın olan yeni otoyolun altındaki 2 adet tahliye kanalından Karadeniz'e dökülecektir (Harita 9).

Atatürk Caddesi'ndeki sel yağmurun başlamasından 2 saat 50 dakika sonra doğudan batıya uzanan cadde üzerinden Arhavi şehir merkezini doldurmaya başlayacaktır. Suların belediye binasının bulunduğu Atatürk Caddesi boyunca akması yaklaşık 40 dakika sürecektir. Bu alanda zarar görecektir olan bölge belediye binasının karşısında yer alan oyun alanını da içermektedir. Sonra su kütlesi Atatürk Gençlik Parkı'nın

önündeki M. Nazif Günel Caddesi'ne hareket edecektir. Sel burada 4 saate kadar etkisini gösterecektir ve Hopa- Arhavi otoyolu seviyesine yükselerek caddenin karşısına geçecektir, akıntının diğer bir kolu Atatürk Caddesi üzerinden şehir merkezine ve sonra da Musazade Deresi'nden gelen su kütlesiyle birlikte akacaktır (Harita 9).

Musazade Deresi için yapılan sel simülasyonu; su seviyesinin sağanak yağışın başlamasından 2 saat 50 dakika sonra yatağından taşmaya başlayacağını, Musazade Deresi ve Kenan Evren Caddesi'nin yanında yer alan yerleşim bölgesine ve çarşıya dolmaya başlayacağını göstermiştir. Suyun kenarlara taşması ve yerleşim yerlerine doğru akmasından sonra, su kütlesi Yavuz Selim caddesi ile 7. Sokaktan Atatürk caddesi'nin kesiştiği yere doğru akacaktır. Diğer taraftan, Kenan Evren Caddesi'nden geçen sel suları Arhavi otobüs terminaline (otogar) ve Merkez Cami'ye akmaya başlayacaktır. Musazade Deresi'nin yarattığı selden etkilenecek olan diğer bölgeler İnönü Bulvarı ile çay fabrikasının (ÇAYKUR Fabrikası) arka tarafıdır (Harita 9).

Musazade Deresi'ndeki akış başlangıçta taşmayacak, uzun tahliye kanalı boyunca akacaktır ve su kütlesi, Özay Otel'in yakınındaki tahliye kanalının tazyikle çıkararak Otelin arkasındaki meydana şiddetli bir sel oluşturacaktır. Bu alanda geniş bir bölgeyi etkisi altına alacaktır. Bu meydan arka konumunda, Atatürk Caddesi bulunmaktadır. Yerleşim alanının önünde bulunan yeni Arhavi-Hopa D010 otoyolu, yerleşim alanlarından 3 m kadar yüksek bulunur ve bir set konumunu görür. Sel suları burada kanalize olmakta ve denize tahliye edilememektedir. Sonuç olarak iki cadde arasında kalan bu yerleşim yeri uzun süre sular altında kalacaktır ve Yukarı Hacılar ile Aşağı Hacılar derelerinin sel sularında yağmur başlangıcından 7 saat 20 dakika sonra tekrar bu alanda bir araya geleceklerdir.

Modele dayalı olarak, bu miktarda yağın yağmurun oluşturduğu sel bölgesi 0,514 km² kaplayacaktır (Harita 9).

5.2.6. 100 Yıllık Tekrarlanma Periyodunda Sel Alanı

100 yıllık tekrarlanma periyodlu sel simülasyonunda; 24 saatteki yağmur miktarı 721,3 mm olarak tahmin edilmiştir. Selin ilk aşaması, 2,5, 10, 25 ve 50 yıllık Tekrarlanma periyotlarındaki yağmur modeline benzer olarak, Hacılar İlkokulu ve bu

okula yakınında olan Hacılar mahallesini içine alan Yukarı Hacılar civarında gerçekleşecektir (Harita 10). Yukarı Hacılar Deresi'nin oluşturacağı sel; yağmurun 1 saat 50 dakika boyunca yağmasından sonra gerçekleşecektir. 10 dakika sonra, Aşağı Hacılar Deresi'nin suları da buna dâhil olup, bölgeyi çok şiddetli bir sel altında bırakacaktır. Bu iki akarsuyun su kütlesi; yeni Arhavi-Hopa otoyolunun altından geçen iki tahliye kanalı ile tahliye edilmeye çalışılacaktır. Sel suları, Arhavi çarşısının doğu kısmından, Hacılar Mahallesi'nin Arhavi liman kenarından Karadeniz'e boşaltılacaktır.

İki akarsuyun kanallardan denize tahliye edilemeyen suları, eski Arhavi-Hopa otoyolunu etkisi ile çevredeki alçak çukur yerleşim alanlarına yayılarak taşkınlara dönüşecektir. Sular, doğudan batıya doğru, cadde ve akarsuların kesiştiği bölgeden akmaya başlayacaktır. Sonra, Hacılar kavşağı boyunca ve belediyenin önüne doğru akmaya devam edecektir. Su kütlesinin, Yukarı ve Aşağı Hacılar Derelerinin taşmaya başladıkları noktadan buraya ulaşmaları 40 dakika civarında zaman alacaktır. Taşkın suları, belediyeden Atatürk Caddesi boyunca akacak ve Arhavi ilçesinin yeni otoyola bağlantısını sağlayan M. Nazif Günel caddesine doğru devam edecektir. Bölgede gerçekleşecek yağmur yağışından 4 saat 20 dakika sonra sular, Atatürk Gençlik Parkının önünde birikecektir. M. Nazif Günel Caddesindeki sular yavaşça yükselerek D010 otoyoluna taşacaktır. Atatürk Caddesi boyunca akan suların bir kısmı belediye binasından çay fabrikasına (Çaykur Fabrikası Arhavi Şubesi) doğru akacak ve sonra Özyay Otel'in arkasındaki alçak alana dolmaya başlayacaktır (Harita 10).

Musazade Deresi havzasındaki sel simülasyonu; sel sularının kısa sürede yatağın kenarlarına taşmaya başlayacağını ve taşkın suları altında kalacak olan ilk alanın Kenan Evren Caddesinden başlayarak Musazade Deresi boyunca uzanan yerleşim yerleri olduğunu göstermiştir. Bu bölgeyi sel altında bırakan sular çevredeki caddelere yayılacaktır. Cadde boyunca akan sular, akarsuyun sağ tarafında Yavuz Selim Caddesi ve Kenan Evren Caddesine doğru iki kola ayrılacaktır. Kenan Evren Caddesi, yağmur yağdıktan 3 saat 10 dakika sonra sular altında kalacaktır. Bu caddedeki akış Arhavi otobüs terminaline (Otogar) varıncaya kadar akacak ve sonra suyun bir kısmı çay fabrikasının arkasında yer alan yerleşim alanına, İnönü Bulvarı üzerinden yönelecektir. Musazade Deresi'nin sol tarafından sel suları meydana

yayıldıktan sonra Yavuz Selim Caddesine ve 7. Sokak'a yayılarak göllenecektir (Harita 10).

Musazade Deresi boyunca akan sular, tahliye kanalıyla taşınacak ve Özay Otel'in kenarından dışarı çıkacaktır. Musazade Deresi boyunca akan su kütlesi yine otoyolun altındaki tahliye kanalından geçerek Karadeniz'e tahliye olacaktır. Su kütlesinin bir kısmı tahliye edilemeyecektir. Sonuç olarak bu bölgede yağmurdan 2 saat 40 dakika sonra sel olacaktır.

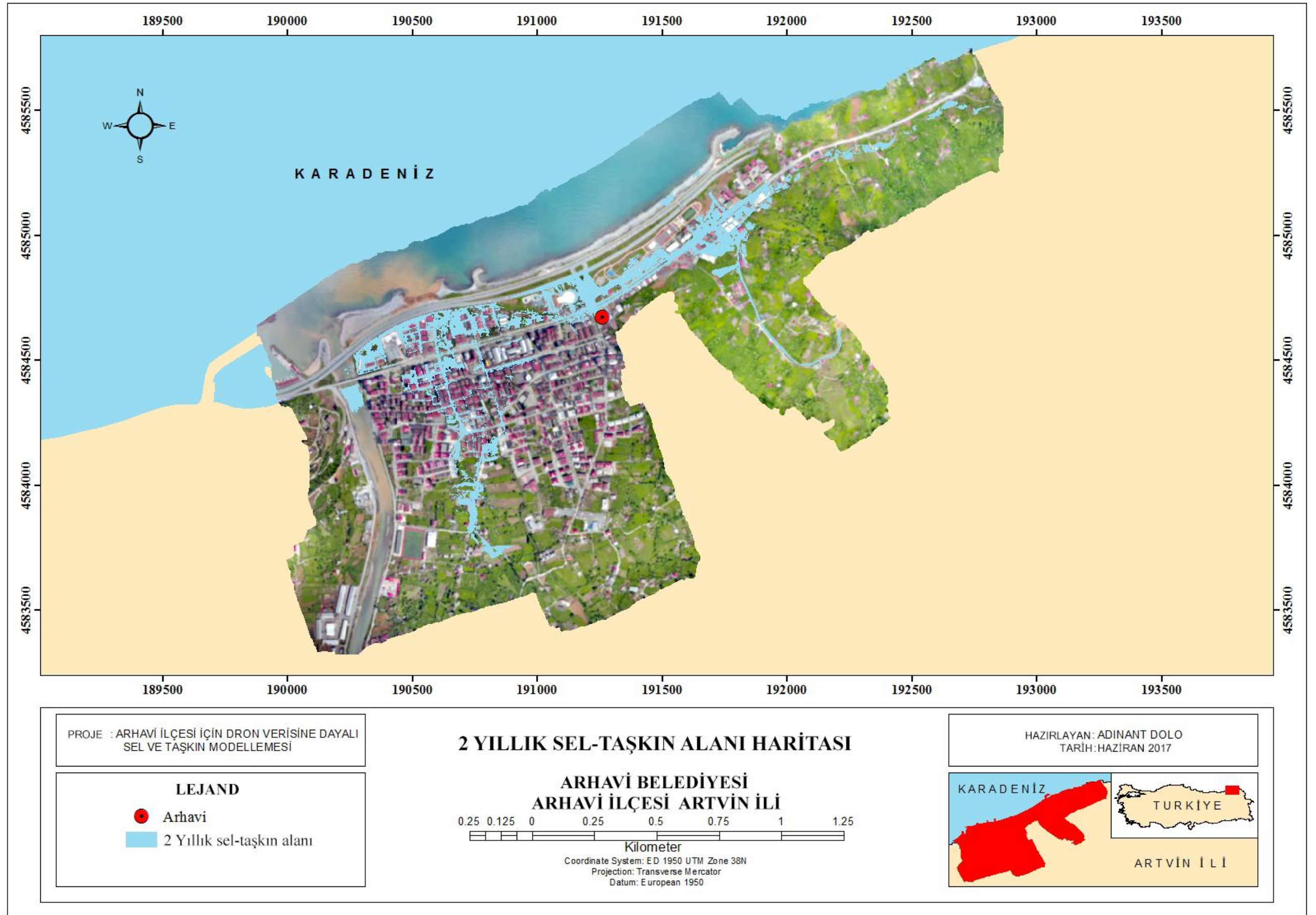
Musazade Deresi'nin akışı ilçedeki selin etkisini artıracakken, su tahliyesini imkânsız hale getiren Yukarı ve Aşağı Hacılar derelerinin suları da su seviyesinin daha çok yükselmesine ve etkilenen alanların da artmasına neden olacaktır. Sular, yağmurdan 3 saat 20 dakika sonra Arhavi Hastanesi'ne doğru akacak sonra Kapisre Deresine ve bu dere üzerinden de Karadeniz'e tahliye edilecektir. Simülasyona göre, bu yağmur miktarıyla oluşacak sel ve taşkın etkileyeceği alan 0,606 km² olacaktır (Harita 10).



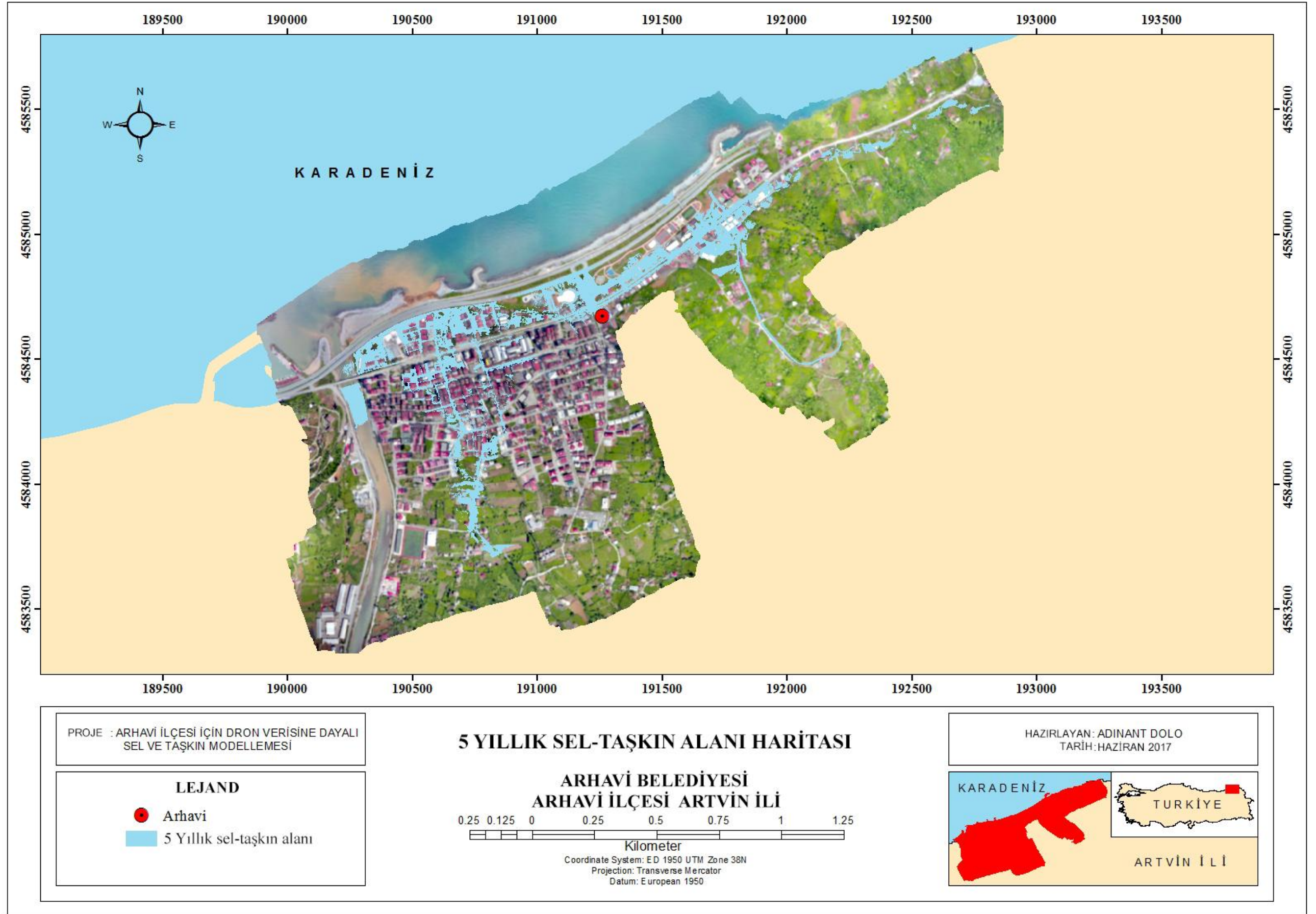
Foto 20: D010 otoyolu



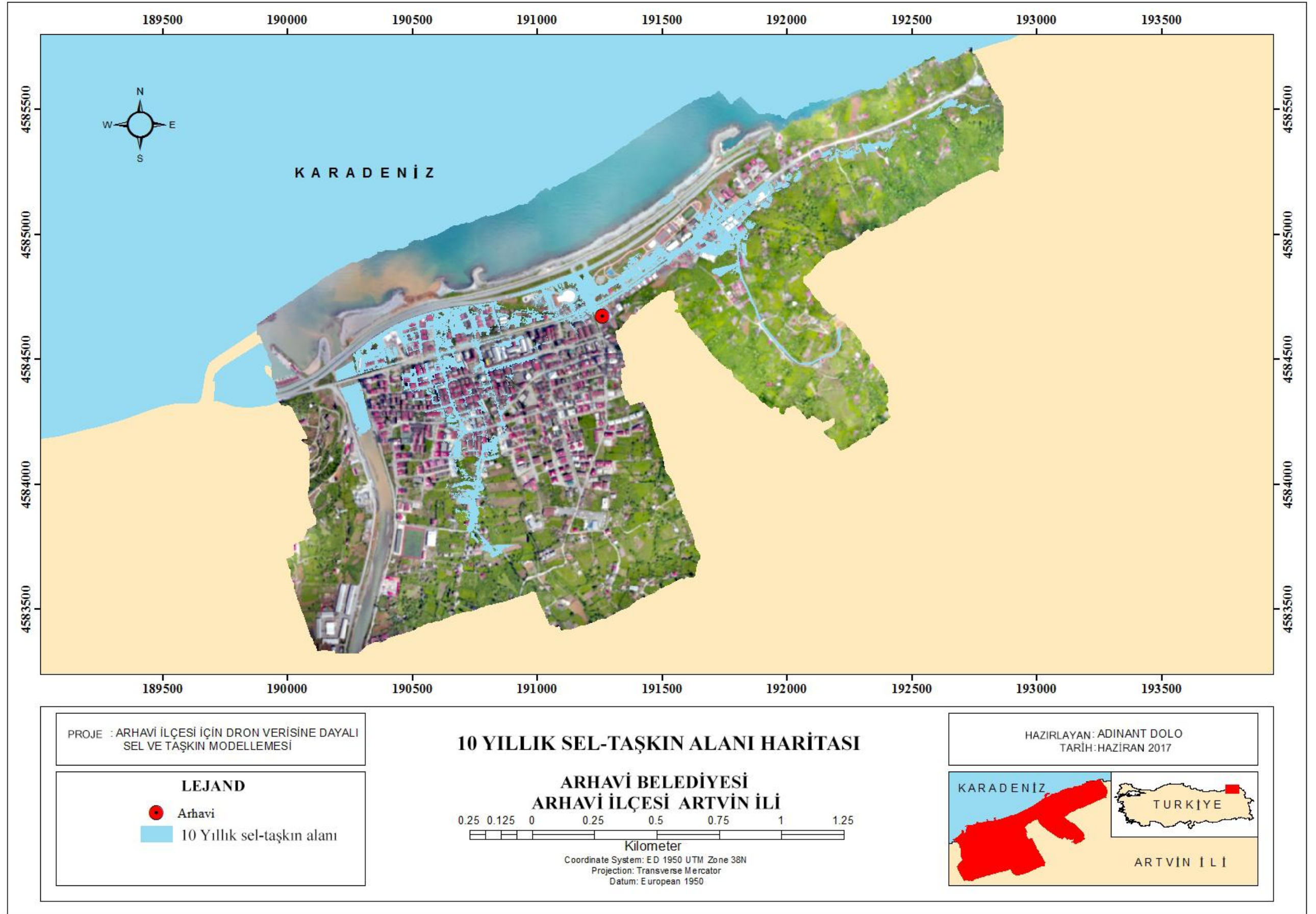
Foto 21: Musazade Deresi ve Aşağı Bölgesi



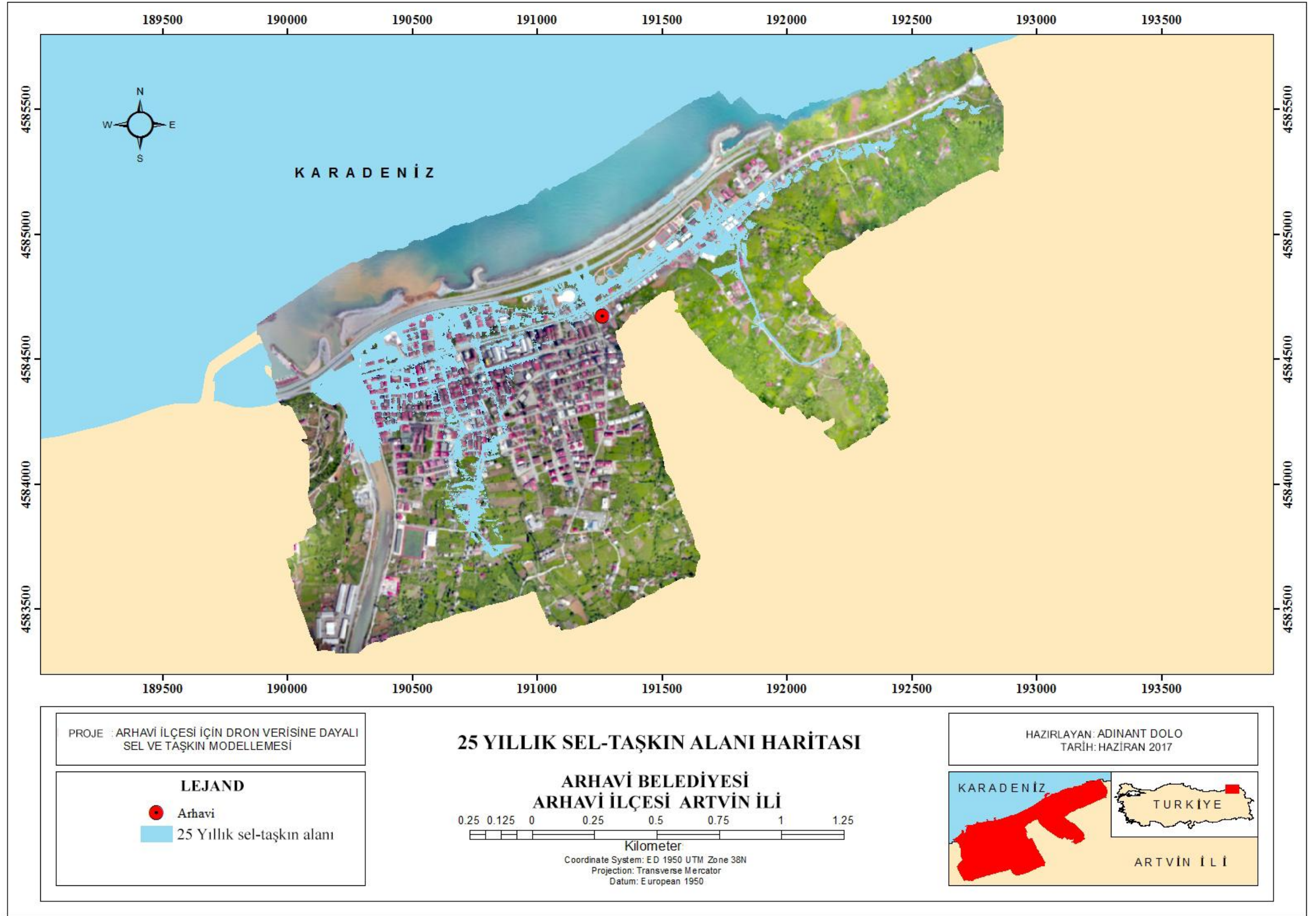
Harita 5: 2 Yıllık sel-taşkın alanı haritası.



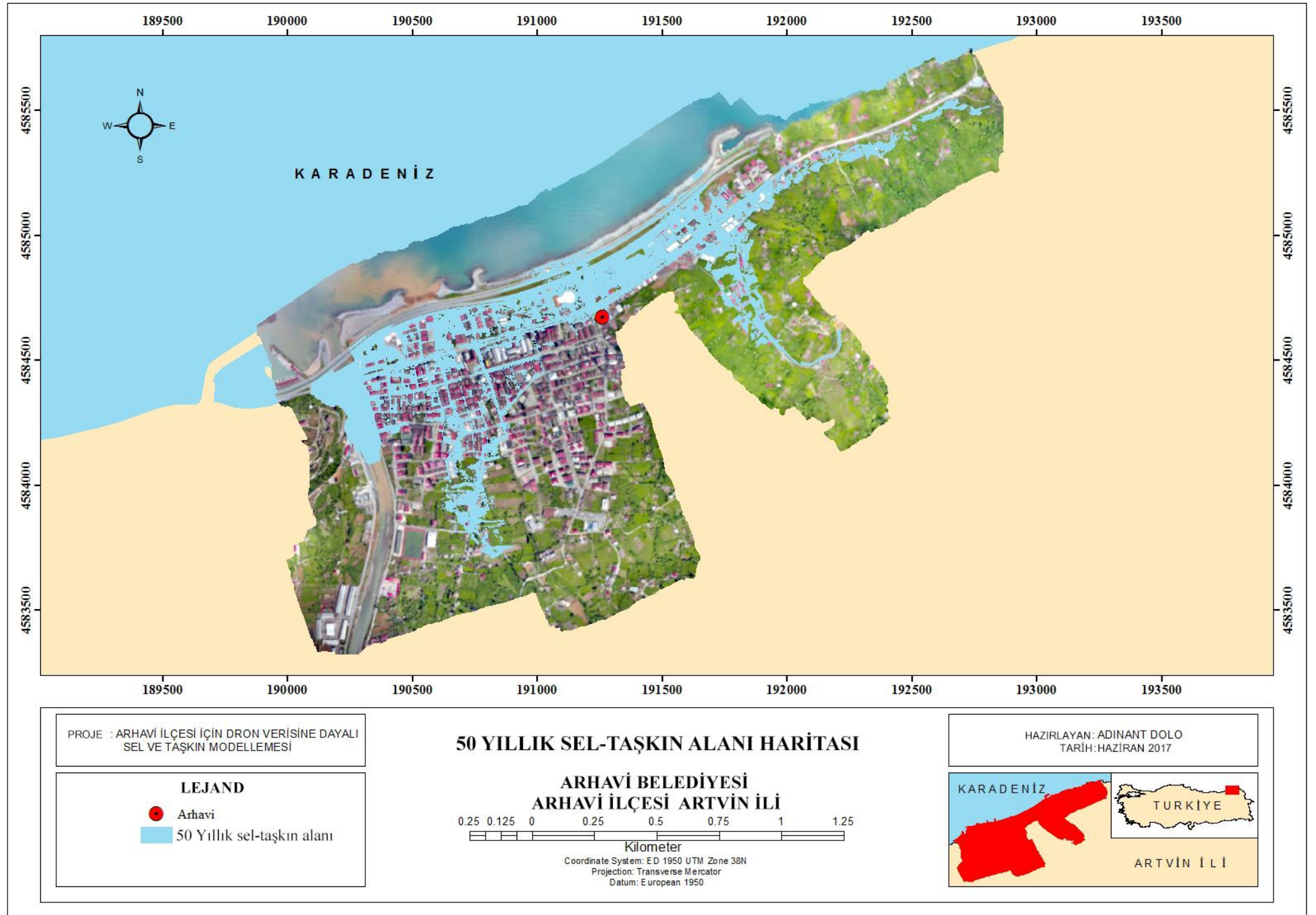
Harita 6: 5 Yıllık sel-taşkın alanı haritası.



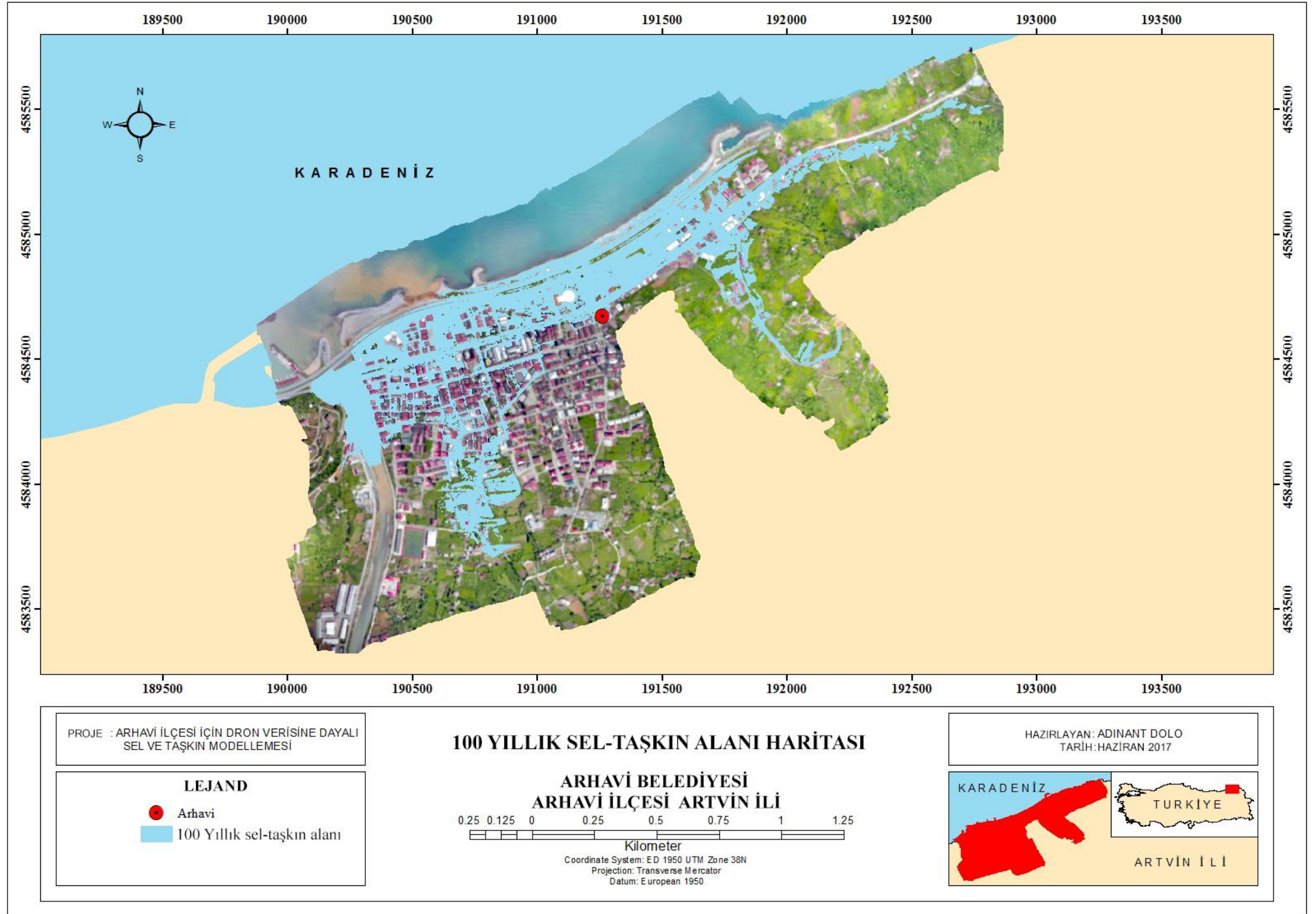
Harita 7: 10 Yıllık sel-taşkın alanı haritası.



Harita 8: 25 Yıllık sel-taşkın alanı haritası.



Harita 9: 50 Yıllık sel-taşkın alanı haritası.



Harita 10: 100 Yıllık sel-taşkın alanı haritası.

SONUÇ

“Arhavi ilçesi için dron verisine dayalı sel ve taşkın modellemesi” başlıklı bu tez çalışması ile Arhavi Belediye bölgesinde Dron verisi kullanılarak 2, 5, 10, 25, 50, 100 yıllık tekrarlama periyotları için sel-taşkın modellemesi yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışma ile tez sahası için sel ve taşkınlar, bunlardan etkilenebilecek alanların tespit edilmesine ve etki, sıklık öngörülerinde bulunmaya, şehrsel sel-taşkın modelleri oluşturmaya ve bu doğal felaketlerden etkilenen yerleşim yerlerinin sular altında kalmasını engellenmesi amaçlı çalışmalara katkıda bulunmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmasının hedefleri doğrultusunda; Dron verisi ile yüksek yersel çözünürlükte topografik veritabanı oluşturulmuştur. Hopa Meteoroloji İstasyonu 47 yıllık iklim rasat verileri analizlerde kullanılan diğer veri tabanıdır. CBS ve Uzaktan Algılama Teknolojileri ve ilgili yazılımlar kullanılarak, Bölüm “5.2. Sel-Taşkın Modelleme Sonuçları” başlığı altında, tez çalışması hedeflerine yönelik sonuçlara ulaşılmıştır.

Analizler sonunda; 2, 5, 10, 25, 50, 100 yıllık tekrarlama periyotları için ayrı ayrı yapılan sel-taşkın modellemeleri için nerelerin sel ve taşkınlardan etkileneceği belirlenmiş, bu tekrarlanma periyodlarında her 24 saat için 101,30mm, 120,36mm, 152,11mm, 247,38mm, 406,15mm, 723,70 mm yağış olabileceği hesaplanmış, yağışın başlaması ile birlikte sel ve taşkınlardan etkilenme süreleri Musazade Deresi havzası, Yukarı Hacılar Deresi havzası ve Aşağı Hacılar Deresi havzası için hesaplanarak simülasyonlarla görselleştirilmiş, haritalanmıştır.

Tez sahasına ait topografik, iklimatik, pedolojik ve hidrografik veriler sel ve taşkın için uygun doğal koşullar sağladığı, ayrıca arazi kullanımına ait tercihlerin, Musazade Deresi, Yukarı Hacılar Deresi ve Aşağı Hacılar Deresi drenaj özelliklerinde yapılan değişiklikler, Karadeniz otoyolu inşaatı ve yüzeysel akışı olumsuz etkileyen diğer yapılaşmaların da sel ve taşkınlar için tetikleyici rol oynadığı anlaşılmaktadır.

4. Bölüm; Yağış miktarı-Yüzeysel akış analizleri ve 5. Bölüm; Sel Model Analizi ile ulaşılan bulgu ve tespitler bu çalışmanın orijinal sonuçlarıdır. Bu sonuçlar; Arhavi Belediyesi ile ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının Arhavi şehri sel-taşkın önleme,

zarar azaltma çalışmalarında yönlendirici olarak kullanılabilir veriler olup, dikkate alınmasının bu çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı kabul edilmektedir.



KAYNAKÇA

- Agisoft Team, 2017** “Agisoft PhotoScan”, (Çevrimiçi)
<http://www.agisoft.com/>, 12 Temmuz 2017.
- American Society of Photogrammetry, 1980** Manual of Photogrammetry, Asprs Pubns, 4th Revised edition edition.
- Atalay, İ., 2006** Toprak Oluşumu Sınıflandırılması Ve Coğrafyası (Genişletilmiş 3. Baskı), Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- CDOT., 2015** Survey Manual Colorado: Colorado Department of Transportation, Chapter 5, Preliminary Surveys, 1-72.
- Ceyhankoca, Y., 2014** "Rize İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti İçin Birim Hidrografın Belirlenmesi", Uzmanlık Tezi, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- DJI., 2016** “DJI PHANTOM 4”, (Çevrimiçi)
<http://www.dji.com/phantom-4>, 16 Ocak 2017.
- FAO-UNESCO., 1980** Soil map of the world 1:5000000 (Vol. V Europe), Paris: the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Place de Fontenoy, Rome.
- Federal Aviation Administration, 2017** “Unmanned Aircraft Systems (UAS) Frequently Asked Questions”, (Çevrimiçi) <https://www.faa.gov/uas/faqs/>, 17 Temmuz 2017.

- Goodman, D., 2017** “What is Digital Photogrammetry?”, (Çevrimiçi)
<http://www.wisegeek.com/what-is-digital-photogrammetry.htm#didyouknowout>, 05 Temmuz 2017.
- IPCC., 2007** “IPCC Synthesis Report Fourth Assessment Report”, (Çevrimiçi) https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/drafts/Comments_Topic1.pdf, 10 Eylül 2017.
- JPL., 2012** “Jet Propulsion Laboratory: california institute of technology”, ASTER Global Digital Elevation Map Announcement, (Çevrimiçi) <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>, 6 Mayıs 2017.
- Kirpich, Z, P., 1940** "Time of concentration of small watersheds", Journal of Civil Engineering, 10(6), 362.
- Koprivica, D., 1976** "Geology, structural features and sulphide and manganese occurrences of the Hopa-Arhavi area (NE Turkey)", Ed. by. R. Akol, Bulletin of the mineral research and exploration institute of Turkey (87), 1-18.
- McMullen, B., 2000** SOILpak for vegetable growers, NSW Agriculture, New South Wales.
- McWilliam, M., Teeuw, R., Whiteside, M., Zukowskyj, P., 2005** Field Techniques Manual, Royal Geographical Society, London.

- Mockus, V., 2009** "Chapter 7: Hydrologic Soils Groups", In NRCS, NRCS National Engineering Handbook (Vol. Chapter, pp. 1-5), Natural Resources Conservation Service, Washington DC.
- MTA., 2002** Geological map of Turkey 1:500000 Trabzon, MTA Ankara.
- NRCS., 1986** Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55, U. S. Department of Agriculture (USDA), Washington DC.
- Oğuz, E., Ulupınar, Y., Aksoy, M., Akbaş, A. I., 2016** "24 Ağustos 2015 Artvin-Arhavi Taşkınının FFGS Ürünleri İle Analizi Ve Taşkın Debi Hesabı", (Çevirimiçi) https://www.researchgate.net/profile/Esin_Oguz/publication/311084396_24_AGUSTOS_2015_ARTVIN_ARHAVI_TASKINININ_FFGS_URUNLERI_ILE_ANALIZI_VE_TASKIN_DEBI_HESABI/links/583d591208ae502a85e55971/24-AGUSTOS-2015-ARTVIN-ARHAVI-TASKINININ-FFGS-UeRUeNLERI-ILE-ANALIZI-VE-TASKIN-DEBI-HESABI.pdf, 09 Ekim 2017.
- Pix4D., 2012** "Pix4D Mobile", (Çevirimiçi) <https://support.pix4d.com/hc/en-us/categories/200300675-Pix4D-Mobile#gsc.tab=0>, 2 Temmuz 2017.
- Pix4D Team, 2012** "TOOLS - GSD Calculator", (Çevirimiçi) https://s3.amazonaws.com/mics.pix4d.com/KB/documents/Pix4D_GSD_Calculator.xlsx, 3 Nisan 2017.

- Schenk, T., 2005** Introduction to Photogrammetry, Ohio State University, Ohio.
- Schmid, H. H., 1969** “Application of photogrammetry to three dimensional geodesy”, (Çevirimiçi)
<https://doi.org/10.1029/EO050i001p00004>, 5 Haziran 2017.
- Şahin, S. Y., 2008** “Türkiye Jeolojisinde Orojenik Olaylar ve Tektonik Birlikler”, (Çevirimiçi)
<https://iujfk.files.wordpress.com/2011/06/orojenez-tektonik-birlikler-mayc4b1s-2008.pdf>, 02 Mayıs 2017.
- The Center for Geographic Analysis, 2017** “Center for Geographic Analysis (CGA)”, (Çevirimiçi)
<http://gis.harvard.edu/tools/software/arcgis-desktop>, 10 Ekim 2017.
- Thompson, B., 2006** Engineering Hydrology, Texas Tech University, Texas.
- TSMS., 2015** Turkish State Meteorological Service, Ankara.
- Turoğlu, H., 2005-a** “Trabzon-Sarp arası Karadeniz sahil yolu inşaatının jeomorfolojik etkileri”, İ.Ü. Edebiyat Fakültesi-TCK, 29–30 Eylül 2005, Ulusal Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı, 353–362, İstanbul.
- 2005-b** “Bartın’da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri”, İ.T.Ü. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, 02–03 Haziran 2005, Bildiriler Kitabı,104–110, İstanbul.

- **2007** "Flood and flash floods analysis for Bartın River Basin", International River Basin Management Congress, Proceeding, 22–24, 0–14, Antalya, Turkey.
- **2010** "Yapılaşmanın doğal akım yönü ve akım birikimi üzerindeki etkileri", Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TUCAM), VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu 2010, Bildiriler Kitabı, 29–36, Ankara.
- **2011** "Şehirselleşmenin İstanbul Suları Üzerindeki Etkisi", İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İTO Yayınları, Yayın no: 2011–13, 46–56, İstanbul.
- **2014-a** "Şehirselleşmenin İstanbul Suları Üzerindeki Etkisi", İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İTO Yayınları, Yayın no: 2011–13, 46–56, İstanbul.
- **2014-b** "Detection of Changes on Temperature and Precipitation Features in İstanbul (Turkey)", Atmospheric and Climate Sciences (4), 549-562.
- **2016-a** "01 Eylül 2016 Arhavi Sel, Taşkın, Kütle Hareketleri Afeti", Jeomorfoloji Derneği, (Çevirimiçi)
<http://www.jd.org.tr/icerik/01-eyl%C3%BC1-2016-arhavi-sel-ta%C5%9Fk%C4%B1n-k%C3%BCtle-hareketleri-afeti>, 15 Haziran 2017.

- 2016-b Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Genişletilmiş 4. Baskı), Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Turoğlu, H., Özdemir, H., 2005** Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Turoğlu, H., Erginal, A. E., 2015** "24 Ağustos 2015 Hopa Sel, Taşkın, Heyelan Afeti", Jeomorfoloji Derneği, (Çevirimiçi)
<http://www.jd.org.tr/icerik/24-a%C4%9Fustos-2015-hopa-sel-ta%C5%9Fk%C4%B1n-heyelan-afeti>, 15 Haziran 2017.
- Ulupınar, Y., Çelik, S., Gülsoy, E., Akbaş, A. İ., Köse, S., 2015** "24 Ağustos 2015 Tarihinde Hopa'da Meydana Gelen Şiddetli Yağışın Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Analizi", II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 03-05 Kasım 2015, Antalya, (Çevirimiçi)
<https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/hopa-yagis.pdf>, 12 Ağustos 2017.
- United States Department of Agriculture, 2018** "Soil Texture Calculator", Washington DC (Çevirimiçi)
https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167, 21 Eylül 2017.
- United States Geological Survey, 2016** "Earth Explorer", (Çevirimiçi)
<https://earthexplorer.usgs.gov>, 03.05.2017.
- US Army Corp of Engineers, 2016-a** HEC RAS River Analysis Sistem User's Manual, Institute for Water Resources, California.

- 2016-b** HEC RAS River Analysis Sistem 2D modeling User's Manual, Institute for Water Resources, California.
- USGS., 2016** "U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey", (Çevirimiçi) <https://earthexplorer.usgs.gov>, 04 Ağustos 2017.
- USDA., 1985** National Engineering Handbook, U.S. Government Printing Office, Washington DC.
- Viessman, W. Jr.,
Knapp, J. W., 1989** Introduction to Hydrology, USA: Harper and Row, New York.
- Viessman W. Jr.,
Lewis, G. L., 2008** Introduction to Hydrology, PrenticeHall of India Private Ltd, New Delhi.
- Weibull, W., 1939** A Statistical Theory of the Strength of Materials, Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag, Stockholm.
- Wurbs, R. A., James,
W. P., 2010** Water Resources Engineering, PHI Learning Private Ltd, New Delhi.